

# CAPSTONE PROJECT DESAIN SOLAR TREE UNTUK PENERANGAN JALAN UMUM (PJU) DI JALAN BYPASS PROF. DR. IDA BAGUS MANTRA PROVINSI BALI

1<sup>st</sup> G.P. Chandra Adidharma Yasa, 2<sup>nd</sup> I. A. Dwi Giriantari, 3<sup>rd</sup> I Wayan Sukerayasa

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Universitas Udayana, Jimbaran

---

## Article Info

### Article History:

Received: Juli 11, 2022  
Revised: Maret 1, 2023  
Accepted: April 1, 2023

### Keywords:

Solar Power Plant;  
Public Street Lighting;  
Solar Tree.

---

## Informasi Artikel

### Kata Kunci:

Pembangkit Listrik  
Tenaga Surya;  
Lampu Penerangan  
Jalan;  
Solar Tree.

---

## Publishing Info

✉ **Corresponding Author:** (1) G.P Chandra Adidharma Yasa, (2) Program Studi Teknik Elektro, (3) Universitas Udayana, (4) Jalan Raya Kampus Unud, Jimbaran, 80361, Indonesia, (5) Email: [chandraadi1919@gmail.com](mailto:chandraadi1919@gmail.com)

---

## ABSTRACT


Street lighting is part of a road auxiliary building that can be installed on the left or right of the road as well as in the middle (in the median part of the road). The function of street lighting in general is to illuminate the road and the environment around the required road including crossroads, flyovers, bridges, and underground roads. Therefore, the existence of public street lighting is very important to help motorists or road users drive safely, make it easier to see, and provide security when crossing the road. most PJUs still use technology that tends to be wasteful and has a relatively short service life and most of the power plants belong to PLN (89.53%). One of the efforts of the Provincial Government of Bali in utilizing solar energy sources is to use solar street lighting.

---

## ABSTRAK

Lampu penerangan jalan adalah bagian dari bangunan pelengkap jalan yang dapat dipasang di kiri atau kanan jalan serta di tengah (di bagian median jalan). Fungsi lampu penerangan jalan pada umumnya adalah menerangi jalan maupun lingkungan disekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan, jalan layang, jembatan dan jalan di bawah tanah. Oleh karena itu, keberadaan penerangan jalan umum (PJU) adalah hal yang sangat penting untuk membantu pengendara atau pengguna jalan agar selamat dalam berkendara, memudahkan untuk melihat dan memberikan keamanan pada saat melintas di jalan. sebagian besar PJU masih menggunakan teknologi yang cenderung boros dan memiliki umur pakai yang relatif singkat serta sebagian besar pembangkit listrik milik PLN (89.53%). Salah satu upaya Pemerintah Provinsi Bali dalam memanfaatkan sumber energi surya adalah dengan menggunakan Penerangan Jalan Umum (PJU) tenaga surya.

---

Copyright © 2021 G.P Chandra Adidharma Yasa, I. A. Dwi Giriantari, I Wayan Sukerayasa. Published by Jurnal Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Bali, Indonesia.  This is an open access article licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

## 1. Pendahuluan

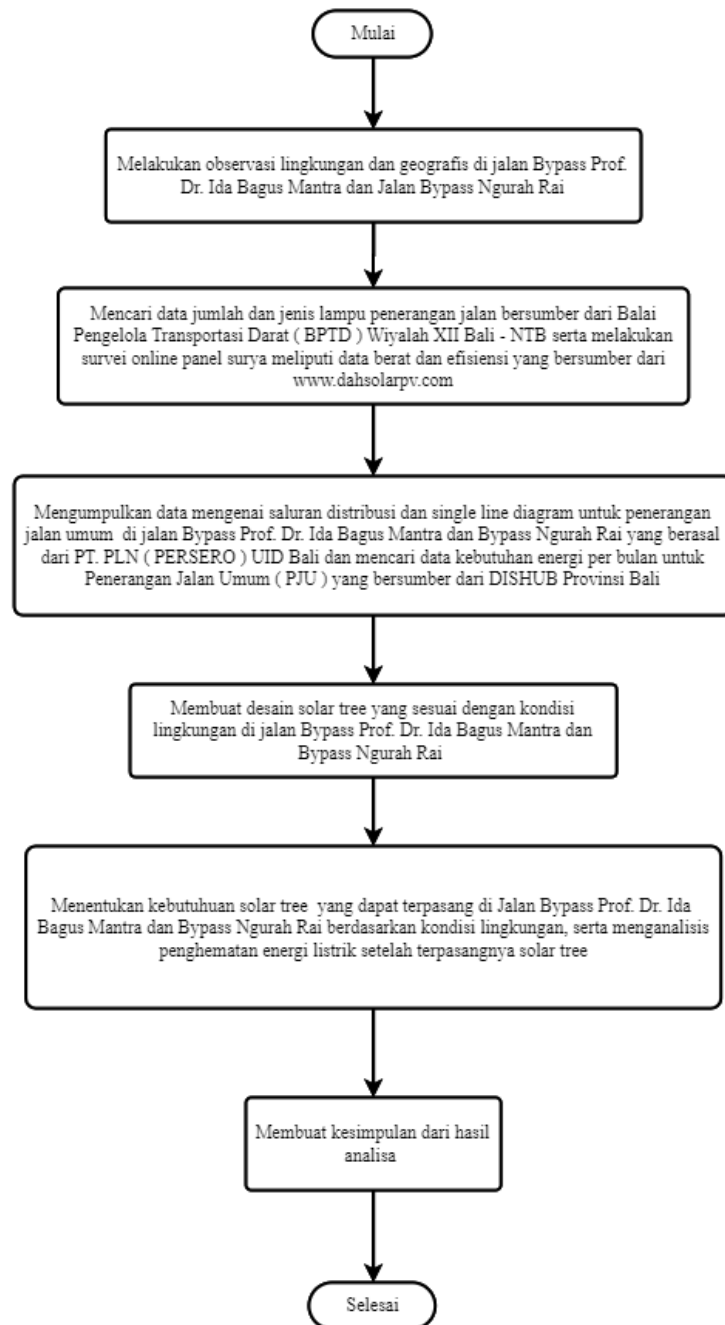
Lampu penerangan jalan adalah dari bangunan pelengkap jalan yang dapat dipasang di kiri atau kanan jalan serta di tengah (di bagian median jalan). Fungsi lampu penerangan jalan pada umumnya adalah menerangi jalan maupun lingkungan disekitar jalan yang diperlukan termasuk persimpangan jalan (*intersection*), jalan layang (*interchange, overpass, flyover*), jembatan dan jalan di bawah tanah (*underpass, terowongan*). Oleh karena itu, keberadaan penerangan jalan umum (PJU) adalah hal yang sangat penting untuk membantu pengendara atau pengguna jalan agar selamat dalam berkendara, memudahkan untuk melihat dan memberikan keamanan pada saat melintas di jalan. Pertumbuhan Penerangan Jalan Umum (PJU) mengalami peningkatan yang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir ini. Besarnya konsumsi energi dan emisi PJU disebabkan antara lain karena sebagian besar PJU masih menggunakan teknologi yang cenderung boros dan memiliki umur pakai yang relatif singkat serta sebagian besar pembangkit listrik milik PLN (89.53%) yang mencatu PJU masih menggunakan sumber energi dari fosil.

Oleh karenanya untuk melakukan upaya penghematan energi dan biaya serta upaya untuk mendukung komitmen dari pemerintah untuk menurunkan emisi GRK (Gas Rumah Kaca) dengan melakukan sebuah penerapan teknologi yang lebih efisien pada sektor PJU dapat berupa penggunaan lampu hemat energi dan atau penggunaan sumber energi alternatif terbarukan. Pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) merupakan salah satu upaya pemanfaatan energi bersih yang menjadi bagian dari kebijakan nasional dalam rangka mencapai target bauran energi 23% serta untuk menjaga keberlangsungan aspek lingkungan. Provinsi Bali menjadi salah satu provinsi yang potensial untuk pengembangan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya). Berdasarkan *Asian Development Bank* pada *Paper Based Decision Support System For Renewable Energy Development An Indonesian Case Study*, Bali memiliki potensi radiasi matahari dari 1490 hingga 1776 kWh/m<sup>2</sup> /tahun atau melebihi standar Eropa dalam kelayakan proyek PLTS yaitu 900 kWh/m<sup>2</sup> /tahun. Total potensi matahari yang tersedia di Provinsi Bali mencapai 113.436,5 GWh per tahun, dimana energi tersebut telah menyediakan lebih banyak lagi untuk kebutuhan penduduk pada tahun 2027, yaitu 10.014 GWh per tahun.

*Solar tree* atau pohon surya adalah perangkat yang menyerupai pohon tetapi tetapi dengan panel *fotovoltaik* (PV) sebagai pengganti mahkotanya dimana “daun” pohon menangkap energi matahari dan mengubahnya menjadi listrik, dengan cabang - cabang menyalurkan listrik itu melalui batang dan ke baterai pusat di dalamnya. Pemasangan *solar tree* ini dipilih sebagai salah satu alternatif karena memiliki banyak manfaat terutama dalam pemanfaatan lahan, infrastruktur perkotaan dan lanskap.

## 2. Metode

Lokasi dari tempat ini dilaksanakan di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra, Yang menghubungkan jalan dari Kabupaten Gianyar, Kota Denpasar, dan Kabupaten Badung. Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Februari 2022 sampai Juli 2022. Analisis data dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Berikut penjelasan pada Gambar 1, Langkah 1. Observasi lingkungan geografis, Penelitian ini diawali dengan melakukan observasi lingkungan dan geografis di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra Provinsi Bali. Langkah 2. Pengumpulan Data. Data pada penelitian ini adalah data jumlah dan jenis lampu penerangan jalan bersumber dari Balai Pengelolaan Transportasi Darat ( BPTD ) Provinsi Bali Wilayah XII Bali – NTB. Melakukan

survey *online* panel surya meliputi berat dan efisiensi yang bersumber dari [www.dahsolarpv.com](http://www.dahsolarpv.com). Serta mencari data kebutuhan energi listrik untuk lampu penerangan jalan di Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra. Langkah 3. Desain *Solar Tree*. Membuat desain *solar tree* dengan kondisi lingkungan di Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra. Langkah 4. Kebutuhan *Solar Tree*, Setelah ditentukan desain yang sesuai kondisi lingkungan, selanjutnya menentukan kebutuhan *solar tree* yang dapat terpasang serta menghitung penghematan yang diperoleh dari jumlah *solar tree* yang dapat terpasang sesuai kondisi lingkungan. Langkah 5. Kesimpulan, Berdasarkan langkah keempat maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan.

### 3. Hasil Pembahasan

Jalan *Bypass* Ida Bagus Mantra dan *Bypass* Ngurah Rai secara umum dapat dideskripsikan jalan Tohpati – Kusamba yang merupakan jalan arteri saat ini dikenal sebagai Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra menurut dengan panjang jalan yaitu 26,4 km dengan daerah milik jalan 40 meter serta memiliki lokasi yang berdampingan dengan pantai dan dibagian median jalan dinaungi pepohonan. Jalan Prof. Dr. Ida Bagus Mantra merupakan jalan provinsi yang menghubungkan Kota Denpasar, Kabupaten Gianyar, dan Kabupaten Klungkung. Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra dengan kepemilikan asset oleh Balai Pengelola Transportasi Darat (BPTD) Wilayah XII Bali – NTB (sejak 28 Agustus 2018), memiliki 1045 titik lampu yang dimana 748 lampu sudah diganti LED dan 297 belum LED, serta kondisi jalan yang sebagian dinaungi pohon – pohon.



Gambar 2. Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra

Sepanjang lokasi penelitian di Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra ada beberapa *Box APP* yang digunakan untuk lampu penerangan jalan. *Box APP* pada Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra termasuk dalam golongan tarif P3 yaitu tarif listrik Lembaga Pemerintah. Jumlah *Box APP* di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Data pelanggan Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra

| NO | ID Pelanggan | NAMA                      | ALAMAT                         | TARIP | DAYA  |
|----|--------------|---------------------------|--------------------------------|-------|-------|
| 1  | 551200732497 | LPJU PROF.DR.IB.MANTRA 3  | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 16500 |
| 2  | 551200732503 | LPJU PROF.DR.IB.MANTRA 3  | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 16500 |
| 3  | 551200732527 | LPJU PROF.DR.IB.MANTRA 6  | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 13200 |
| 4  | 551200732539 | LPJU PROF.DR.IB.MANTRA 5  | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 16500 |
| 5  | 551200734385 | LPJU PROF. IB. MANTRA     | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 13200 |
| 6  | 551200797319 | LPJU PEMERINTAH KAB GIANY | PROF DR IDA BGS MANT           | P3    | 13200 |
| 7  | 551200797322 | LPJU PEMERINTAH KAB GIANY | PROF DR IDA BGS MANT           | P3    | 7700  |
| 8  | 551200797334 | LPJU PEMERINTAH KAB GIANY | PROF DR IDA BGS MANT           | P3    | 7700  |
| 9  | 551200797346 | LPJU PEMERINTAH KAB GIANY | PROF DR IDA BGS MANT           | P3    | 7700  |
| 10 | 552001054936 | PJU IB.MANTRA LEBIH 1     | IB.MANTRA                      | P3    | 10600 |
| 11 | 552001054944 | PJU IB.MANTRA LEBIH 2     | IB.MANTRA                      | P3    | 16500 |
| 12 | 552001054951 | PJU IB.MANTRA SABA 2      | IB.MANTRA                      | P3    | 16500 |
| 13 | 552001054969 | PJU IB.MANTRA PERING      | IB.MANTRA                      | P3    | 16500 |
| 14 | 552001054977 | PJU IB.MANTRA KERAMAS     | IB.MANTRA                      | P3    | 10600 |
| 15 | 552001054985 | PJU IB.MANTRA SLUKAT 1    | IB.MANTRA, SLUKAT              | P3    | 13200 |
| 16 | 552001054993 | PJU IB.MANTRA SLUKAT 2    | IB.MANTRA, SLUKAT              | P3    | 13200 |
| 17 | 552001055003 | PJU IB.MANTRA MASCETI 1   | IB.MANTRA, MASCETI             | P3    | 16500 |
| 18 | 552001055011 | PJU IB.MANTRA MASCETI 2   | IB.MANTRA, MASCETI             | P3    | 16500 |
| 19 | 552001055029 | PJU IB.MANTRA BR. MANYAR  | IB.MANTRA                      | P3    | 10600 |
| 20 | 552001055037 | PJU IB.MANTRA BR. KECUPIN | IB.MANTRA                      | P3    | 13200 |
| 21 | 552001055045 | PJU IB.MANTRA BR.PABEAN   | IB.MANTRA, BR. PABEAN          | P3    | 10600 |
| 22 | 552001055052 | PJU IB.MANTRA BR.RANGKAN  | IB.MANTRA, BR.RANGKAN          | P3    | 10600 |
| 23 | 552001055060 | PJU IB.MANTRA P.PURNAMA 1 | IB.MANTRA, PANTAI PURNAMA      | P3    | 23000 |
| 24 | 552001055078 | PJU IB.MANTRA P.PURNAMA 2 | IB.MANTRA, PANTAI PURNAMA      | P3    | 16500 |
| 25 | 552001055086 | PJU IB.MANTRA SABA 1      | IB.MANTRA                      | P3    | 16500 |
| 26 | 552001070419 | PJU LB. MANTRA LEBIH      | BAY PAS LB.MANTRA              | P3    | 23000 |
| 27 | 552001070456 | PJU IB. MANTRA SIYUT 1    | SIYUT, JL. IB. MANTRA          | P3    | 23000 |
| 28 | 552001070464 | PJU IB. MANTRA SIYUT 2    | SIYUT, JL. IB. MANTRA          | P3    | 23000 |
| 29 | 552001079785 | TRFC LIGHT SIYUT KM 22.70 | IB.MANTRA, PEREMPATAN PANTAI S | P3    | 1300  |

Jenis panel surya dilakukan survei *online* di *website* [www.dahsolarpv.com](http://www.dahsolarpv.com). Dalam survei panel surya kami hanya mencantumkan daya maksimal, dimensi, berat, *cell type*, dan efisiensi sebagai indikator dalam memilih panel surya yang sesuai sehingga diperoleh hasil survey menunjukkan beberapa jenis panel surya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Data Hasil Survei *Online* Panel Surya

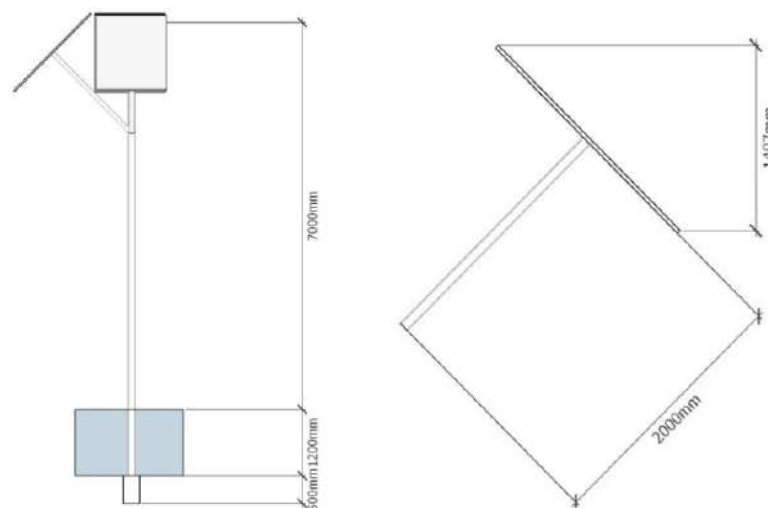
| No | Type   | Max Power (watt) | Berat (kg) | Max Moduls Efficiency STC (%) |
|----|--|------------------|------------|-------------------------------|
| 1  | Bifacial Mono Perc DAH Mono DHM-72X10/BF-525-560W      | 560              | 29         | 21,67                         |
| 2  | Mono Perc DHM-72X10 525-560W                           | 560              | 29         | 21,67                         |
| 3  | MonoL3 Cut Low Current DHT-M72X10-520-560W             | 560              | 29         | 21,67                         |
| 4  | Mono Double Glass DHM-72X10.DG-525-555W                | 555              | 31,5       | 21,42                         |
| 5  | Mono Perc DHM-72X10-520n-550W                          | 550              | 29         | 21,3                          |
| 6  | Bifacial Mono Perc DAH Mono DHM-72X10/BF-520-550W      | 550              | 28         | 21,52                         |
| 7  | Mono Perc DHM-60X10-475n-505W                          | 505              | 25,5       | 21,27                         |
| 8  | Mono Perc DHM-60X10 450-470W                           | 470              | 23,9       | 21,78                         |
| 9  | Mono Full Screen DHM-60X10FS 450-470W                  | 470              | 23,8       | 21,78                         |
| 10 | MonoL3 Cut Low Current Full-Screen DHT-M60X10 450-470W | 470              | 23,5       | 21,78                         |
| 11 | Mono Full Screen /FSM-60X10-430-460W                   | 460              | 24         | 21,24                         |
| 12 | Mono Perc DHM-60X10-430n-460W                          | 460              | 24         | 21,24                         |
| 13 | Bifacial Mono Perc DHM-72L9/BF-430-460W                | 460              | 23,5       | 21,16                         |
| 14 | Mono DHM-72L9 430W-460W                                | 460              | 23,5       | 21,16                         |
| 15 | Half Cell-HCM78X9 435W-445W                            | 445              | 24,5       | 20,45                         |
| 16 | Poly Perc DHP-70L9-400W-435W                           | 435              | 23,5       | 20,01                         |
| 17 | Mono Perc DHM-54X10 390-420W                           | 420              | 22         | 21,51                         |
| 18 | Mono Full Screen DHM-54X10/FS 390-420W                 | 420              | 22         | 21,51                         |
| 19 | Half Cell-HCM72X9 400W-415W                            | 415              | 23         | 20,63                         |
| 20 | Half Cell-HCP78X9 395W-400W                            | 400              | 24,3       | 19,07                         |
| 21 | Mono Perc DHM-60L9-360W-390W                           | 390              | 20         | 21,41                         |
| 22 | HCP72X9-360-385W                                       | 385              | 22,4       | 19,14                         |
| 23 | Poly Perc DHP60L9-335W-360W                            | 360              | 20         | 19,76                         |
| 24 | HCM60X9-330W Full Black                                | 345              | 19         | 20,45                         |
| 25 | Half Cell-HCM60X9 325W-345W                            | 345              | 19         | 20,42                         |
| 26 | Poly Solar Panel 72cells Serial 315/320/325/330W       | 330              | -          | 17,02                         |

Pemilihan dari panel surya yaitu berdasarkan daya maksimal, berat, dan efisiensi dikarenakan posisi dari panel surya tersebut akan berada pada tiang penopang yang tentunya memiliki maksimal berat yang dapat ditopang. Tentunya ada pilihan untuk memperbesar ukuran tiang sehingga dapat menopang panel surya yang lebih berat, akan tetapi kami tidak menggunakan tiang yang terlalu besar dikarenakan lokasi penempatan dari *solar tree* yang memiliki lahan terbatas serta akan mengganggu visibilitas pengguna jalan apabila *solar tree* dibuat terlalu besar. Jumlah panel surya yang akan digunakan untuk satu *solar tree* adalah 4 panel surya, alasan ditentukannya jumlah panel surya ini, karena untuk tidak mengurangi visibilitas pengguna jalan yang disebabkan oleh *solar tree* jika menggunakan terlalu banyak panel surya, dapat menghemat biaya konstruksi dengan menggunakan lebih sedikit panel surya, serta menambah nilai estetika dan keindahan jalan raya.

Tiang merupakan komponen penting dalam perencanaan *Solar Tree* beberapa tiang yang digunakan untuk lampu jalan adalah tiang besi dan tiang oktagon Hidayat dkk (2021). Berdasarkan lampiran 8 : Surat Dirjen Perhubungan Darat Nomor AJ.033/5/9/drjd/2011 pada tanggal 21 Juni 2011 tentang spesifikasi teknis lampu penerangan jalan dengan *solar cell*. Untuk mengikat antara pondasi dengan tiang oktagon perlu menggunakan tulangan besi, alasan perlu diikat agar antara pondasi dengan tiang oktagon tidak mudah lepas. Dengan metode kerja sebagai berikut :

1. Merakit besi pondasi dengan dimensi  $300 \times 300 \times 500$  mm serta merakit tulangan kolom untuk mengikat tiang oktagon dengan pondasi agar tidak mudah lepas.
2. Menanam pondasi tiang oktagon yang sudah diikat menggunakan tulangan kolom, dengan kedalam tidak lebih dari 3 meter.
3. Melakukan pengecoran dari pondasi kemudian melakukan pengecoran tiang oktagon dari atas untuk menyatukan pondasi dengan tiang oktagon.

Berdasarkan karakteristik di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra dan jalan *Bypass* Ngurah Rai dan hasil observasi langsung untuk mengetahui kondisi lingkungan, sebagai acuan menentukan gambaran umum tiang. Diperoleh ukuran tiang *solar tree* dengan tinggi 7 meter di atas permukaan tanah, kedalaman pondasi 1,7 meter dibawah permukaan tanah, serta panjang tiang cabang 2 meter dari tiang penopang, seperti pada gambar berikut:



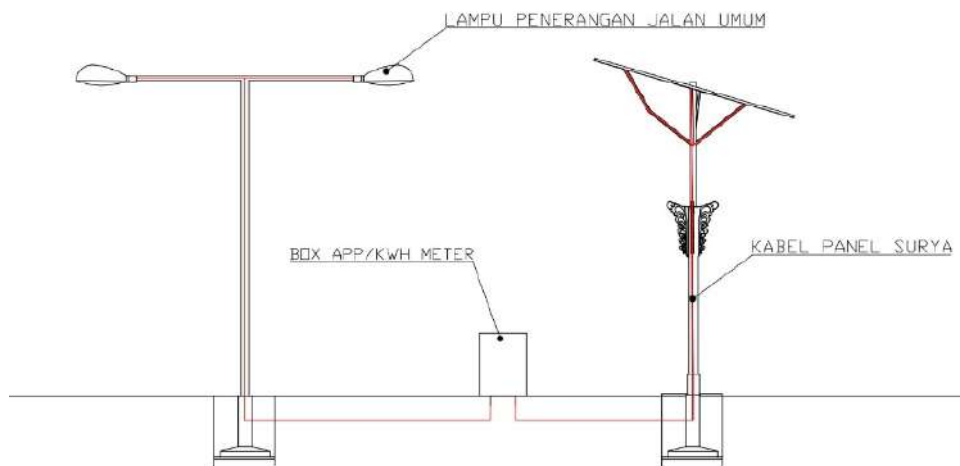
Gambar 3. Ukuran spesifik tiang *solar tree*

Dengan memperhatikan ukuran tiang tersebut, *phyllotaxy* serta budaya di Provinsi Bali, penulis menentukan dua desain *solar tree* untuk jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra yang diberi nama desain Tedung dan Desain Kayon, seperti pada gambar berikut.

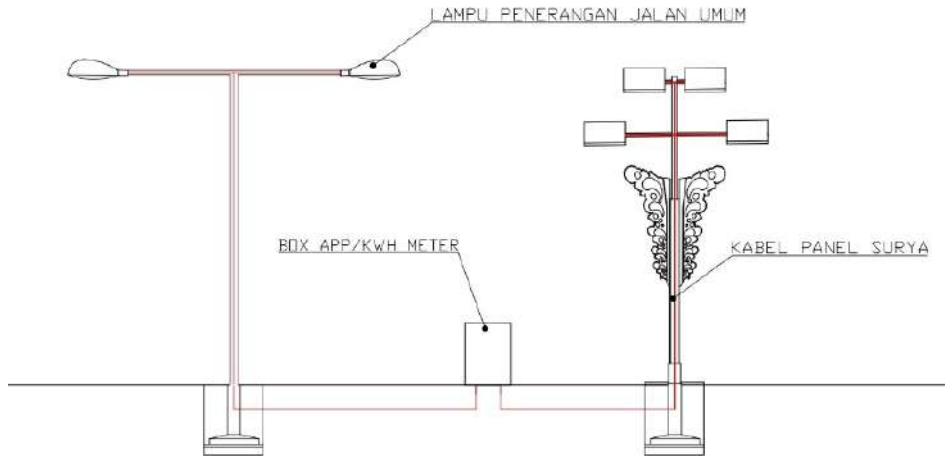


Gambar 4. Desain Tedung dan Kayon *Solar Tree*

*Solar tree* akan menggunakan sistem *on grid* yang dimana listrik yang dihasilkan akan langsung dialirkan ke sistem PLN melalui *Box APP/KWH Meter* terdekat melalui jalur bawah tanah. Pada malam hari akan digunakan untuk lampu penerangan jalan umum.

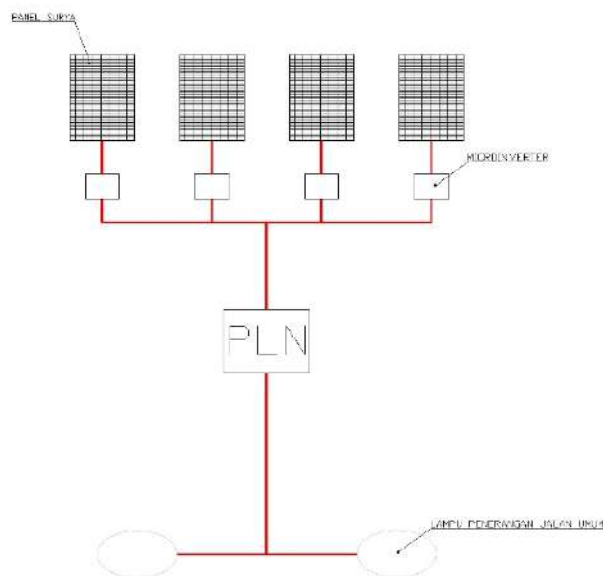






Gambar 5 Posisi kabel *solar tree* menuju lampu penerangan jalan

Masing-masing panel surya pada *solar tree* terhubung pada *microinverter* akan terhubung secara parallel menuju sistem PLN, seperti pada gambar berikut.



Gambar 6 Rangkaian listrik *on grid solar tree*

Hasil survei yang diperoleh dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gianyar tentang tagihan listrik per bulan untuk Lampu Penerangan Jalan Umum ( LPJU ) di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra dihitung dari Bulan Januari 2022 sampai dengan Bulan Desember 2022, seperti pada tabel berikut.



Tabel 3. Survei tagihan listrik untuk penerangan jalan umum di Jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra

| NO    | ID Pelanggan | NAMA                      | ALAMAT                         | TARIP | DAYA  | Jumlah Pemakaian Listrik Januari-Desember 2022 (kWh) |
|-------|--------------|---------------------------|--------------------------------|-------|-------|--|
| 1     | 551200732497 | LPJU PROF.DR.IB.MANTRA 3  | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 16500 | 7576   |
| 2     | 551200732493 | LPJU PROF.DR.IB.MANTRA 3  | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 16500 | 9431   |
| 3     | 551200732527 | LPJU PROF.DR.IB.MANTRA 6  | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 13200 | 8372   |
| 4     | 551200732539 | LPJU PROF.DR.IB.MANTRA 5  | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 16500 | 8066   |
| 5     | 551200734385 | LPJU PROF. IB. MANTRA     | PROF DR IDA BAGUS MANTRA       | P3    | 13200 | 5940   |
| 6     | 551200797319 | LPJU PEMERINTAH KAB GIANY | PROF DR IDA BGS MANT           | P3    | 13200 | 10989  |
| 7     | 551200797322 | LPJU PEMERINTAH KAB GIANY | PROF DR IDA BGS MANT           | P3    | 7700  | 8819   |
| 8     | 551200797334 | LPJU PEMERINTAH KAB GIANY | PROF DR IDA BGS MANT           | P3    | 7700  | 9683   |
| 9     | 551200797346 | LPJU PEMERINTAH KAB GIANY | PROF DR IDA BGS MANT           | P3    | 7700  | 7950   |
| 10    | 552001054936 | PJU IB.MANTRA LEBIH 1     | IB.MANTRA                      | P3    | 10600 | 9440   |
| 11    | 552001054944 | PJU IB.MANTRA LEBIH 2     | IB.MANTRA                      | P3    | 16500 | 7260   |
| 12    | 552001054951 | PJU IB.MANTRA SABA 2      | IB.MANTRA                      | P3    | 16500 | 10132  |
| 13    | 552001054969 | PJU IB.MANTRA PERING      | IB.MANTRA                      | P3    | 16500 | 7622   |
| 14    | 552001054977 | PJU IB.MANTRA KERAMAS     | IB.MANTRA                      | P3    | 10600 | 8882   |
| 15    | 552001054985 | PJU IB.MANTRA SLUKAT 1    | IB.MANTRA, SLUKAT              | P3    | 13200 | 8938   |
| 16    | 552001054993 | PJU IB.MANTRA SLUKAT 2    | IB.MANTRA, SLUKAT              | P3    | 13200 | 7023   |
| 17    | 552001055003 | PJU IB.MANTRA MASCETI 1   | IB.MANTRA, MASCETI             | P3    | 16500 | 8510   |
| 18    | 552001055011 | PJU IB.MANTRA MASCETI 2   | IB.MANTRA, MASCETI             | P3    | 16500 | 8026   |
| 19    | 552001055029 | PJU IB.MANTRA BR. MANYAR  | IB.MANTRA                      | P3    | 10600 | 6584   |
| 20    | 552001055037 | PJU IB.MANTRA BR. KECUPIN | IB.MANTRA                      | P3    | 13200 | 6456   |
| 21    | 552001055045 | PJU IB.MANTRA BR.PABEAN   | IB.MANTRA, BR. PABEAN          | P3    | 10600 | 5816   |
| 22    | 552001055052 | PJU IB.MANTRA BR.RANGKAN  | IB.MANTRA, BR.RANGKAN          | P3    | 10600 | 10372  |
| 23    | 552001055060 | PJU IB.MANTRA P.PURNAMA 1 | IB.MANTRA, PANTAI PURNAMA      | P3    | 23000 | 11552  |
| 24    | 552001055078 | PJU IB.MANTRA P.PURNAMA 2 | IB.MANTRA, PANTAI PURNAMA      | P3    | 16500 | 7260   |
| 25    | 552001055086 | PJU IB.MANTRA SABA 1      | IB.MANTRA                      | P3    | 16500 | 10082  |
| 26    | 552001070449 | PJU IB. MANTRA LEBIH      | BAV PAS IB.MANTRA              | P3    | 23000 | 10299  |
| 27    | 552001070456 | PJU IB. MANTRA SIYUT 1    | SIYUT, JL. IB. MANTRA          | P3    | 23000 | 10129  |
| 28    | 552001070464 | PJU IB. MANTRA SIYUT 2    | SIYUT, JL. IB. MANTRA          | P3    | 23000 | 12043  |
| 29    | 552001079785 | TRFC LIGHT SIYUT KM 22.70 | IB.MANTRA, PEREMPATAN PANTAI 5 | P3    | 1300  | 1144   |
| TOTAL |              |                           |                                |       |       | 244396   |

Dengan ditentukannya 4 buah panel surya dengan daya maksimal 420 watt menjadikan satu *Solar Tree* menghasilkan daya sebesar 1680 watt. Dengan dihasilkannya daya sebesar 1680 watt. dengan menggunakan *peak sun hour* untuk di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra sebesar 4 jam, maka diperoleh daya listrik yang dihasilkan *Solar Tree* dalam satu hari, dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Energi listrik dihasilkan satu hari} &= \text{maksimal daya 1 tiang} \times \text{peak sun hour} \\
 &= 1680 \text{ watt} \times 4 \text{ jam} \\
 &= 6720 \text{ watt hour}
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh energi listrik yang dihasilkan *solar tree* dalam satu hari maka dapat ditentukan energi listrik yang dihasilkan selama duabelas bulan. Alasan dipilih duabelas bulan karena dari hasil survey di Dishub Kabupaten Gianyar penggunaan listrik di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra diperoleh selama duabelas bulan dari bulan Januari sampai dengan bulan Desember. Sehingga energi listrik yang dihasilkan *solar tree* selama dua belas bulan dihitung dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut.

Energi listrik selama 12 bulan = ( energi listrik satu hari  $\times$  30 hari )  $\times$  12 bulan

Energi listrik selama 12 bulan = ( 6720 watt hour  $\times$  30 hari )  $\times$  12 bulan

Energi listrik selama 12 bulan = 201.600 watt hour  $\times$  12 bulan

Energi listrik selama 12 bulan = 2.419.200 watt hour

Energi listrik selama 12 bulan = 2.419,2 kWh

Sehingga diperoleh jumlah *solar tree* yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di jalan *Bypass Prof. Dr. Ida Bagus Mantra*, dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Jumlah Solar Tree} = \frac{\text{Total penggunaan listrik selama duabelas bulan}}{\text{Energi listrik yang dihasilkan selama duabelas bulan}}$$

$$\text{Jumlah Solar Tree} = \frac{244.396 \text{ KWh}}{2.419,2 \text{ kWh}}$$

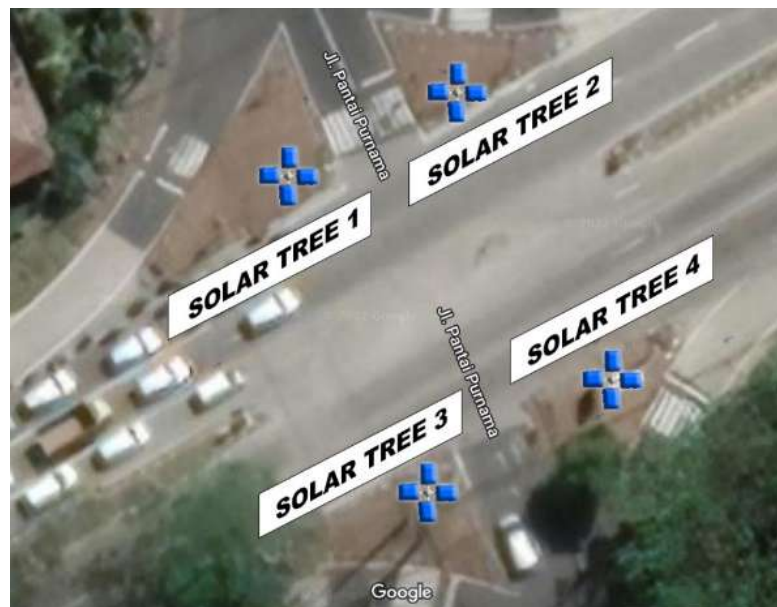
$$\text{Jumlah Solar Tree} = 101,023$$

Jika dibulatkan maka diperoleh jumlah *solar tree* yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di jalan *Bypass Prof. Dr. Ida Bagus Mantra* untuk lampu penerangan jalan adalah sebesar 102 *solar tree*.

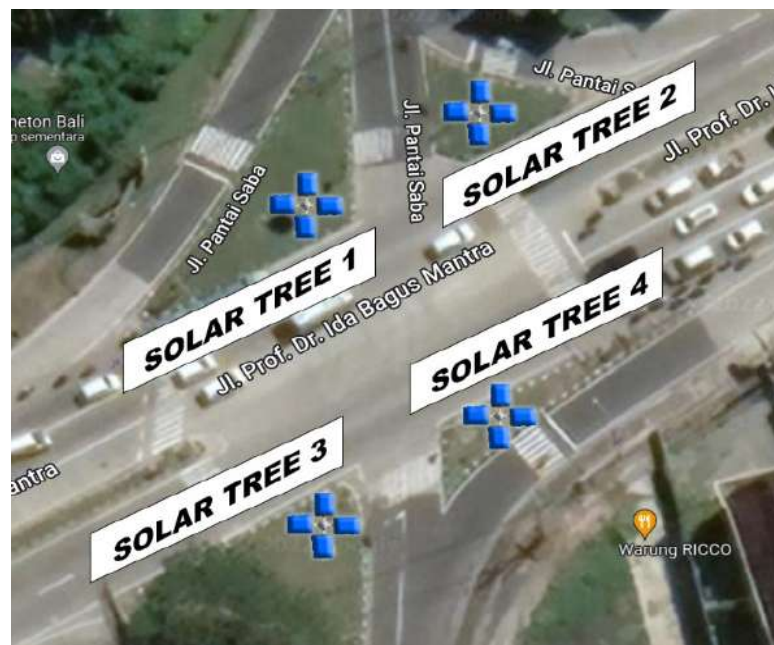
Hasil survei di jalan *Bypass Prof. Dr. Ida Bagus Mantra* dilihat dari lokasi antara persimpangan yang akan dipasangnya *solar tree*, serta jumlah ID pelanggan yang berada sepanjang persimpangan tersebut, diperoleh lokasi terbaik yaitu pada segitiga persimpangan. Alasan dipilihnya lokasi tersebut adalah karena memiliki wilayah terbuka dan tidak tertutup pepohonan, tidak terlalu dekat dengan badan jalan, serta tidak menghalangi lampu *traffic light* sehingga tidak mengganggu arus lalu lintas. Serta *solar tree* akan dihubungkan ke *box APP* terdekat dari lokasi pemasangan. Untuk lokasi pemasangan *solar tree* sebagai berikut.



Gambar 7. Lokasi *solar tree* Persimpangan Ketewel



Gambar 8. Lokasi *solar tree* Pesimpangan Pantai Purnama



Gambar 9. Lokasi *solar tree* Persimpangan Pantai Saba



Gambar 10. Lokasi *solar tree* Permata Pering



Gambar 11. Lokasi *solar tree* Persimpangan Masceti





Gambar 12. Lokasi solar tree Persimpangan Pantai Lebih



Gambar 13. Lokasi solar tree Persimpangan Pantai Siyut

Dengan demikian jumlah *Solar Tree* yang bisa terpasang adalah sebanyak 25 *solar tree*. Jika dilihat kembali kebutuhan total *Solar Tree* untuk jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra adalah sebanyak 102 unit *solar tree*, akan tetapi pemasangan *Solar Tree* hanya bisa dilakukan pada lahan atau lingkungan yang mendukung, dan kondisi yang lingkungan paling layak untuk di pasang *Solar Tree* adalah pada persimpangan. Sehingga untuk mengetahui berapa persen energi listrik yang dapat di hemat di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra

dengan menggunakan *Solar Tree* yang bisa terpasang, adalah dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Penghematan energi listrik} = \frac{\text{jumlah solar tree yang bisa terpasang}}{\text{jumlah solar tree yang seharusnya terpasang}} \times 100 \%$$

$$\text{Penghematan energi listrik} = \frac{25}{102} \times 100 \%$$

$$\text{Penghematan energi listrik} = 24,5 \%$$

Sehingga penghematan energi listrik untuk lampu penerangan jalan di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra dengan menggunakan *solar tree* adalah sebesar 24,5 %.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan analisa dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan.

1. Berdasarkan survey online diperoleh panel surya yang sesuai dengan berat teringan dan efisiensi terbesar yaitu panel surya tipe *Mono Full Screen* DHM-54X10/FS 390~420W dengan daya maksimal 420 watt, diperoleh hasil untuk 1 *solar tree* membutuhkan 4 buah panel surya dengan daya maksimal 1680 watt.
2. Diperoleh desain *solar tree* terbaik yang sesuai dengan kondisi jalan Prof. Dr. Ida Bagus Mantra yaitu desain Tedung dan Kayon yang masing-masing menggunakan 4 buah panel surya dalam 1 tiang.
3. Berdasarkan perhitungan jumlah *solar tree* dengan jumlah *solar tree* yang dapat dipasang, diperoleh presentase biaya listrik yang dapat dihemat untuk lampu penerangan jalan di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra adalah sebesar 24,5 %.

Saran berdasarkan penelitian yang dilakukan mengenai desain *solar tree* untuk lampu penerangan jalan di jalan *Bypass* Prof. Dr. Ida Bagus Mantra, yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *solar tree* sebagai inovasi baru dalam pemanfaatan energi baru terbarukan.

#### Daftar Pustaka

- Anggara, I. W. G. A., Kumara, I. N. S., & Giriantari, I. A. D. (2014). Studi Terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 Kw Di Universitas Udayana Bukit Jimbaran. *E-Journal SPEKTRUM* Vol. 1, No. 1, 1(1), 118–122
- Anggara, I. W. G. A., Kumara, I. N. S., & Giriantari, I. A. D. (2014). Studi Terhadap Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 1,9 Kw Di Universitas Udayana Bukit Jimbaran. *E-Journal SPEKTRUM* Vol. 1, No. 1, 1(1), 118–122.
- Anhar, W., Basri, B., Amin, M., Randis, R., & Sulisty, T. (2018). Perhitungan Lampu Penerangan Jalan Berbasis Solar System. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 4(1), 33-36.
- Avdic, V., Muminovic, A., Pervan, N., Tasic, P., & Zecevic, S. (2013). Implementation of the Project “Solar Tree” in Sarajevo. In *Green Design Conference* (pp. 8-12).

- Azis, L., Hasanuddin, S., & TEHNIK, J. (2020). Instalasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Pjuts) Di Universitas Muhammadiyah Makassar. *Digilibadmin.Unismuh.Ac.Id*, 1–58. [https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/11987-Full\\_Text.pdf](https://digilibadmin.unismuh.ac.id/upload/11987-Full_Text.pdf)
- Baci, A. B., Salmi, M., Menni, Y., Ghafourian, S., Sadeghzadeh, M., & Ghalandari, M. (2020). A new configuration of vertically connecting solar cells: solar tree. *International Journal of Photoenergy*, 2020.
- Bernardi, M., Ferraris, N., Wan, J. H., Villalon, R., & Grossman, J. C. (2012). Solar energy generation in three dimensions. *Energy & Environmental Science*, 5(5), 6880-6884.
- Chitra, K., Ahmed, K., Yadav, D., Passi, P., Sreedhar, D., & Madhan Gopal, M. E. (2019). Design and Implementation of a Solar Tree Structure for Efficient LED Street Lighting. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 8(6), 2453-2456.
- Gangwar, P., Kumar, N. M., Singh, A. K., Jayakumar, A., & Mathew, M. (2019). Solar photovoltaic tree and its end-of-life management using thermal and chemical treatments for material recovery. *Case Studies in Thermal Engineering*, 14, 100474.
- Gupta, S., & Gupta, M. (2015). The benefits and applications of Solar Tree with the natural beauty of Trees. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering (SSRG-IJEEE)-EFES April*.
- Hyder, F., Sudhakar, K., & Mamat, R. (2018). Solar PV tree design: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1079-1096.
- Kumar, B. S., & Sudhakar, K. (2015). Performance evaluation of 10 MW grid-connected solar photovoltaic power plant in India. *Energy reports*, 1, 184-192.
- Kumar, K. V., Kumar, G. A., & Reddy, G. A. K. (2014). Analyzing the results of the renewable energy sources of solar botanic trees using nano piezoelectric elements. *Caribbean Journal of Sciences and Technology (CJST)*, 2(01), 424-430.
- Pourderogar, H., Harasii, H., Alayi, R., Delbari, S. H., Sadeghzadeh, M., & Javaherbakhsh, A. R. (2020). Modeling and technical analysis of solar tracking system to find the optimal angle for maximum power generation using MOPSO algorithm. *Renewable Energy Research and Application*, 1(2), 211-222.
- Sanaha, D., Irzaman, I., & Mulatsih, S. (2020). Analisis Teknis dan Ekonomis Penerapan Lampu Penerangan Jalan Umum Panel Surya di Kota Sukabumi. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 10 (1), 77-88.
- Setiawan, I. W.H., Rinas, W., & Suartika, I. M. (2015). Analisis Teknis Dan Ekonomis Pengoperasian Penerangan Jalan Umum Menggunakan Solar cell Untuk Kebutuhan Penerangan Di Jalan By Pass I Gusti Ngurah Rai. *Jurnal SPEKTRUM*, 2(3), 123.
- Shukla, A. K., Sudhakar, K., & Baredar, P. (2016). Design, simulation, and economic analysis of standalone rooftop solar PV system in India. *Solar Energy*, 136, 437-449.
- Sugathan, V., John, E., & Sudhakar, K. (2015). Recent improvements in dye-sensitized solar cells: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 54-64.
- Verma, N. N., & Mazumder, S. (2014, November). An Investigation of solar trees for effective sunlight capture using monte carlo simulations of solar radiation transport.



In ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition (Vol. 46552, p. V08AT10A022). American Society of Mechanical Engineers.

Widyastuti, C., Suyanto, H., & Febrinini, DR (2015). ANALISA INTERKONEKSI SISTEM MENGGUNAKAN DlgSILENT (STUDI KASUS PLTU PULANG PISAU KALIMANTAN TENGAH). *Jurnal Ilmiah Sutet* , 5 (1), 24-31.