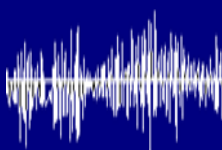
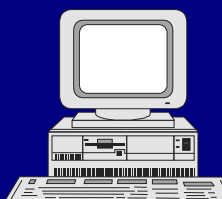
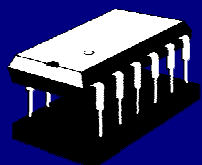


MAJALAH ILMIAH

TEKNOLOGI ELEKTRO

Vol. 19 No. 2 Juli- Desember 2020 P-ISSN:1693-2951 e-ISSN:2503-2372



Peningkatan Unjuk Kerja Pada Link Microwave Menggunakan Teknik Diversity Maximal Ratio Combining,
Debbi Irfan Mudhoep, Rukmi Sari Hartati, Yoga Divayana

Prototype Sistem Irigasi Subak berbasis Fuzzy Logic Menggunakan Wireless Sensor Network
I Wayan Kayun Wardana, I Made Oka Widyantara, NMAE Dewi Wirastuti

Audit Sistem Informasi Kesiman Kertalangu (SIKEKAL) Menggunakan COBIT 4.1
Made Dwi Mulyawan, Rukmi Sari Hartati, Yoga Divayana

Rancang Bangun Aplikasi Peringatan Dan Mitigasi Gempa Bumi Berbasis Mobile Hybrid
Purwania Ida Bagus Gede, Rukmi Sari Hartati, Yoga Divayana

Brain Tumor Segmentation Based on Magnetic Resonance Imaging Images Using the U-NET Method
Ida Bagus Leo Mahadya Suta, Made Sudarma, I Nyoman Satya Kumara

Penerapan Web Scraping Sebagai Media Pencarian dan Menyimpan Artikel Ilmiah Secara Otomatis Berdasarkan Keyword,
Veronica Ambassador Flores, Putri Agung Permatasari, Lie Jasa

Manajemen Jaringan Internet di Dinas Kesehatan Provinsi Bali Dengan Menggunakan Hierarchical Token Bucket,
I Gede Abi Yodita Utama, I Gusti Ngurah Agung Jaya Sasmita, Lie Jasa

Perancangan Sistem Penyedia File Sharing dengan Enkripsi URL menggunakan Algoritma Rijndael,
Adi Bhaskara1, Dewa Made Wiharta, Oka Saputra

Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025
A.A. Gede Ari Pawitra Putra, I.N.S. Kumara, W. G. Ariastina

The The Effect of Air gap to Performance Motor Brushless Direct Current 3 Phase Axial Fluks Double Stator
Bella Octavia Nurul Hidayah, Widnyono Hadi, Widya Cahyadi

Analisis Motor Brushless Direct Current Aksial Fluks 3 Fasa Menggunakan Magenet Permanen Neodymium Sebagai Prime Mover Generator
Mayang Karlia Sari, Widnyono Hadi, Widya Cahyadi

Analisis Penerapan Metode Scrum Pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Dalam Industri & Organisasi Digital
Hisyam Rahmawan Suharno, Nyoman Gunantara, Made Sudarma

LANCAR Rancang Bangun Alat Sebagai Layanan Notifikasi Air conditioner Yang Rusak Pada Bagian Kompresor,
I Gede Agus Darmawan, Lie Jasa, Pratolo Rahardjo

The Analysis of the Effect and Reduction of Carrier Frequency Offset in Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Multiple Input Multiple Output, *Willy Sucipto, I Nyoman Pramaita, NMAE Dewi Wirastuti*

Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop,
Gallant Pradika, Ida Ayu Dwi Giriantari, I Nyoman Setiawan

Perancangan Penstock (Pipa Pesat) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Banjar Dinas Mekarsari, Desa Panji, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng, *I Nengah Widiana, Ida Ayu Dwi Giriantari, I Nyoman Setiawan*

Redesain Turbin 175 KW Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Desa Mekar Sari Buleleng Bali,
Dewa Putu Ari Laksana, Ida Ayu Dwi Giriantari, I Nyoman Satya Kumara

Skema Pelepasan Beban Menggunakan Relai Rate of Change of Frequency dengan Supervisi Under Frequency Relay,
Adrianti, Muhammad Nasir, Adiv Rama Salvayer

Rancang Bangun Sistem Minimarket Otomatis Berbasis IoT ,
Ida Ayu Sri Sinta Anjani, Lie Jasa, IGAP Raka Agung

Kajian Ekonomi Rencana PLTMH di Desa Panji,
Richard Antony Suatan, Ida Ayu Dwi Giriantari, I Wayan Sukerayasa



Diterbitkan oleh :
**PROGRAM STUDI MAGISTER
TEKNIK ELEKTRO
Universitas Udayana Bali**

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

MAJALAH ILMIAH TEKNOLOGI ELEKTRO

Penanggung Jawab

Prof. Ir. Ngakan Putu Gede Suardana, MT. PhD.

Advisory Board

Ir. Linawati, M.Eng, M.Eng.Sc, Ph.D.

Editor-in-Chief

Dr. Ir. Lie Jasa, MT.

Editorial Board

Prof. I. A. Giriantari, Ph.D.(UNUD) (Scopus ID : 6507145301)| Dr. Ingrid Nurtanio (UNHAS) (Scopus ID: 55746722900)|Yoga Divayana, Ph.D.(UNUD) (Scopus ID: 8979718500)|Dr. Made Ginarsa (UNRAM) (Scopus ID: 35795378400)|Dr. Iwan setiawan (UNDIP) (Scopus ID : 56711777600)|Linawati, Ph.D.(UNUD) (Scopus ID: 52763653600)

Reviewer

Prof. Rukmi Sari Hartati, Ph.D.(UNUD) (Scopus ID: 6508088351)| Prof. I Ketut Gede Darma Putra. (UNUD) (Scopus ID: 55847371700) | Setyawan Sakti Purnomo,Ph.D. (UB) (Scopus ID: 6507450797) | WG Ariastina, PhD. (UNUD) (Scopus ID: 6507932528) |Dr. Dian Sawitri (UDINUS) (Scopus ID: 35796192800) | Dr. Ratna Ika Putri (POLINEMA) (Scopus ID: 46461783800) | Dr. Kalvein Rantelobo (UNDANA) (Scopus ID: 35796140100) | I N Satya Kumara, Ph.D. (UNUD) (Scopus ID: 55913974900) | Dr. Moch. Arief Soeleman (UDINUS) (Scopus ID: 55598790600) | Dr. Radi (UGM) (Scopus ID: 56916103300) |Dr. Oka Widyantara (UNUD) (Scopus ID: 54897989200) |Dr. Lilik Anifah (UNESA) (Scopus ID: 55648855000) | Dr. Dewa Made Wiharta (UNUD) (Scopus ID: 57092646100) | Dr. Ruri Suko Basuki (UDINUS) (Scopus ID: 56622972000) | Dr. Nyoman Putra Sastra (UNUD) (Scopus ID: 24767212900) | Dr. Nyoman Sukajaya (GANESHA) (Scopus ID: 57200412316) | Dr. Made Sudarma (UNUD) (Scopus ID: 6506568234)|Dr. Ramadoni Syahputra (UMY) (Scopus ID: 55331465900) | N.M.A.E.D. Wirastuti, Ph.D.(UNUD) (Scopus ID: 24722146300) | Dr. Purwoharjono (UNTAN) (Scopus ID: 55001864700) | Komang Oka Saputra.Ph.D. (UNUD) (Scopus ID: 57024177000) | Dr. Alit Swamardika (UNUD) (Scopus ID: 56021560800) | Nyoman Pramaita, Ph.D.(UNUD) (Scopus ID: 57193931092) | Sukerayasa (UNUD) (Scopus ID: 56123138400) | Cahyo Durujati (NAROTAMA) (Scopus ID: 56027926800) | Nyoman Setiawan (UNUD)(Scopus IID: 57193929655)

Alamat Redaksi
PROGRAM STUDI MAGISTER
TEKNIK ELEKTRO

Universitas Udayana Bali

email :

jteudayana@gmail.com | miteudayana@gmail.com | liejasa@unud.ac.id

Telp./Fax : 0361 239599

Di Index oleh :

Google Scholar | IPI | DOAJ | EBSCO | One Search | Base | OAJI
| ARI | SHERPA/RoMEO | JournalTOCs | Sinta

Anggota dari :

Turnitin | Crossref

Peringkat Akreditasi Sinta 3

berdasarkan Surat Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kemristekdikti No. 28 / E / KPT / 2019, tanggal 26 September 2019

MAJALAH ILMIAH
TEKNOLOGI ELEKTRO

Vol. 19 No. 2 Juli – Desember 2020

P-ISSN : 1693-2951, e-ISSN : 2503-2372

Peningkatan Unjuk Kerja Pada Link Microwave Menggunakan Teknik Diversity Maximal Ratio Combining <i>Debbi Irfan Mudhoep, Rukmi Sari Hartati, Yoga Divayana</i>	127-132
Prototype Sistem Irigasi Subak berbasis Fuzzy Logic Menggunakan Wireless Sensor Network <i>I Wayan Kayun Wardana, I Made Oka Widyantara, NMAE Dewi Wirastuti</i>	133-138
Audit Sistem Informasi Kesiman Kertalangu (SIKEKAL) Menggunakan COBIT 4.1 <i>Made Dwi Mulyawan, Rukmi Sari Hartati, Yoga Divayana</i>	139-144
Rancang Bangun Aplikasi Peringatan Dan Mitigasi Gempa Bumi Berbasis Mobile Hybrid <i>Purwania Ida Bagus Gede, Rukmi Sari Hartati, Yoga Divayana</i>	145-150
Brain Tumor Segmentation Based on Magnetic Resonance Imaging Images Using the U-NET Method <i>Ida Bagus Leo Mahadya Suta, Made Sudarma, I Nyoman Satya Kumara</i>	151-156
Penerapan Web Scraping Sebagai Media Pencarian dan Menyimpan Artikel Ilmiah Secara Otomatis Berdasarkan Keyword, <i>Veronica Ambassador Flores, Putri Agung Permatasari, Lie Jasa</i>	157-162
Manajemen Jaringan Internet di Dinas Kesehatan Provinsi Bali Dengan Menggunakan Hierarchical Token Bucket, <i>I Gede Abi Yodita Utama, I Gusti Ngurah Agung Jaya Sasmita, Lie Jasa</i>	163-170
Perancangan Sistem Penyedia File Sharing dengan Enkripsi URL menggunakan Algoritma Rijndael, <i>Adi Bhaskara I, Dewa Made Wiharta, Oka Saputra</i>	171-180
Review Perkembangan PLTS di Provinsi Bali Menuju Target Kapasitas 108 MW Tahun 2025 A.A. <i>Gede Ari Pawitra Putra, I.N.S. Kumara, W. G. Ariastina</i>	181-188

The The Effect of Air gap to Performance Motor Brushless Direct Current 3 Phase Axial Fluks Double Stator <i>Bella Octavia Nurul Hidayah, Widyono Hadi, Widya Cahyadi</i>	189-194
Analisis Motor Brushless Direct Current Aksial Fluks 3 Fasa Menggunakan Magenet Permanen Neodymium Sebagai Prime Mover Generator <i>Mayang Karlia Sari, Widnyono Hadi, Widya Cahyadi</i>	195-202
Analisis Penerapan Metode Scrum Pada Sistem Informasi Manajemen Proyek Dalam Industri & Organisasi Digital <i>Hisyam Rahmawan Suharno, Nyoman Gunantara, Made Sudarma</i>	203-210
LANCAR Rancang Bangun Alat Sebagai Layanan Notifikasi Air conditioner Yang Rusak Pada Bagian Kompresor, <i>I Gede Agus Darmawan, Lie Jasa, Pratolo Rahardjo</i>	211-218
The Analysis of the Effect and Reduction of Carrier Frequency Offset in Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM) Multiple Input Multiple Output, <i>Willy Sucipto, I Nyoman Pramaita, NMAE Dewi Wirastuti</i>	219-224
Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kaptan I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop, <i>Gallant Pradika, Ida Ayu Dwi Giriantari, I Nyoman Setiawan</i>	225-234
Perancangan Penstock (Pipa Pesat) Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Banjar Dinas Mekarsari, Desa Panji, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng, <i>I Nengah Widiانا, Ida Ayu Dwi Giriantari, I Nyoman Setiawan</i>	235-240
Redesain Turbin 175 KW Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Desa Mekar Sari Buleleng Bali, <i>Dewa Putu Ari Laksana, Ida Ayu Dwi Giriantari, I Nyoman Satya Kumara</i>	241-248
Skema Pelepasan Beban Menggunakan Relai Rate of Change of Frequency dengan Supervisi Under Frequency Relay, <i>Adrianti, Muhammad Nasir, Adiv Rama Salvayer</i>	249-254
Rancang Bangun Sistem Minimarket Otomatis Berbasis IoT , <i>Ida Ayu Sri Sinta Anjani, Lie Jasa, IGAP Raka Agung</i>	255-262

Kajian Ekonomi Rencana PLTMH di Desa Panji, *Richard Antony Suatan, Ida Ayu Dwi Giriantari, I Wayan Sukerayasa*

263-270

oooOOOooo

Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar sebagai PLTS Rooftop

Gallant Pradika¹, Ida Ayu Dwi Giriantari², I Nyoman Setiawan³

[Submission: 09-11-2020, Accepted: 29-11-2020]

Abstract— Photovoltaic (PV) rooftop is an alternative option for clean and does not need to occupy special space just roof of the building to fulfill the energy needs. PV rooftop can be installed in a large area roof such as the roof of Stadium Kapten I Wayan Dipta that is 1.259,76 meter square. PV power plant on Captain I Wayan Dipta Stadium rooftop is designed as an additional power supply to meet the stadium's electrical load needs. The rooftop power plant design uses 2 scenarios. Scenario 1 has a capacity of 83,300 Wp with 238 units of solar modules and 2 units of inverter producing 112,321 kWh/year of energy and will supply the day load of stadium transformers 2 and 3 with the total of 35,470 kWh/year. Scenario 2 has a capacity of 156,800 Wp with 448 solar modules and 4 inverters producing 211.458 kWh/year of energy and will supply whole stadium's transformer daylight load of 100,919 kWh/year. The investment cost of scenario 1 is IDR 1,178,760,000 with total revenue until the 25th year of IDR 1,090,635,084 while in scenario 2 the investment cost is IDR 2,237,860,000 and the total revenue until the 25th year is IDR 3,126,761,273. This paper uses the NPV, PI, and DPP methods as its economic feasibility analysis. Based on the analysis, only scenario 2 is feasible because in the 25th year the income is greater than the investment. On the other hand, the total revenue of scenario 1 will only be the same as the investment cost in its 29th year.

Keywords— Photovoltaic rooftop, Electric Energy, Economic Feasibility

Intisari— Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap merupakan salah satu pilihan alternatif pembangkit listrik ramah lingkungan dengan memanfaatkan luas atap untuk memenuhi kebutuhan energi listrik yang tinggi. PLTS dapat dipasang pada wilayah yang luas seperti atap bangunan. Salah satu atap yang bisa dimanfaatkan adalah atap tribun stadion Kapten Dipta dengan luas atap dari tribun 1.259,76 m². PLTS atap stadion Kapten I Wayan Dipta dirancang sebagai catu daya tambahan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik stadion. Perancangan PLTS atap menggunakan 2 skenario. Skenario 1 memiliki kapasitas 83.300 Wp dengan modul surya sejumlah 238 unit dan inverter 2 unit menghasilkan energi 112.321 kWh/tahun dan akan menyuplai beban siang trafo 2 dan 3 stadion sebesar 35.470 kWh/tahun. Skenario 2 berkapasitas 156.800 Wp dengan modul surya sejumlah 448 unit dan 4 inverter menghasilkan energi sebesar 211,458 kWh/tahun dan akan menyuplai beban siang trafo 1 stadion sebesar 100.919 kWh/tahun. Biaya investasi

skenario 1 sebesar Rp.1.178.760.000 dengan total pendapatan sampai tahun ke-25 sebesar Rp.1.090.635.084 sedangkan pada skenario 2 biaya investasi sebesar Rp.2.237.860.000 dan pendapatan sampai tahun ke-25 sebesar Rp.3.126.761.273. Pada analisis kelayakan ekonomi menggunakan metode NPV, PI, dan DPP hanya skenario 2 yang dapat dikatakan layak karena pada tahun ke-25 pendapatan lebih besar dari investasi, sedangkan pada skenario 1 pendapatan akan bernilai sama dengan investasi saat tahun ke-29.

Kata Kunci— PLTS Atap, Energi Listrik, Kelayakan ekonomi

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan energi listrik di Indonesia setiap tahunnya semakin meningkat seiring pertumbuhan ekonomi dan teknologi yang sangat pesat. Statistik ketanagalistrikan menyebutkan tahun 2012 total penjualan tenaga listrik PLN sebesar 173,991 MWh rata-rata meningkat tiap tahunnya sebesar 4,97 % hingga tahun 2017 sebesar 221,575 MWh. [1] Sumber energi terbarukan salah satunya adalah energi matahari atau surya. Indonesia memiliki potensi energi matahari sebesar 4,8 kWh/m² setara dengan 112.000 GWh, tetapi energi yang baru dimanfaatkan sekitar 10 MWh. [2] Provinsi Bali merupakan salah satu provinsi yang memiliki potensi energi surya yang cukup besar. Namun pada kenyataannya, pembangkit listrik yang berasal dari energi baru dan terbarukan hanya menyumbang 1% dari total pembangkit listrik yang ada di Provinsi Bali. [3]

Salah satu upaya pemerintah daerah provinsi Bali untuk meningkatkan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya adalah dengan menerbitkan peraturan gubernur no 45 tahun 2019 tentang energi bersih Bali yang salah satu isinya mengatur desain atau tata letak bangunan yang memanfaatkan sinar matahari secara optimal. Dimana dalam peraturan tersebut menyebutkan bangunan yang memiliki luas lantai lebih dari 500m² harus menyediakan setidaknya 25% atap untuk solar panel. [4] Selain itu Bali juga memiliki potensi yang besar untuk memenuhi target PLTS Bali 108 MWh pada tahun 2025. [5].

Pembangunan pembangkit listrik tenaga surya pada umumnya memerlukan lahan yang cukup luas contohnya seperti PLTS Kayubih yang memerlukan lahan seluas 1,5 hektar. namun pada beberapa kasus PLTS ini dapat dipasang di daerah pemukiman ataupun gedung-gedung perkantoran dengan memanfaatkan atap gedung tersebut. PLTS jenis ini biasa disebut *rooftop solar panel*. Beberapa gedung di Bali yang sudah memasang *rooftop solar panel* ini antara lain Gedung DH Program Studi Teknik Elektro Bukit Jimbaran [6], Gedung Kantor Gubernur Bali [7], atap gedung sekolah [8], atap gedung villa [9] dan gedung koperasi.. Selain untuk menyuplai beban listrik pada gedung, manfaat lain dari

¹Mahasiswa, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-703315; e-mail: maestro.gp21@gmail.com)

^{2, 3}Dosen, Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana, Jln. Kampus Bukit Jimbaran 80361 INDONESIA (telp: 0361-703315; fax: 0361-432103315; e-mail: dayu.giriantari@unud.ac.id, setiawan@unud.ac.id)



pemasangan PLTS *rooftop* ini adalah kita dapat menjual kelebihan energi listrik kepada PLN yang ramah lingkungan.

Stadion Kapten I Wayan Dipta merupakan stadion pertandingan olahraga khususnya cabang sepak bola. Stadion Dipta yang bertempat di Desa Buruan, Kecamatan Blahbatuh, Gianyar ini merupakan stadion kebanggaan masyarakat Bali. Stadion ini berkapasitas 35.000 penonton dengan luas seluruh bangunan $\pm 30.000 \text{ m}^2$. Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar memiliki 3 buah trafo, dengan daya masing-masing trafo sebesar 197kVA, 82,5 kVA dan 66 kVA. Sehingga, total daya yang terpasang pada Stadion Kapten I Wayan Dipta adalah 345,5 kVA. Penggunaan energi listrik Stadion I Wayan Dipta setiap harinya tidak menentu tergantung ada tidaknya pertandingan di stadion tersebut. Untuk menyuplai kebutuhan beban stadion. Pengelola dapat memanfaatkan atap tribun stadion Kapten I Wayan Dipta sebagai PLTS *Rooftop*. Nantinya PLTS *rooftop* akan menghasilkan energi listrik dari cahaya matahari yang kemudian akan menyuplai beban pada saat stadion digunakan di siang hari.

Berdasarkan latar belakang diatas maka dalam usulan penelitian ini akan dilakukan penelitian tentang pemanfaatan atap tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta sebagai PLTS *Rooftop*.

II. KAJIAN PUSTAKA.

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi baru dan terbarukan berupa sumber energi matahari dalam bentuk energi cahaya. Pada saat cahaya matahari dalam bentuk foton melewati sel surya (fotovoltaik) maka cahaya tersebut akan dikonversikan menjadi energi listrik dalam bentuk arus searah yang nantinya akan diubah menjadi arus bolak-balik apabila diperlukan.[10]

Berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya, PLTS dapat diklasifikasikan menjadi 2 yaitu [11] :

1. *Off-Grid*

Sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan PLN atau yang sering disebut PLTS berdiri sendiri (*stand-alone*) merupakan pembangkit listrik alternatif untuk menyuplai listrik di daerah-daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh jaringan PLN. PLTS sistem *Off-grid* diantaranya PLTS terpusat, tersebar, dan *hybrid*.

2. *On-Grid*

merupakan sistem PLTS yang terhubung langsung dengan jaringan PLN, dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari oleh panel surya untuk menghasilkan energi listrik semaksimal mungkin. PLTS *On-Grid* diantaranya PLTS *Rooftop* dan PLTS skala utilitas.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya secara umum terdiri dari beberapa komponen, antara lain :

1. Modul Surya.

Modul surya merupakan komponen utama dalam sistem PLTS yang berfungsi mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. [12]

2. *Inverter*

Inverter memiliki fungsi mengubah listrik yang dihasilkan modul dan baterai yang berupa DC menjadi AC.

B. Sudut Kemiringan Modul Surya

Sudut kemiringan (β) merupakan sudut diantara bidang solar modul dan horizontal. Ketika (β) positif, maka permukaan modul menghadap arah khatulistiwa dan ketika (β) negatif, maka modul menghadap arah kutub. [13]

C. Aspek Ekonomi dan Analisis Ekonomis

Aspek Ekonomis meliputi biaya investasi dan biaya operasional. Biaya investasi merupakan biaya awal yang dibutuhkan untuk membangun sebuah PLTS, biaya ini meliputi biaya komponen, biaya pengadaan lahan, biaya instalasi dan biaya transportasi. Biaya investasi terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya pemeliharaan dan operasional per tahun untuk PLTS umumnya sebesar 1%-2% dari total biaya investasi, biaya pemeliharaan dan operasional PLTS meliputi pembersihan panel surya, biaya pemeliharaan serta pemeriksaan peralatan dan instalasi. [14]

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan untuk mengevaluasi biaya investasi awal, analisis kelayakan ekonomi yang biasa digunakan adalah metode perhitungan *Net Present Value (NPV)*, *Profitability Index (PI)* dan *Discounted Payback Period (DPP)*

1. *Net Present Value (NPV)*

Nilai *Net Present Value* dapat dihitung dengan total arus kas bersih dikalikan faktor diskonto tiap tahunnya dikurangi *Initial Investment*. Atau dapat dirumuskan sebagai berikut. [15]

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)^t} - \text{Initial Investment} \quad (1)$$

Dimana:

NCF_t = *Net Cash Flow* periode tahun ke-1 sampai tahun ke-n

I = Investasi awal (*Initial Investment*)

i = Tingkat diskonto

n = Periode dalam tahun (umur investasi)

2. *Profitability Index*

Profitability Index menunjukkan keuntungan yang didapat dari sebuah proyek dalam kurung waktu umur proyek, investasi dapat dikatakan layak jika PI harus lebih besar dari 1 ($1 <$), karena 1 merupakan titik impas antara nilai investasi dengan keuntungan. Nilai *Profitability Index* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [15]

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t (1+i)^{-t}}{\text{Initial Investment}} \quad (2)$$

3. *Discount Payback Period*

Discount Payback Period merupakan periode waktu pengembalian uang investasi yang dihitung menggunakan *discount factor*. DPP dapat dicari dengan menghitung berapa lama nilai arus kas bersih setara dengan investasi awal. [16]

D. PVsyst

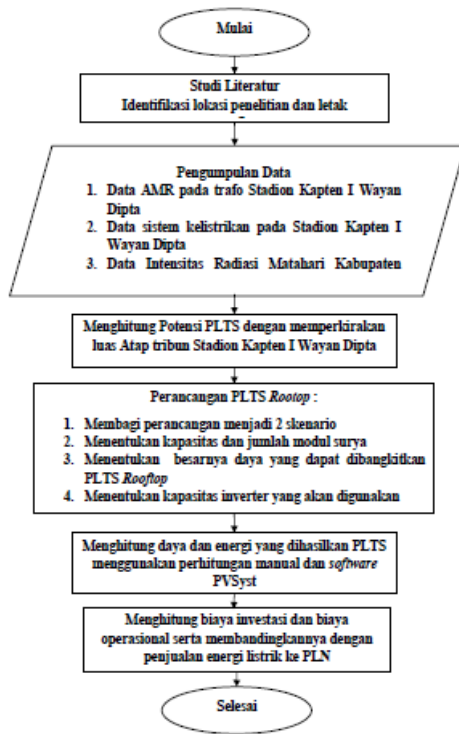
PVsyst merupakan *software* untuk mensimulasikan dan analisis modul surya PLTS. Keunggulan PVsyst adalah penggunaannya yang cukup mudah dan cepat. Antara lain :

1. Menentukan energi yang diinginkan atau area yang tersedia untuk PLTS
2. Memilih modul dari *internal database*
3. Memilih *inverter* dari *internal database*

PVsyst akan megajukan array atau konfigurasi sistem yang dapat digunakan sebagai simulasi awal. PVsyst akan memberikan peringatan atau pesan eror jika terjadi kesalahan, atau ketidakcocokan pada desain PLTS dan akan diberikan sebuah peringatan.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada atap tribun stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar. Langkah awal dengan melakukan studi literatur dan identifikasi lokasi penelitian dan letak geografisnya. Kemudian mengumpulkan data penunjang penelitian seperti data AMR trafo, sistem kelistrikan, data iradiasi matahari dan komponen PLTS. Lalu melakukan perancangan PLTS menjadi 2 skenario, menghitung daya, energi dan beban yang dapat disuplai PLTS, langkah akhir melakukan perhitungan biaya energi dan kelayakan investasi PLTS. Setelah semua tahapan terpenuhi maka dapat ditarik kesimpulan. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

EMBAHASAN

A. Gambaran Umum Stadion

Stadion Kapten I Wayan Dipta terletak di desa Buruan, Kecamatan Blahabtu, Gianyar, Bali. Stadion ini merupakan stadion multifungsi yang utamanya digunakan untuk pertandingan sepak bola. Stadion Kapten I Wayan Dipta Gallant Pradika: Potensi Pemanfaatan Atap Tribun ...

merupakan stadion tempat bermarkasnya klub sepak bola Bali United yang menjadi kebanggaan masyarakat Bali. Luas seluruh stadion adalah $\pm 30.000 \text{ m}^2$ yang terdiri dari areal lapangan, tribun, café Bali United, Bali United Store, Game Centre, kantor DamKar, dan beberapa kantor olahraga kabupaten Gianyar.

Sumber daya listrik pada stadion Kapten I Wayan Dipta dibagi menjadi 2 yaitu dari trafo PLN dan generator set yang terdapat pada stadion. Daya listrik yang terpasang pada stadion sebesar 345,5 kVA yang dibagi menjadi 3 trafo :

- a. Trafo 1 : 197kVA
- b. Trafo 2 : 66kVA
- c. Trafo 3 : 82,5 kVA

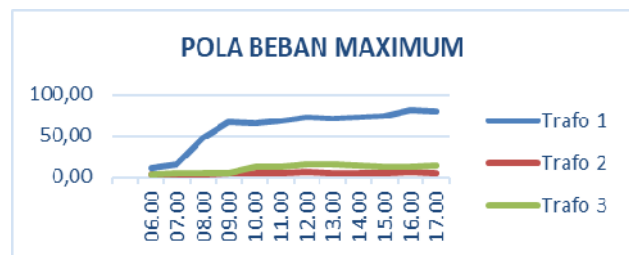
Trafo 1 menyuplai beban pertandingan kecuali lampu sorot stadion dan lampu led berjalan. Trafo 1 juga menyuplai kelistrikan pada café Bali United. Trafo 2 menyuplai kantor olahraga kabupaten Gianyar, dan trafo 3 menyuplai Bali United Store dan game centre. Generator set yang terdapat pada stadion ada 3 buah, 2 buah generator set untuk menyuplai lampu sorot stadion, dan 1 generator set menyuplai lampu led berjalan pada saat pertandingan berlangsung.

B. Total dan Pola Beban Trafo Stadion Kapten I Wayan Dipta

Sistem yang digunakan dalam perancangan PLTS tidak menggunakan baterai sebagai komponen penyimpanan energi, maka dari itu beban yang nantinya di suplai oleh PLTS hanya beban siang hari yaitu pada pukul 08.00-17.00. Hasil pengukuran energi listrik stadion Kapten I Wayan Dipta berdasarkan *Automatic Meter Reading (AMR)* PT. PLN Distribusi Bali dalam kurun waktu selama satu tahun yaitu periode bulan Oktober 2019 hingga September 2020 ditunjukkan pada Tabel I. [17]

Gambar 2. Pola Beban Maximum

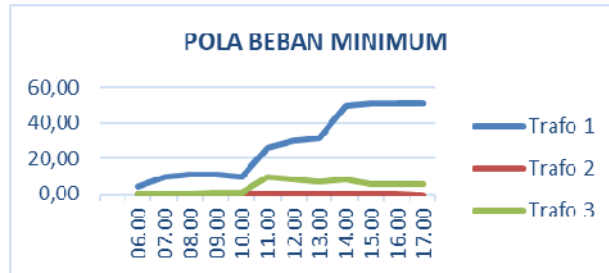
TABEL I
 Beban Siang Bulanan Stadion Kapten I Wayan Dipta



Bulan	Total beban siang			
	Trafo 1	Trafo 2	Trafo 3	Total
	kWh			
Oktober	17.915	372	2.905	21.193
November	18.724	325	3.048	22.098
Desember	9.765	646	3.623	14.033



Januari	17.857	1.695	3.156	22.708
Februari	7.799	50.837	3.860	62.496
Maret	12.527	643	3.614	16.784
April	12.160	257	3.407	15.824
Mei	888	30	2.267	3.185
Juni	633	0	1.609	2.242
Juli	438	0	952	1.390
Agustus	303	0	948	1.251
September	1.909	2	1.612	3.523



Gambar 3. Pola Beban Minimum

Pada Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan pola beban maximum dan minimum tiap trafo (kW) pada siang hari mulai pukul 06.00 sampai 17.00. Pola beban ini dipengaruhi oleh penggunaan stadion yang berubah-ubah

C. Menghitung Sudut Kemiringan Atap

Jenis penyangga yang akan digunakan dalam instalasi PLTS adalah penyangga tipe tetap, maka harus ditentukan kemiringan atap untuk mendapatkan iradiasi yang optimal. Untuk menghitung sudut kemiringan maksimum atap pertamanya mencari dahulu nilai ketinggian maksimum matahari dalam derajat (α) dengan menggunakan persamaan (3).

$$\begin{aligned}\alpha &= 90^\circ + \text{lat} - \sigma & (3) \\ \alpha &= 90^\circ + 8,54^\circ - 23,45^\circ \\ \alpha &= 75,09^\circ\end{aligned}$$

Kemudian mencari sudut kemiringan (β) menggunakan persamaan (4)

$$\begin{aligned}\beta &= 90^\circ - \alpha & (4) \\ \beta &= 90^\circ - 75,09^\circ \\ \beta &= 14,91^\circ\end{aligned}$$

Jadi, sudut kemiringan optimal jika dipasang PV modul di atap stadion sebesar $14,91^\circ$. Namun, pada PV modul yang akan dipasang mengikuti sudut kemiringan atap tribun stadion sebesar $14,9^\circ$.

D. Iradiasi Matahari

Curah hujan menentukan besarnya iradiasi matahari, dimana iradiasi matahari merupakan faktor utama yang mempengaruhi keluaran energi dari PLTS. Pada perancangan PLTS stadion Kapten I Wayan Dipta digunakan iradiasi matahari pada wilayah Jimbaran tepatnya pada stasiun gedung Teknik Elektro Universitas Udayana dengan menggunakan software HOBOWare. Iradiasi ditunjukkan pada Tabel II dengan asumsi nilai PSH konstan setiap harinya.

TABEL II
Rata-rata Iradiasi harian tahun 2018

Bulan	Iradiasi Harian (kWh/m ² /hari)
Januari	4.11
Februari	4.26
Maret	4.98
April	5.10
Mei	4.87
Juni	3.48
Juli	4.53
Agustus	4.82
September	5.64
Oktober	5.18
November	4.07
Desember	3.80
Rata-rata	4.57

E. Perancangan PLTS Atap Tribun Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar

Langkah awal merancang PLTS yaitu dengan menentukan modul surya yang akan digunakan. Pemilihan jenis modul surya menjadi hal penting, mengingat luas wilayah pemasangan yang dibatasi oleh luas atap tribun stadion Kapten I Wayan Dipta sebesar $1.259,76 \text{ m}^2$. Untuk mendapat daya output yang besar, maka pemilihan modul surya didasari oleh kapasitas yang tinggi, efisiensi yang tinggi dan keterjangkauan harga serta ketersediaan barang dipasar Indonesia. Berdasarkan hal tersebut dipilih modul surya CSUN, CSUN350-72M dengan spesifikasi 350 Wp ditunjukkan pada Tabel III.

TABEL III
Spesifikasi Modul Surya CSUN, CSUN350-72M

Module Type CSUN350-72M	
Maximum Power - P _{mpp}	350 W
Open Circuit Voltage - V _{oc}	46,9 V
Short Circuit Current - I _{sc}	9,49 A
Max Power Voltage - V _{mpp}	38,2 V
Maximum Power Current - I _{mpp}	9,17 A
Module Efficiency	18,07%
Maximum Ratings	
Maximum System Voltage (V)	1000
Series Fuse Rating (A)	20
Material Data	
Dimensions	1956 x 990 x 40
Weight	22,0 kg

Modul surya merek CSUN dapat menghasilkan *power maximum* sebesar 350 W dengan efisiensi modul sebesar 18.07%. tipe modul surya ini menggunakan tipe monokristal. *Output* daya yang dihasilkan PLTS sangat dipengaruhi oleh rugi-rugi/losses komponen dan sistem. Jenis *losses* dapat dilihat pada Tabel IV [18], [19].

TABEL IV
 Jenis Losses pada PLTS

Jenis Losses	Presentase
Losses Manufacture*	3%
Losses Soiling (debu)**	5,5%
Losses Temperature modul*	5,7%
Losses pengkabelan	5%
Total	19,2 %

Daya output yang dihasilkan 1 modul surya CSUN, CSUN350-72M 350 Wp dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Daya Output} &= P_{\text{max}} - (P_{\text{max}} \times \text{rugi-rugi}) \quad (5) \\ &= 350 \text{ W} - (350 \text{ W} \times 19,2\%) \\ &= 350 \text{ W} - 67,2 \text{ W} \\ &= 282,8 \text{ W} \end{aligned}$$

Pemilihan inverter dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas PLTS yang akan dipasang pada atap stadion. Inverter harus memiliki kapasitas yang kurang lebih sama dengan output modul surya. inverter yang dapat digunakan adalah inverter merek *Huawei technologies type SUN2000 42KTL* dengan kapasitas inverter 42kW. Dengan spesifikasinya ditunjukkan pada Tabel V.

TABEL V
 Spesifikasi Inverter Huawei technologies SUN2000 42KTL

SUN2000-42KTL	
Max. Efficiency	98.8%
European Efficiency	98.4%
Max. DC Usable Power	47,900 W
Max. Input Voltage	1000 V
Max. DC Current	88 A
Min. Operating Voltage / Start Input Voltage	200 V / 250 V
Full Power MPPT Voltage Range	580 V ~ 850 V
Output	
Rated AC Active Power	42,000 W
Max. AC Apparent Power	47,000VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	Default 47,000W; 42,000W optional in settings
Rated Output Voltage	277V / 480V, 3W+PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Max. Output Current	56.6 A
Material Data	
Dimensions (W×H×D)	930 × 550 × 260 mm

Inverter Huawei Technologies SUN2000 42KTL. Memiliki kapasitas sebesar 42 kW dengan efisiensi yang tinggi sebesar 98,8%. Dengan maksimal tegangan masuk sebesar 1000 V dan maksimal arus masuk sebesar 88A.

Konfigurasi seri parallel modul surya sangat penting dilakukan dalam perencanaan PLTS, hal ini bertujuan untuk mengetahui tegangan dan arus yang masuk dari panel surya ke inverter. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Open Circuit Voltage (Voc)} &: 46.9 \text{ V} \\ \text{Max Power Point Voltage (Vmpp)} &: 38.2\text{V} \\ \text{Max Power Point Current (Impp)} &: 9.17 \text{ A} \end{aligned}$$

Gallant Pradika: Potensi Pemanfaatan Atap Tribun ...

$$\begin{aligned} \text{Max. input current Inverter (A)} &: 88 \text{ A} \\ \text{Min. DC input voltage Inverter} &: 250 \text{ V} \\ \text{Max. DC input voltage Inverter} &: 1000 \text{ V} \end{aligned}$$

Konfigurasi Seri-Paralel Panel Surya

$$\text{Maksimal seri} = \frac{\text{Vmax Inverter}}{\text{Voc modul}} \quad (6)$$

$$= \frac{1000}{46.9} = 9,8 \text{ or } 6 \text{ unit}$$

$$\text{Maksimal seri} = \frac{\text{Vmax Inverter}}{\text{Vmpo modul}} \quad (7)$$

$$= \frac{1000}{46.9} = 9,8 \text{ or } 21 \text{ unit}$$

$$\text{Maksimal paralel} = \frac{\text{Imax Inverter}}{\text{Impp modul}} \quad (8)$$

$$= \frac{88}{9.17} = 9 \text{ unit}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa satu unit inverter dapat menampung modul surya yang dirangkai seri sebanyak 6-21 unit, sedangkan rangkaian paralel yang terhubung ke inverter maksimal berjumlah 9 rangkaian. Pada perancangan PLTS stadion Kaptan I Wayan Dipta dimana perancangan dibatasi luas atap sebesar 1.259,76 m², maka konfigurasi seri paralel yang akan digunakan adalah 17 modul surya yang dirangkai seri dan 7 dirangkai paralel dengan menggunakan 2 inverter untuk skenario 1. Desain skenario 1 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemasangan modul surya pada atap bagian utara

Pada Gambar 4 dapat dilihat modul surya dipasang disatu sisi atap bagian utara sedangkan sisi atap bagian selatan dikosongkan.

Modul surya yang dapat dipasang berjumlah 238 unit. Besarnya daya yang bisa dibangkitkan PLTS sebesar 83.300 Wp. Dengan beban yang akan di suplai adalah trafo 2 dan 3 Dengan konfigurasi 7 string menyuplai trafo 2 dan 7 string menyuplai trafo 3. Nantinya string tersebut akan digabungkan dengan *combine box* menjadi satu output yang akan dihubungkan ke inverter.

Pada Skenario 1 total modul yang akan dipasang berjumlah 238 unit. Jadi, total output daya yang dihasilkan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Total Daya Output (Pi)} &= \text{Daya Output} \times \text{jumlah modul} \quad (9) \\ &= 282,8 \text{ W} \times 238 \\ &= 67.306,4 \text{ W} \sim 67,3 \text{ kW} \end{aligned}$$

Untuk menghitung energi yang dihasilkan rata-rata pertahun, maka data iradiasi yang digunakan adalah iradiasi rata-rata, atau disebut *Peak Sun Hour (PSH)* yang besarnya menggunakan data iradiasi matahari pada Tabel II. Pada penelitian diasumsikan data iradiasi matahari yang digunakan data iradiasi matahari konstan tiap harinya. Pout dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [20].

$$P_{\text{out}} = P_i \times \text{PSH} \quad (10)$$



Dimana:

Pout = Total energi *output* (kWh)

Pi = Total daya *output* (kW)

PSH = *Peak Sun Hour* (kWh/m²/hari)

Kemudian dihitung untuk seluruh bulan selama setahun dengan PSH konstan maka didapatkan hasil pada Tabel iv

TABEL VI
Perhitungan Energi Output Skenario 1

Bulan	Iradiasi (kWh/m ² /hari)	Pi (kW)	Pout (kWh)	
			Perhari	perbulan
Januari	4,11	67,3	276,6	8.574,69
Februari	4,26		286,7	8.027,54
Maret	4,98		335,15	10.389,77
April	5,1		343,23	10.296,9
Mei	4,87		327,75	10.160,28
Juni	3,48		234,2	7.026,12
Juli	4,53		304,87	9.450,94
Agustus	4,82		324,39	10.055,97
September	5,64		379,57	11.387,16
Oktober	5,18		348,61	10.807,03
November	4,07		273,91	8.217,33
Desember	3,8		255,74	7.927,94
Total (Energi yield)			112.321,681	

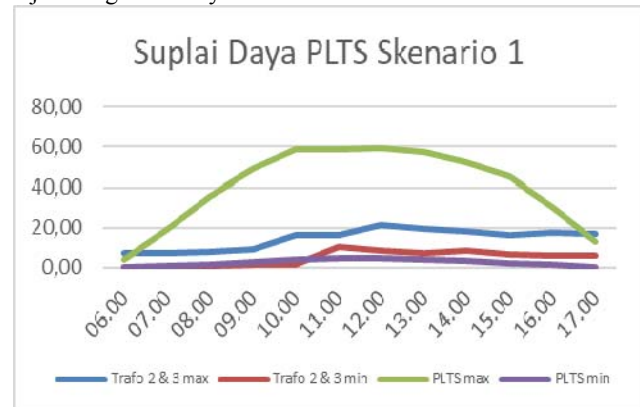
Pada skenario 1 total energi yang dapat dibangkitkan PLTS sebesar 112.321,681 kWh atau sebesar 112.32 MWh.

Perancangan PLTS atap Stadion Kapten I Wayan Dipta bertujuan untuk menyuplai beban pada saat beroperasinya stadion. erhitungan energi yang menyuplai beban stadion pada skenario 1 dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL VII
Perhitungan Energi yang Disuplai PLTS Skenario 1

Bulan	Energi PLTS	Total beban siang			Sisa Energi
		Skenario 1	Trafo 2	Trafo 3	
	kWh				
Oktober	10.807	372	2.905	3.277	7.530
November	8.217	325	3.048	3.373	4.844
Desember	7.928	646	3.623	4.268	3.659
Januari	8.575	1.695	3.156	4.850	3.724
Februari	8.028	500,5	3.860,1	4.361	3.667
Maret	10.390	643	3.614	4.258	6.132
April	10.297	257	3.407	3.664	6.633
Mei	10.160	30	2.267	2.297	7.863
Juni	7.026	0	1.609	1.609	5.417
Juli	9.451	0	952	952	8.499
Agustus	10.056	0	948	948	9.108
September	11.387	2	1.612	1.613	9.774
Jumlah	112.322	4.470	31.000	35.470	76.852

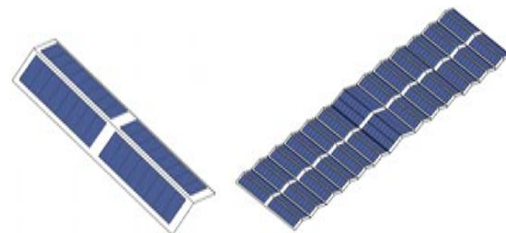
Pada Skenario 1, beban stadion yang dapat disuplai adalah beban pada trafo 2 dan 3. Dari jumlah energi PLTS pada skenario 1 sebesar 112.322 mampu menyuplai beban trafo 2 dan 3 sebanyak 35.470 kWh dan sisa energi dapat dijual ke grid sebanyak 76.852 kWh



Gambar 5. Grafik Suplai PLTS Terhadap Beban Skenario 1

Pada Gambar 5 dapat dilihat pola pembangkitan daya PLTS menggunakan *software PVSYS* saat maximum dan minimum, pada saat PLTS beroperasi dalam keadaan maximum energi yang disuplai PLTS sanggup memenuhi kebutuhan beban trafo 2 dan 3, kemudian energi yang tersisa akan tersalurkan ke grid. Begitu pula sebaliknya saat PLTS tidak beroperasi secara maximum, kekurangan energi yang tidak dapat di suplai PLTS akan suplai oleh *grid* PLN. Hal ini dipengaruhi oleh cuaca pada saat PLTS beroperasi.

Pada skenario 2 konfigurasi nya adalah 16 dirangkai seri dan 7 dirangkai paralel dengan menggunakan 4 inverter.



Gambar 6. Pemasangan modul surya pada kedua sisi atap

Pada Gambar 6 dapat dilihat modul surya dipasang pada kedua sisi atap dengan bagian tengah atap dikosongkan yang nantinya berguna untuk *maintenance*.

modul surya yang dapat dipasang berjumlah 448 buah. Besarnya daya yang bisa dibangkitkan PLTS sebesar 156.800 Wp. Pada Skenario 2 total modul yang akan dipasang berjumlah 448 unit. Jadi, total *output* daya yang dihasilkan dapat dihitung menggunakan persamaan (9.)

$$\begin{aligned} \text{Total Daya Output (Pi)} &= 282,8 \text{ W} \times 448 \\ &= 126.694,4 \text{ W} \sim 126,7 \text{ kW} \end{aligned}$$

Total daya *output* modul surya yang didapat setelah dikurangi rugi-rugi besarnya 126,7 kW. Dan Pout dapat dihitung menggunakan persamaan (10). Maka didapat hasil sebagai berikut.

TABEL VIII
 Perhitungan Energi Output Skenario 2

Bulan	Iradiasi	Pi (kW)	Pout (kWh)	
	(kWh/m ² /hari)		Perhari	perbulan
Januari	4,11	126,7	520,74	16.142,85
Februari	4,26		539,74	15.112,78
Maret	4,98		630,97	19.559,95
April	5,1		646,17	19.385,10
Mei	4,87		617,03	19.127,90
Juni	3,48		440,92	13.227,48
Juli	4,53		573,95	17.792,48
Agustus	4,82		610,69	18.931,51
September	5,64		714,59	21.437,64
Oktober	5,18		656,31	20.345,49
November	4,07		515,67	15.470,07
Desember	3,8		481,46	14.925,26
Total (Energy Yield)			211.458,499	

Pada skenario 2 total energi yang dapat dibangkitkan PLTS sebesar 211.458,499 kWh atau sebesar 211.46 MWh.

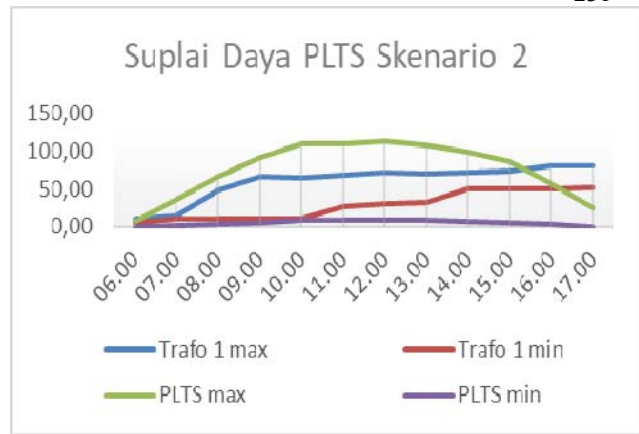
Tabel IX menunjukkan perhitungan energi yang menyuplai beban stadion pada skenario 2

TABEL IX
 Perhitungan Energi yang Disuplai PLTS Skenario 2

Bulan	Energi PLTS	Beban	Sisa Energi
	Skenario 2	Trafo 1	
kWh			
Oktober	20.345	17.915	2.430
November	15.470	18.724	0
Desember	14.925	9.765	5.161
Januari	16.143	17.857	0
Februari	15.113	7.798,8	7.314
Maret	19.560	12.527	7.033
April	19.385	12.160	7.225
Mei	19.128	888	18.240
Juni	13.227	633	12.594
Juli	17.792	438	17.354
Agustus	18.932	303	18.629
September	21.438	1.909	19.528
Jumlah	211.459	100.919	110.540

Pada Skenario 2, beban stadion yang dapat disuplai PLTS hanya beban pada trafo 2. Dari jumlah energi PLTS pada skenario 1 sebesar 211.459 kWh mampu menyuplai beban trafo 1 sebanyak 100.919 kWh dan sisa energi dapat dijual ke grid sebanyak 110.540 kWh. Pada bulan November dan Januari Energi dihasilkan PLTS tidak bisa menyuplai semua kebutuhan siang hari stadion.

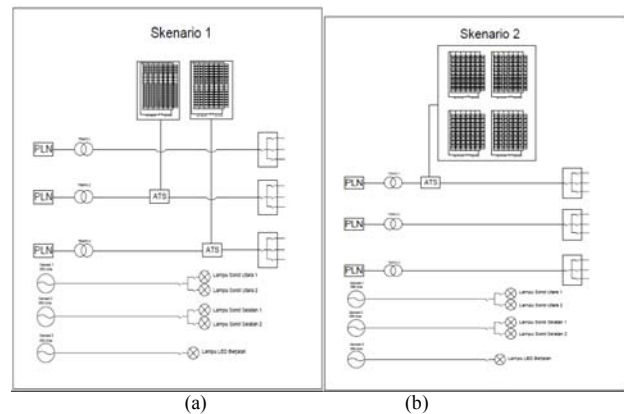
Gallant Pradika: Potensi Pemanfaatan Atap Tribun ...



Gambar 7. Grafik Suplai PLTS Terhadap Beban Skenario 2

Pada Gambar 7 pada saat PLTS beroperasi dalam keadaan maksimum energi yang disuplai PLTS sanggup memenuhi kebutuhan beban trafo 1 kemudian energi yang tersisa akan tersalurkan ke grid. Begitu pula sebaliknya saat PLTS tidak beroperasi secara maksimum, kekurangan energi yang tidak dapat di suplai PLTS akan suplai oleh grid PLN. Hal ini dipengaruhi oleh cuaca pada saat PLTS beroperasi.

F. Perancangan Single Line Diagram Stadion Kaptan I Wayan Dipta Gianyar



Gambar 8. (a) Single Line Diagram Skenario 1, (b) Single Line Diagram Skenario 2

Pada Gambar 8 menunjukkan single line diagram dengan skenario 1 PLTS akan menyuplai trafo 2 dan 3 sedangkan pada skenario 2 PLTS akan menyuplai beban trafo 1.

G. Perancangan Ekonomis PLTS Atap Stadion Kaptan I Wayan Dipta

Investasi PLTS atap stadion Kaptan I Wayan Dipta meliputi biaya komponen PLTS dan biaya instalasi PLTS. Perhitungan biaya investasi PLTS ditunjukkan pada Tabel X



TABEL X
Perhitungan biaya investasi PLTS

Komponen	Satuan	Harga	Jumlah		Total	
			Sk1	Sk2	Sk1	Sk2
Biaya Langsung						
Modul Surya CSUN, CSUN350-72M	Unit	Rp3.800.000	238	448	Rp904.400.000	Rp1.702.400.000
Inverter Huawei technologies type SUN2000 42KTL	Unit	Rp74.600.000	2	4	Rp149.200.000	Rp298.400.000
Support Modul/Rak Panel Surya	Unit	Rp120.000	238	448	Rp28.560.000	Rp53.760.000
Biaya Tidak Langsung						
Pemasangan dan Instalasi	kali				Rp60.000.000	Rp114.400.000
Biaya Pengiriman	kali	Rp154.000	238	448	Rp36.600.000	Rp68.900.000
Total					Rp1.178.760.000	Rp2.237.860.000

Total biaya investasi PLTS Atap tribun stadion Kapten I Wayan Dipta sebesar Rp. 1.178.760.000 untuk skenario 1 dan Rp. 2.37.860.000 untuk skenario 2. Kemudian menghitung biaya operasional dengan persamaan [13].

$$AOM = 1\% \times I \quad (11)$$

Skenario 1 $AOM_1 = 1\% \times Rp1.053.600.000$

$$AOM_1 = Rp10.536.000 \text{ Tahun}$$

Skenario 2 $AOM_2 = 1\% \times Rp2.000.800.000$

$$AOM_2 = Rp20.008.000 \text{ Tahun}$$

Perancangan PLTS pada atap tribun stadion tidak menggunakan sistem penyimpanan berupa baterai, maka ketika PLTS menghasilkan energi listrik, maka akan menyuplai seluruh beban pada siang hari. Namun, jika energi listrik yang dihasilkan melebihi beban yang dibutuhkan maka energi tersebut akan masuk ke grid PLN. Begitu pula sebaliknya jika energi PLTS tidak cukup untuk menyuplai beban ataupun beban saat malam hari stadion maka grid PLN akan menyalurkan energi untuk memenuhi kebutuhan beban stadion. Maka dari itu diperlukan adanya biaya penjualan dan pembelian energi listrik.

Stadion Kapten I Wayan Dipta memiliki 3 buah trafo masing-masing daya terpasangnya adalah 197kVA, 66 kVA dan 82,5 kVA dikategorikan pada golongan B-2/TM dengan biaya energi per kWh nya sebesar Rp.1.467. Menurut Peraturan Menteri ESDM No.49 tahun 2018 menyebutkan harga jual energi listrik dari PLTS sebesar 65% dari harga tarif PLN. Maka dapat dihitung harga penjualan energi PLTS ke grid sebesar Rp.953. maka dapat dihitung penjualan energi tiap bulannya. Perhitungan harga jual energi dapat dilihat pada Tabel XI.

TABEL XI
Perhitungan Harga Jual Energi

Bulan	kWh Jual		Harga Jual	
	Sk1	Sk2	Sk1	Sk2
Oktober	3.277	2.430	Rp3.123.206	Rp2.315.934
November	3.373	0	Rp3.214.820	Rp0
Desember	4.268	5.161	Rp4.067.837	Rp4.918.025
Januari	4.850	0	Rp4.622.368	Rp0
Februari	4.361	7.314	Rp4.155.688	Rp6.970.250

Maret	4.258	7.033	Rp4.057.470	Rp6.702.649
April	3.664	7.225	Rp3.491.617	Rp6.885.344
Mei	2.297	18.240	Rp2.188.850	Rp17.382.625
Juni	1.609	12.594	Rp1.533.282	Rp12.002.539
Juli	952	17.354	Rp906.875	Rp16.538.819
Agustus	948	18.629	Rp903.444	Rp17.752.970
September	1.613	19.528	Rp1.537.570	Rp18.610.510
Jumlah	35.470	110.540	Rp33.803.026	Rp105.344.518

Pada Tabel XI didapatkan hasil perhitungan harga jual energi pertahunnya yaitu sebesar Rp. 33.803.026 untuk skenario 1 dan Rp. 105.344.518 untuk skenario 2. dapat dihitung pula penghematan pembayaran energi listrik sebelum dan sesudah dipasang PLTS dengan nilai penghematan sebesar Rp.55.596.367. untuk skenario 1 dan Rp 140.758.357 untuk skenario 2.

Analisis untuk menghitung apakah perancangan PLTS atap pada stadion Kapten I Wayan Dipta layak atau tidak menggunakan metode perhitungan *Net Present Value (NPV)*, *Profitability Index (PI)* dan *Discounted Payback Period (DPP)*. Dimana untuk menghitung NPV, PI, dan DPP dibutuhkan nilai *Net Cash Flow (NCF)*, faktor diskonto dan *Present Value Net Cash Flow* atau nilai arus kas bersih sekarang.

Menentukan *Net Cash Flow* atau nilai arus bersih adalah dengan menghitung arus kas masuk yang dikurangi arus kas keluar. Dimana pada perancangan PLTS ini arus kas yang masuk berupa penghematan pembayaran energi pertahun ditambah biaya energi yang dijual pertahun. Sedangkan untuk arus kas keluar adalah biaya operasional dan pemeliharaan. Maka untuk kedua skenario arus kas masuk dapat dihitung sebagai berikut. [15]

$$NCF = \text{Arus kas masuk} - \text{Arus kas keluar} \quad (12)$$

Untuk skenario 1 nilai NCF nya adalah

$$NCF_1 = (Rp33.803.026 + Rp55.596.367) - Rp10.536.000$$

$$NCF_1 = Rp89.399.393 - Rp10.536.000$$

$$NCF_1 = 78.863.393$$

Sedangkan untuk skenario 2

$$NCF_2 = (Rp105.344.518 + Rp140.758.357) - Rp20.008.000$$

$$NCF_2 = Rp246.102.875 - Rp20.008.000$$

$$NCF_2 = Rp226.094.875$$

Untuk mencari nilai PVNCF yang dihasilkan maka dengan nilai arus kas bersih dikalikan dengan faktor diskonto. Dengan tingkat diskonto (i) yang digunakan sebesar 5,19%, nilai ini diambil berdasarkan data uang beredar Bank Indonesia pertanggal 16 juli 2020. Maka untuk mencari faktor diskonto tahun ke n adalah sebagai berikut. [15]

$$DF = \frac{1}{(1+i)^n} \quad (13)$$

Jadi, faktor diskonto untuk tahun pertama adalah

$$DF = \frac{1}{(1+5,19\%)^1}$$

$$DF = 0,95$$

Perhitungan PVNCF dapat dilihat pada Tabel XII.

TABEL XII
 Perhitungan PVNCF

T	Arus kas Bersih		Faktor Diskonto	PVNCF	
	Sk 1	Sk 2		Sk 1	Sk 2
	Rp.			Rp.	
1	78.863.393	226.094.875	0,95	74.972.329	214.939.514
2	78.863.393	226.094.875	0,90	71.273.248	204.334.551
3	78.863.393	226.094.875	0,86	67.756.676	194.252.829
4	78.863.393	226.094.875	0,82	64.413.610	184.668.532
5	78.863.393	226.094.875	0,78	61.235.488	175.557.118
6	78.863.393	226.094.875	0,74	58.214.172	166.895.254
7	78.863.393	226.094.875	0,70	55.341.926	158.660.761
8	78.863.393	226.094.875	0,67	52.611.395	150.832.551
9	78.863.393	226.094.875	0,63	50.015.586	143.390.580
10	78.863.393	226.094.875	0,60	47.547.853	136.315.791
11	78.863.393	226.094.875	0,57	45.201.875	129.590.066
12	78.863.393	226.094.875	0,54	42.971.647	123.196.184
13	78.863.393	226.094.875	0,52	40.851.456	117.117.772
14	78.863.393	226.094.875	0,49	38.835.874	111.339.264
15	78.863.393	226.094.875	0,47	36.919.740	105.845.864
16	78.863.393	226.094.875	0,45	35.098.146	100.623.504
17	78.863.393	226.094.875	0,42	33.366.428	95.658.812
18	78.863.393	226.094.875	0,40	31.720.152	90.939.074
19	78.863.393	226.094.875	0,38	30.155.103	86.452.204
20	78.863.393	226.094.875	0,36	28.667.271	82.186.714
21	78.863.393	226.094.875	0,35	27.252.848	78.131.680
22	78.863.393	226.094.875	0,33	25.908.212	74.276.718
23	78.863.393	226.094.875	0,31	24.629.919	70.611.957
24	78.863.393	226.094.875	0,30	23.414.697	67.128.014
25	78.863.393	226.094.875	0,28	22.259.432	63.815.965
Total				1.090.635.084	3.126.761.273

T = Tahun, Sk = Skenario

Pada Tabel XII dapat dilihat hasil perhitungan PVNCF pada tahun ke-25 untuk masing-masing skenario sebesar Rp.1.090.635.084 dan Rp. 3.126.761.273. kemudian menghitung analisis ekonominya.

1. Net Present Value (NPV)

Nilai *Net Present Value* dapat dihitung dengan total arus kas bersih dikalikan faktor diskonto tiap tahunnya dikurangi Initial Investment. Atau dapat dirumuskan pada persamaan (1). Untuk skenario 1 nilai NPV nya adalah

$$NPV 1 = Rp1.090.635.084 - Rp 1.178.760.000$$

$$NPV 1 = -Rp88.124.916$$

Sedangkan untuk skenario 2, nilai NPV nya sebagai berikut

$$NPV 2 = Rp3.126.761.273 - Rp 2.237.860.000$$

$$NPV 2 = Rp888.901.273$$

PLTS dapat dikatakan layak jika nilai NPV lebih dari 0 (>0). Maka pada perancangan PLTS, untuk skenario 1 nilai

Gallant Pradika: Potensi Pemanfaatan Atap Tribun ...

NPV nya sebesar -Rp88.124.916 tidak layak karena nilai NPV kurang dari 0, sedangkan untuk skenario 2 dapat dikatakan layak karena NPV lebih dari 0 yaitu Rp888.901.273.

2. Profitability Index

Perancangan PLTS dapat dikatakan layak jika nilai *Profitability Index* nya (>1). Nilai *Profitability Index* dapat dihitung dengan persamaan (2).

Untuk skenario 1 nilai PI nya adalah

$$PI 1 = \frac{Rp1.090.635.084}{Rp 1.178.760.000}$$

$$PI 1 = 0,925$$

Sedangkan untuk skenario 2, nilai NPV nya sebagai berikut

$$PI 2 = \frac{Rp3.126.761.273}{Rp2.237.860.000}$$

$$PI 2 = 1,39$$

Jadi pada perancangan PLTS ini, skenario 2 dapat dikatakan layak karena nilai PI nya 1,39 > 1. Dan skenario 1 tidak layak, karena nilai PI nya 0,925 < 1.

3. Discounted Payback Period

Nilai *Discounted Payback Period* diperoleh dengan menghitung berapa tahun jumlah PVNCF akan sama atau lebih dengan nilai investasi awal.

Pada skenario 1 dihitung kembali seperti tabel 4.20 sampai tahun ke 30 dimana didapatkan hasil nilai PVNCF kumulatif tahun ke-29 mendekati nilai investasi awal. Nilai PVNCF kumulatif tahun ke-29 dengan investasi awal adalah Rp9.541.193. sedangkan pada tahun ke-30 PVNCF sebesar Rp17.283.902. maka waktu yang diperlukan untuk menutupi kekurangan investasi adalah $Rp9.541.193 / Rp17.283.902 = 6$ Bulan. Jadi total waktu yang dibutuhkan untuk menutupi investasi awal adalah 29 tahun 6 bulan. Sehingga dapat dikatakan investasi tidak layak karena DPP lebih lama dibandingkan umur proyek (25 tahun).

Pada skenario 2 nilai kumulatif PVNCF tahun ke-14 mendekati nilai investasi awal. Selisih nilai PVNCF kumulatif tahun ke-14 dengan investasi awal sebesar Rp26.769.231. sedangkan nilai PVNCF tahun ke-15 adalah Rp105.845.864 maka waktu yang diperlukan untuk menutupi kekurangan investasi adalah $Rp26.769.231 / Rp105.845.864 = 3$ bulan. Jadi total waktu yang dibutuhkan untuk menutupi investasi awal pada skenario 2 adalah 14 tahun 3 bulan. Sehingga dapat dikatakan investasi layak karena DPP lebih kecil dibandingkan umur proyek (25 tahun).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dan pembahasan perancangan PLTS atap tribun stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar dapat disimpulkan bahwa perancangan dibagi menjadi 2 skenario, skenario 1 modul surya dipasang pada bagian sisi utara atap tribun stadion dengan jumlah 238 buah dan 2 buah inverter 42 kW, sehingga daya yang dapat dibandingkan pada skenario 1 sebesar 83.300 Wp. Sedangkan pada skenario modul surya dipasang pada kedua sisi atap, didapat ada 448 unit modul surya dengan inverter 42kW sebanyak 4 unit, maka daya yang dapat dibangkitkan pada skenario 2 sebesar 156.800 Wp.

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



Energi yang dapat dihasilkan kedua skenario tersebut dihitung secara manual dan secara simulasi menggunakan *Software PVSYST*. Perhitungan secara manual didapatkan energi dari PLTS sebesar 112,32 MWh/tahun untuk skenario 1 dan 211,46 MWh/tahun untuk skenario 2.

Energi yang dihasilkan PLTS berguna untuk menyuplai beban saat stadion digunakan, sistem yang digunakan pada PLTS tidak menggunakan baterai sebagai alat penyimpan energi. Sehingga beban yang dapat disuplai hanya beban siang pada saat stadion digunakan. Pada skenario 1 PLTS hanya mampu menyuplai beban pada trafo 2 dan 3. Dimana beban siang kedua trafo tersebut sebesar 35,47 MWh/pertahun yang sepenuhnya akan disuplai PLTS dan energi yang tersisa sebesar 76,85 MWh/tahun. Pada skenario 2 PLTS hanya mampu menyuplai trafo 1 saja. Dimana beban siang trafo 1 sebesar 100,91 MWh/tahun akan disuplai sepenuhnya oleh PLTS, dan memiliki sisa energi sebesar 110,54 MWh/tahun yang akan disalurkan ke jaringan PLN.

Setelah dilakukan analisis ekonomi pada perancangan PLTS, dimana untuk skenario 1 biaya investasi sebesar Rp.1.178.760.000 dan skenario 2 sebesar

Rp.2.237.860.000. Hasil perhitungan manual dengan penjualan energi sebesar Rp.953/kWh memiliki pemasukan pada tahun ke-25 sebesar Rp.1.090.635.084 untuk skenario 1 dan Rp.3.126.761.273 untuk skenario 2. Pada analisis kelayakan investasi menggunakan metode NPV, PI, dan DPP hanya skenario 2 yang dapat dikatakan layak karena pada tahun ke-25 pendapatan lebih besar dari investasi, sedangkan pada skenario 1 pendapatan akan bernilai sama dengan investasi saat tahun ke-29. Hal ini berarti sistem pada skenario 1 tidak layak karena memiliki DPP lebih lama dibandingkan umur proyek.

REFERENSI

- [1] Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2018. Statistik Ketenagalistrikan 2017.
- [2] Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013.
- [3] 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/ICITEEED.2014.7007944. Peraturan Gubernur Bali Nomor 45 Tahun 2019. Tentang Bali Energi Bersih. 2019.
- [4] I.N.S Kumara, I.A.D. Giriantari, W.G. Ariastina, W. Sukerayasa, N. Setiawan, C.G.I. Partha, "Peta Jalan Pengembangan PLTS Atap : Menuju Bali Mandiri Energi, *Center for Community Based Renewable Energy (CORE)* Universitas Udayana, Greenpeace Indonesia, Bali, 2019.
- [5] Peraturan Presiden no, 22 tahun 2017. "Rencana Umum Energi Nasional," 2017.
- [6] N.S. Gunawan, I.N.S Kumara, R. Irawati, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26,4 kWp pada Sistem *Smart Microgrid* UNUD. *Jurnal Spektrum*, [S.I.], v. 6, n. 3, p. 1-9, sep. 2019.
- [7] M.R. Wicaksana, I.N.S Kumara, I.A.D Giriantari, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Rooftop* 158 kWp pada Kantor Gubernur Bali," *Jurnal Spektrum*, [S.I.], v. 6, n. 3 p.-107-113, Sep. 2019
- [8] H. Kristiawan, I.N.S Kumara, I.A.D Giriantari, "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar," *Jurnal Spektrum*, [S.I.], v. 6, n. 4, p. 66-70, dec. 2019.
- [9] K. Sumariana, I.N.S Kumara, W.G. Ariastina, "Desain dan Analisa Ekonomi PLTS Atap untuk Villa di Bali," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 18(3), 337-346. doi:10.24843/MITE.2019.v18i03.P06. 2019
- [10] D. Tan, A.K. Seng, "*Handbook for Solar Photovoltaic Systems*," Singapore : Energy Market Authority. 2014.
- [11] I.G.A.A Putra, I.A.D Giriantari, I.N.S Kumara, "Studi Sistem Pengelolaan PLTS 15 kW Stand Alone dengan Metode Kano di Dusun Yeh Mampoh Kabupaten Bangli" *Jurnal Teknologi Elektro Unud*. Vol. 14 No. 1. 2015
- [12] ABB, "Technical Application" Paper No. 10 Photovoltaic Plants. s.l.:s.n. 2010.
- [13] S. Soulayman, W. Sabbagh, "Solar collector optimum tilt and orientation," *Open Journal of Renewable and Sustainable Energy* 2, 1–9. 2015
- [14] J.W. Agung, M. Irwan, I. Muallim, S. Supartio, "Perencanaan PLTS Untuk Wilayah Kabupaten Gowa Dusun Pakkulompo Provinsi Sul-Sel," *Makalah. Politeknik Negeri Ujung Pandang*. Makassar. 2012.
- [15] H.J. Patricia, "Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya (Studi Kasus: Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok)," FT UI. 2012.
- [16] Kashmir & Jakfar, "Studi Kelayakan Bisnis" Edisi Revisi, Penerbit PT. Desindo Putra Mandiri, Jakarta. 2017.
- [17] PT. PLN (Persero) Area Bali Timur. "Data Beban Stadion Kapten I Wayan Dipta Gianyar Bali" 2020.
- [18] L.E. Bien, dkk, "Perancangan system Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-Jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan," Jakarta: Teknik Elektro Universitas Trisakti. 2008
- [19] P.A. Sujana, I.N.S Kumara., I.A.D Giriantari., "Pengaruh Kebersihan Modul Surya Terhadap Unjuk Kerja PLTS," *E-Journal Spektrum* Vol. 2, No. 3. 2015.
- [20] R. Hariyati, M.N. Qosim, A.W. Hasanah, "Konsep Fotovoltaik Terintegrasi *On Grid* dengan Gedung STT.PLN" *Energi dan Kelistrikan : Jurnal Ilmiah* Vol. 11, No. 1. 2019.