

**LAPORAN AKHIR TAHUN**

**PROGRAM INSINAS RISET PRATAMA INDIVIDU**



***Scale Up* Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Mandiri  
untuk Penerapan kepada Masyarakat di Pulau Bunaken**

**Tahun ke-2 dari rencana 3 tahun**

**TIM PENGUSUL**

Ketua : Dr. Meita Rumbayan, ST, M.Eng  
Anggota : Sherwin Sompie, ST, MT  
Dirko G.S Ruindungan, ST, M.Eng

**UNIVERSITAS SAM RATULANGI  
OKTOBER 2021**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR TAHUN  
PROGRAM INSINAS RISET PRATAMA

---

Judul Penelitian : Scale Up Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Mandiri untuk Penerapan Kepada Masyarakat di Pulau Bunaken

Bidang Program Insinas : Kemaritiman

Peneliti Utama/Ketua Peneliti :

a. Nama Lengkap : Dr. Eng Meita Rumbayan, ST, M.Eng

b. Alamat Surel : meitarumbayan@unsrat.ac.id

c. Nomor HP : 62-81241257171

Lembaga Pengusul

a. Nama Lembaga : Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Sam Ratulangi

b. Nama Pimpinan Lembaga : Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS

c. Alamat : Gedung LPPM Unsrat Kampus Unsrat Bahu Manado

d. Alamat surel : lppm@unsrat.ac.id

e. Telepon : 0431-827560

Lama penelitian keseluruhan : 3 tahun

Pelaksanaan Tahun ke- : 2

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 54.000.000

Mengetahui,  
Ketua LPPM Universitas Sam Ratulangi,



Prof. Dr. Ir. Charles L. Kaunang, MS

NIP : 195910181986031002

Manado, 25-10-2021  
Peneliti Utama/Ketua Peneliti,

Dr. Meita Rumbayan, ST, M.Eng

NIP: 197605192000032001

## RINGKASAN

Pulau Bunaken dipilih karena selain pulau ini merupakan tujuan pariwisata turis lokal dan mancanegara yang terletak di kawasan maritime Sulawesi Utara, pulau ini menghadapi krisis energi listrik dimana keterbatasan akses listrik tidak kontinu 24 jam. Selain itu ketergantungan sumber energi listrik di Pulau Bunaken terhadap bahan bakar diesel merupakan tantangan untuk diminimalkan penggunaannya dengan pertimbangan lingkungan.

Permasalahan infrastruktur energi yang berdampak pada ketahanan sosial dan penguatan ekonomi pesisir khususnya pada masyarakat kepulauan di Pulau Bunaken yang merupakan pulau tujuan pariwisata lokal dan mancanegara di wilayah daerah Sulawesi Utara perlu dicari solusinya. Sejalan dengan program Nawacita dan Rencana Induk Riset Nasional, maka riset mengenai teknologi ketahanan energi, diversifikasi energi dan penguatan komunitas sosial menjadi prioritas penting untuk dikaji.

Tujuan riset ini dibagi menjadi tiga tahap dengan target dan sasaran pencapaian per tahun sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan pada infrastruktur energi listrik yang berbasis energi baru terbarukan (EBT) beserta analisa potensi energi terbarukan yang tersedia di Pulau Bunaken di Sulawesi Utara. Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) yang direncanakan pada tingkat 4 berfokus pada pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet on Things* pada tahun I (2020).

2. Melakukan pengujian model sistem infrastruktur energi kelistrikan berbasis pemanfaatan energi terbarukan (EBT) yang tersedia secara lokal bagi masyarakat di Pulau Bunaken. Pengujian model teknologi tepat guna yang berbasis EBT dilakukan berupa penerapan pilot plant solar tracking pembangkit listrik tenaga surya sistem mandiri dan uji pada lingkungan yang sebenarnya di Pulau Bunaken (tahun 2021).

Luaran yang direncanakan dan sudah terlaksana adalah publikasi pada seminar internasional ULICOSTE 2020 dengan judul artikel ilmiah "*Model of Solar Energy Utilization in Bunaken Island Communities for Tourism Spot*", publikasi kegiatan penerapan melalui video Youtube, Sertifikat HKI Program Komputer "*Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Web*". Luaran berupa produk Teknologi Tepat Guna Lampu dan Pompa Air Tenaga Surya di 3 lokasi (fasilitas umum) pada tahap penerapan pada masyarakat di pulau Bunaken.

## **PRAKATA**

Puji Syukur kepada Tuhan yang Maha Kuasa untuk kesempatan yang diberikan dalam melaksanakan riset Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional ini. Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga laporan kemajuan riset INSINAS Pratama Individu dengan judul “Scale Up Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Mandiri untuk Penerapan kepada Masyarakat di Pulau Bunaken ” bisa diselesaikan.

Secara khusus, penulis memberikan apresiasi kepada Ketua dan Sekretaris LPPM Unsrat dan staff LPPM Unsrat yang telah membantu dan memberi masukan yang berarti sehingga laporan ini bisa dibuat dan dimasukkan sebagai salah satu kelengkapan proses pelaksanaan Riset INSINAS. Juga bagi para reviewer INSINAS dan staf administrasi di BRIN yang telah mendukung dan mengarahkan pelaksanaan riset INSINAS tahun II sehingga luaran-luaran riset bisa terlaksana dengan baik.

Besar harapan kami sebagai periset, kiranya hasil inovasi dan penelitian yang sudah dilaksanakan dapat dikembangkan dan dimanfaatkan untuk masyarakat.

**Manado, Oktober 2021**

**Tim Pelaksana**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	
<b>RINGKASAN</b>	<b>i</b>
<b>PRAKATA</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>vi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
<b>BAB 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN</b>	<b>3</b>
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b>	<b>6</b>
<b>BAB 4. HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI</b>	<b>11</b>
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>15</b>
<b>REFERENSI</b>	<b>16</b>
<b>LAMPIRAN (bukti luaran yang didapatkan)</b>	<b>18</b>
<b>- Artikel ilmiah (draft, status submission atau reprint), dll.</b>	
<b>- HKI, publikasi dan produk penelitian lainnya</b>	

## DAFTAR TABEL

**Tabel 1. Luaran yang sudah dicapai pada riset tahun ke-2**

**11**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. Peta Pulau Bunaken di Wilayah Maritim Sulawesi Utara</b>	<b>1</b>
<b>Gambar 2. Model “Expandable Cluster Oriented Network”</b>	<b>7</b>
<b>Gambar 3. Peta rencana riset yang diusulkan beserta target output per tahun</b>	<b>4</b>
<b>Gambar 4. Bagan alir metode riset</b>	<b>8</b>
<b>Gambar 5. Pelaksanaan riset yang telah dilakukan proses dan capaiannya</b>	<b>9</b>
<b>Gambar 6. Lokasi pengujian alat monitoring panel surya berbasis web di Pulau Bunaken</b>	<b>10</b>
<b>Gambar 7. Cuplikan layar hasil pencatatan data monitoring panel surya berbasis web</b>	<b>11</b>
<b>Gambar 8. Produk Alat Monitoring Panel Surya</b>	<b>12</b>
<b>Gambar 9. Penerapan TTG berupa lampu dan alat cuci tangan</b>	<b>13</b>
<b>Gambar 10. Luaran Riset berupa Sertifikat HKI Hak Cipta</b>	<b>14</b>
<b>Gambar 11. Bukti Sertifikat Presentasi Artikel Ilmiah di International Energy Conference ASTECHNOVA 2021</b>	<b>15</b>
<b>Gambar 12. Proses Publikasi dan Review Artikel Ilmiah di International Energy Conference ASTECHNOVA 2021</b>	
<b>Gambar 13. Letter of Acceptance Publikasi di International Energy Conference 2021</b>	
<b>Gambar 14. Cuplikan layar hasil pencatatan data monitoring panel surya berbasis web</b>	

## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1. Artikel Ilmiah**

**Lampiran 2. Setifikat HKI**

**Lampiran 3. Produk sistem solar tracking dan monitoring berbasis web**

**Lampiran 4. Publikasi Kegiatan Video Penerapan TTG pada masyarakat di Pulau Bunaken**



# BAB 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar belakang

Karakteristik negara Indonesia yang berpenduduk banyak dan keadaan geografis yang terdiri dari berbagai pulau besar dan kecil memerlukan penanganan khusus dalam hal menghadapi masalah energi. Ketergantungan terhadap pasokan bahan bakar fosil dari pulau ke pulau yang memiliki biaya transportasi yang tinggi dan menghasilkan gas rumah kaca perlu diminimalkan. Untuk itulah pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif untuk ketahanan energi perlu dibahas dan dikaji.

Ketahanan energi adalah keadaan suatu kawasan yang bisa memenuhi kebutuhan energinya secara mandiri baik dalam bentuk energi bahan bakar primer atau energi kelistrikan. Ketahanan energi dianggap penting karena energi merupakan komponen penting dalam produksi barang dan jasa.

Infrastruktur energi yang berbasis energi terbarukan dan tersedia secara lokal bagi masyarakat kepulauan perlu dikembangkan dan dikaji. Pulau Bunaken dipilih menjadi lokasi untuk dikaji kondisi eksisting, pemodelan dan pengembangan infrastuktur energi karena kekhususannya yang terletak di kawasan pariwisata internasional dan nasional di wilayah maritim Sulawesi Utara Indonesia. Peta Pulau Bunaken dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Pulau Bunaken di Wilayah Maritim Sulawesi Utara

Pulau Bunaken dipilih karena selain pulau ini merupakan tujuan pariwisata turis lokal dan mancanegara, pulau ini menghadapi krisis energi listrik dimana keterbatasan akses listrik tidak kontinu 24 jam. Selain itu ketergantungan sumber energi listrik di Pulau Bunaken terhadap bahan bakar diesel merupakan tantangan untuk diminimalkan penggunaannya dengan pertimbangan lingkungan.

Permasalahan infrastruktur energi yang berdampak pada ketahanan sosial dan penguatan ekonomi pesisir khususnya pada masyarakat kepulauan di Pulau Bunaken yang merupakan pulau tujuan pariwisata lokal dan mancanegara di wilayah daerah Sulawesi Utara perlu dicari solusinya. Sejalan dengan program Nawacita dan Rencana Induk Riset Nasional, maka riset mengenai teknologi ketahanan energi, diversifikasi energi dan penguatan komunitas sosial menjadi prioritas penting untuk dikaji.

Karakteristik negara Indonesia yang berpenduduk banyak dan keadaan geografis yang terdiri dari berbagai pulau besar dan kecil memerlukan penanganan khusus dalam hal menghadapi masalah energi. Ketergantungan terhadap pasokan bahan bakar fosil dari pulau ke pulau yang memiliki biaya transportasi yang tinggi dan menghasilkan gas rumah kaca perlu diminimalkan. Untuk itulah pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi alternatif untuk ketahanan energi perlu dibahas dan dikaji.

*Sustainable Development Goals* atau dikenal dengan tujuan pembangunan berkelanjutan menjadi perhatian dunia dalam pelaksanaan program secara global dengan pertimbangan lokal. Fokus tema penelitian ini yaitu kemaritiman dalam lingkup pulau-pulau dan masyarakat pesisir yang menjadi sasaran penerapan inovasi dan teknologi pembangkitan tenaga listrik yang berbasis energi terbarukan.

Berdasarkan kunjungan lapangan dan wawancara ke penduduk di Pulau Bunaken, terungkap bahwa adanya masalah keterbatasan pasokan listrik di pulau tersebut listrik tidak menyala 24 jam, namun terbatas pada sore hingga malam hari. Hal ini disebabkan karena ketergantungan terhadap pasokan listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang mengoperasikan pembangkit listrik tenaga diesel yang berbiaya operasional mahal.

## **BAB 2.**

### **TUJUAN DAN MANFAAT**

#### **2.1 Tujuan riset**

Tujuan riset ini dibagi menjadi tiga tahap dengan target dan sasaran pencapaian per tahun sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan pada infrastruktur energi listrik yang berbasis energi baru terbarukan (EBT) beserta analisa potensi energi terbarukan yang tersedia di Pulau Bunaken di Sulawesi Utara.

Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) yang direncanakan pada tingkat 4 berfokus pada pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet on Things* pada tahun I (2020).

2. Melakukan pengujian model sistem infrastruktur energi kelistrikan berbasis pemanfaatan energi terbarukan (EBT) yang tersedia secara lokal bagi masyarakat di Pulau Bunaken. Pengujian model teknologi tepat guna yang berbasis EBT sudah dilakukan berupa penerapan *pilot plant* dan uji pada lingkungan yang sebenarnya di Pulau Bunaken.

Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) yang direncanakan pada tingkat 5 sebagai pengujian prototipe pada lingkungan yang sebenarnya yaitu penerapan pada masyarakat Bunaken berfokus pada pengembangan sistem *solar tracking* (tahun 2021).

3. Pengembangan *Science Techno Park* berbasis Energi Terbarukan yang dapat diterapkan untuk masyarakat di Pulau Bunaken untuk mendukung pariwisata.

Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) yang direncanakan pada tingkat 6 sebagai pengujian prototipe pada lingkungan yang sebenarnya yaitu penerapan pada masyarakat Bunaken berfokus pada pengembangan sistem *Science Techno Park* (tahun 2022).

Pentingnya penerapan teknologi pembangkitan energi listrik berbasis energi terbarukan pada masyarakat kepulauan merupakan sasaran penelitian yang berguna untuk pengambil keputusan kebijakan energi.

Penelitian ini bermanfaat untuk bahan kajian dan rekomendasi lebih lanjut pengembangan teknologi energi yang mendukung pemanfaatan potensi energi terbarukan untuk pengembangan infrastruktur kelistrikan di pulau Bunaken dengan berfokus pada pengembangan sistem monitoring pembangkit listrik tenaga surya mandiri (*off-grid*) berbasis *Internet on Things* (tahun I) sistem *solar tracking* (tahun II), dan sistem *Science Techno Park* (tahun III).

### **BAB 3.**

## **METODE PENELITIAN**

Pembahasan bab ini terdiri dari beberapa bagian yaitu telaah literatur, tahap riset, dan metode penelitian.

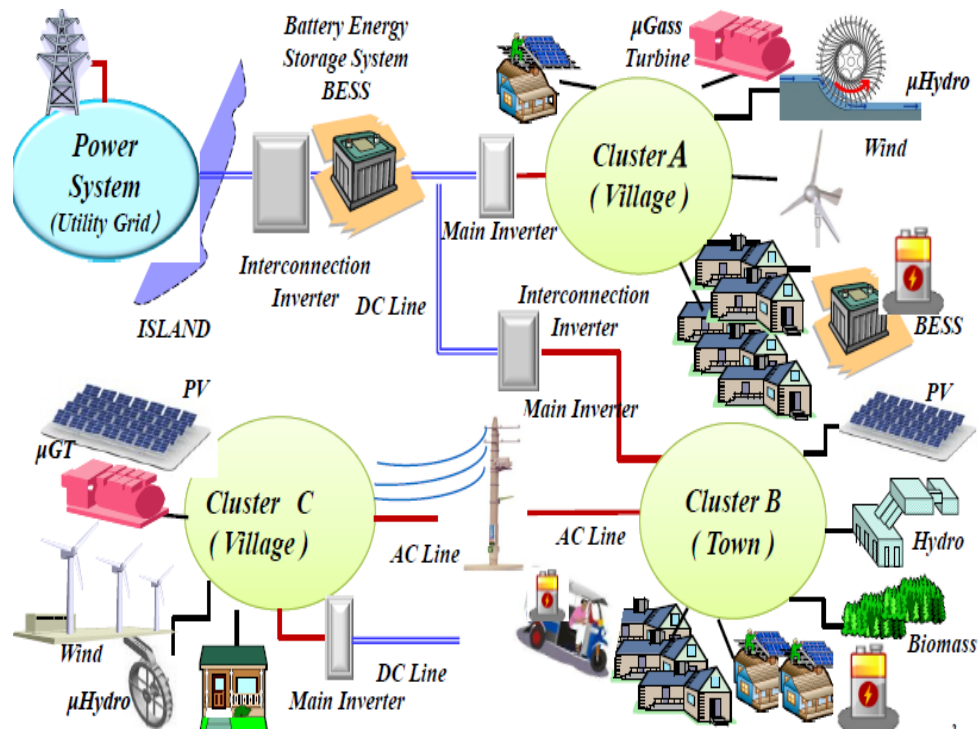
### **2. 1 Telaah Literatur**

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Rumbayan dan Nagasaka (2010), pemanfaatan teknologi sel surya di daerah terpencil di Indonesia dalam jangka panjang bisa menjadi lebih murah dibandingkan dengan bensin untuk pembangkit listrik karena biaya yang tinggi dalam transportasi. Namun penerapan teknologi energi terbarukan yang sangat kompleks dan padat modal memerlukan pemodelan sistem sebagai kajian awal.

Kajian teknis dan ekonomis dari penerapan sistem teknologi energi terbarukan di beberapa negara seperti India (Kolhe dkk, 2002), Saudi Arabia (Shaahid dan Amin, 2009), Palestina (Mahmoud dan Ibrik, 2006), Spain (Bernal dan Lopez, 2006) diulas pada beberapa literatur. Analisis suatu sistem teknologi energi terbarukan bersifat spesifik bergantung pada lokasi penerapan teknologi energi terbarukan, maka penelitian ini menangkap peluang analisis untuk melakukan kajian teknis dan ekonomis di Indonesia, khususnya dengan studi kasus pulau-pulau kecil di Sulawesi Utara.

Penerapan sistem teknologi energi terbarukan bergantung pada parameter seperti populasi, konsumsi dan jarak distribusi. Sistem dapat dikaji untuk potensi radiasi dan variasi beban konsumen dan kondisi sosio demografi berdasarkan aplikasi studi kasus pada lokasi penerapan teknologi energi terbarukan (Drennen dkk, 1996).

Konsep “*Expandable Cluster-Oriented Network*” (Gambar 3) yang dikembangkan oleh pakar di Environmental and Energy Engineering Research telah menjadi proyek contoh diterapkan di Jepang (Konayagi dkk. 2010). Model ini akan dikaji penerapannya untuk lokasi pulau-pulau kecil di Indonesia berdasarkan kajian teknis dan ekonomis sehingga bisa diadopsi penerapannya berdasarkan kondisi eksisting wilayah Indonesia, keadaan masyarakat dan potensi energi yang tersedia secara lokal.



Gambar 2. Model “Expandable Cluster Oriented Network”

(Sumber : Yokoyama, R, 2010)

## 2.2 Tingkat Kesiapterapan Teknologi (TKT) hasil riset dan pengembangan

Tingkat kesiapterapan Teknologi (TKT) hasil riset dan pengembangan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan pada infrastuktur energi listrik yang berbasis energi baru terbarukan (EBT) beserta analisa potensi energi terbarukan yang tersedia di Pulau Bunaken di Sulawesi Utara.

Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) yang direncanakan pada tingkat 4 berfokus pada pengembangan sistem monitoring berbasis *Internet on Things* pada tahun I (2020).

2. Melakukan pengujian model sistem infrastuktur energi kelistrikan berbasis pemanfaatan energi terbarukan (EBT) yang tersedia secara lokal bagi masyarakat di Pulau Bunaken. Pengujian model teknologi tepat guna yang berbasis EBT sudah dilakukan berupa penerapan *pilot plant* dan uji pada lingkungan yang sebenarnya di Pulau Bunaken.

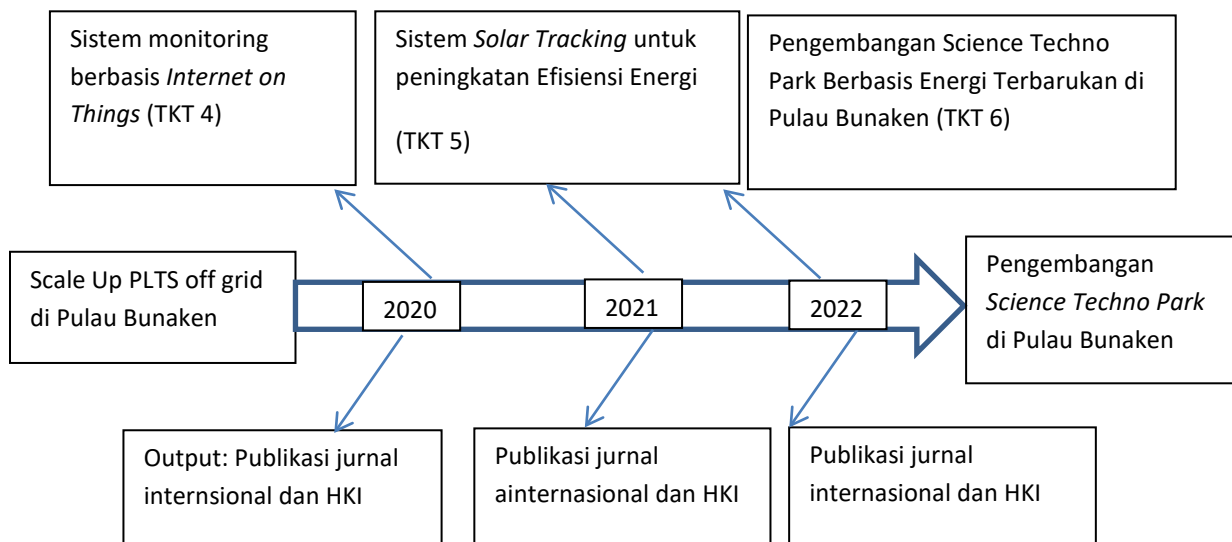
Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) yang direncanakan pada tingkat 5 sebagai pengujian prototipe pada lingkungan yang sebenarnya yaitu penerapan pada masyarakat Bunaken berfokus pada pengembangan sistem *solar tracking* (tahun 2021).

3. Pengembangan *Science Techno Park* berbasis Energi Terbarukan yang dapat diterapkan untuk masyarakat di Pulau Bunaken untuk mendukung pariwisata.

Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT) yang direncanakan pada tingkat 6 sebagai pengujian prototipe pada lingkungan yang sebenarnya yaitu penerapan pada masyarakat Bunaken berfokus pada pengembangan sistem *Science Techno Park* (tahun 2022).

### 2.3 Peta Rencana Pengembangan Teknologi menurut TKT

Peta rencana pengembangan teknologi menurut TKT beserta luaran/ output per tahun diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta rencana riset yang diusulkan beserta target output per tahun

Energi surya mendapatkan fokus sebagai sarana penting untuk menerapkan penggunaan energi terbarukan pada masyarakat pesisir di wilayah maritim dan daerah kepulauan. Salah satu sumber energi terbarukan adalah energi matahari yang saat ini banyak digunakan untuk menjadi sumber energi listrik melalui perangkat panel surya dalam suatu sistem pembangkit listrik tenaga surya yang mandiri (*off grid*).

Penggunaan panel surya di Indonesia sudah mulai berkembang, ini adalah sesuatu yang bermanfaat positif bahwa masyarakat Indonesia mulai beralih ke energi yang ramah lingkungan dan terbarukan. Banyak rumah di seluruh dunia menggunakan PLTS sistem mandiri (*off grid*) baik di perkotaan maupun di pedesaan. Ini karena energi matahari adalah sumber daya energi

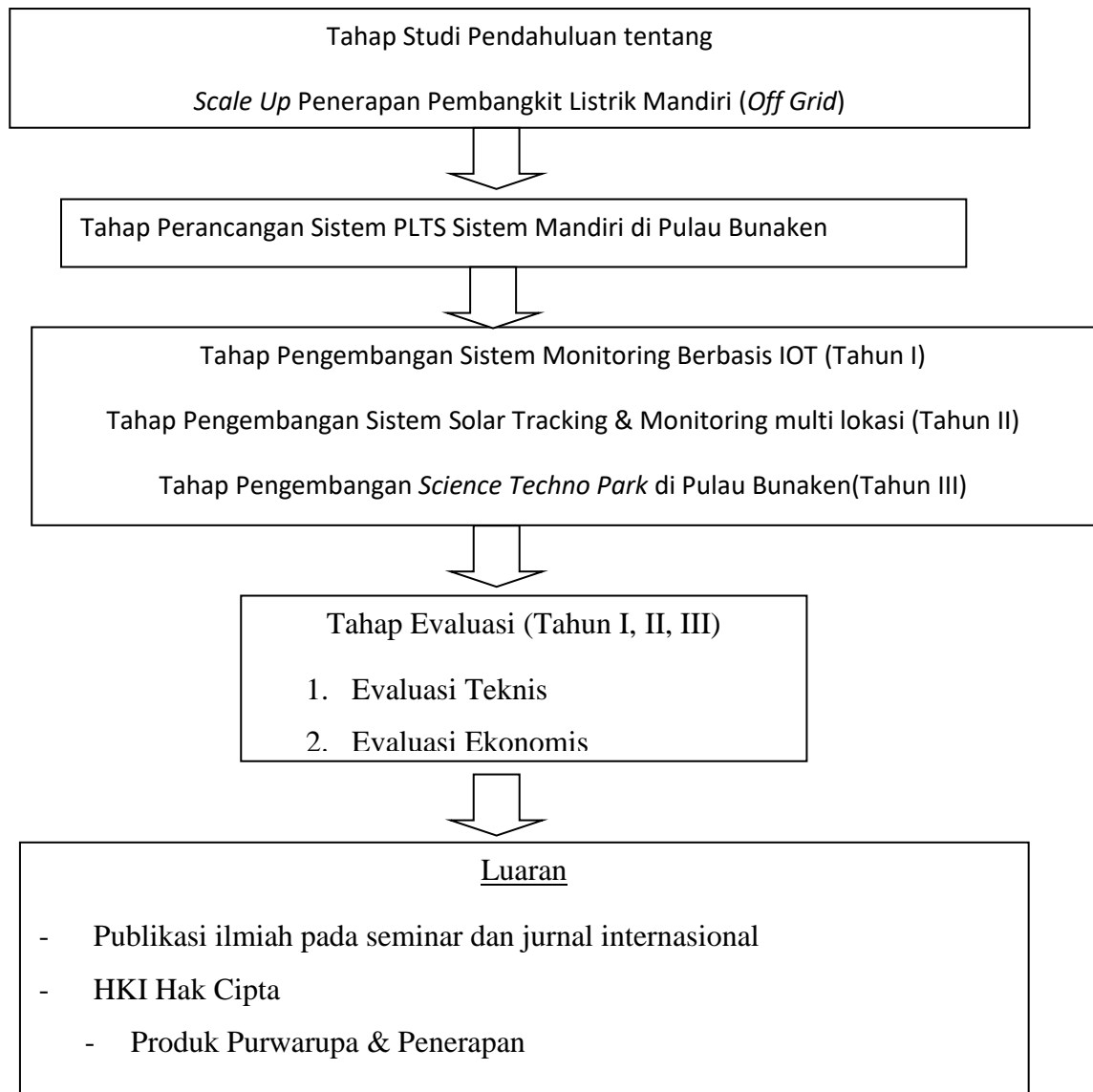
yang tidak terbatas, terbarukan dan ramah lingkungan untuk menyediakan listrik kepada pengguna. Energi terbarukan menjadi solusi untuk masalah energi yang terjadi di dunia khususnya untuk masyarakat pesisir di daerah kepulauan yang terbatas akses listrik dengan jaringan.

Manfaat kegiatan riset yang dilakukan adalah memberikan solusi terhadap permasalahan infrastruktur energi kelistrikan pada masyarakat kepulauan terutama pulau kecil yang terletak di wilayah maritim Indonesia. Riset ini merupakan *scale up*/peningkatan dari riset yang dikembangkan berkelanjutan melalui adopsi teknologi dan uji lapangan (*pilot plant*) teknologi energi terbarukan skala kecil dan mandiri di Pulau Bunaken.

Riset pada tahun kedua ini menjadi pengembangan sistem monitoring panel surya berbasis web menggunakan Internet on Things (IoT) sebagai model sistem infrastruktur energi kelistrikan berbasis pemanfaatan teknologi energi terbarukan pada masyarakat kepulauan di wilayah maritime Sulawesi Utara Indonesia dengan studi kasus dan studi lapangan berupa penerapan di Pulau Bunaken.

## 2.4 Metode Penelitian

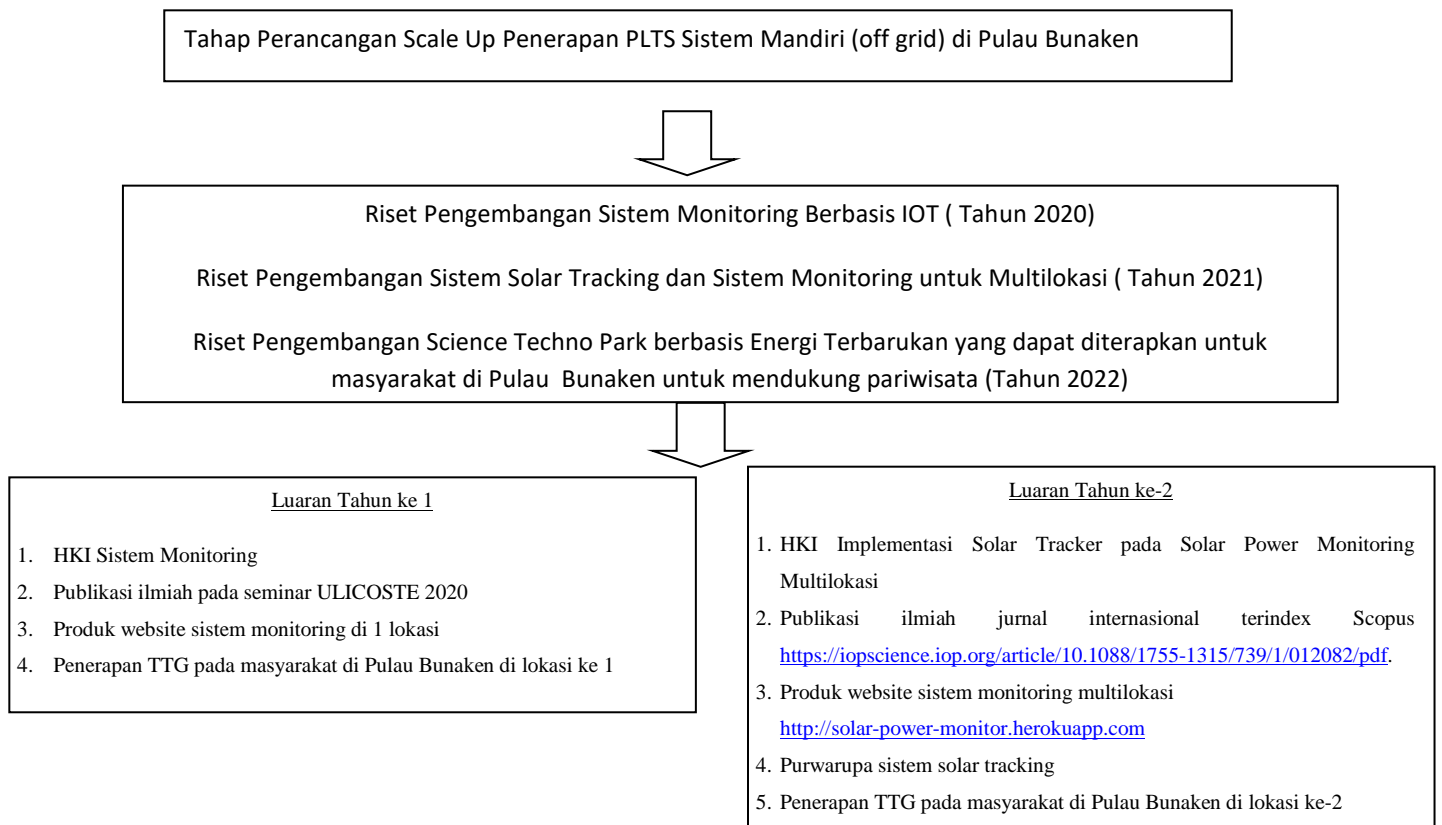
Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahap seperti yang ditunjukkan pada blok diagram alir penelitian di Gambar 4.



**Gambar 4. Bagan alir metode riset**

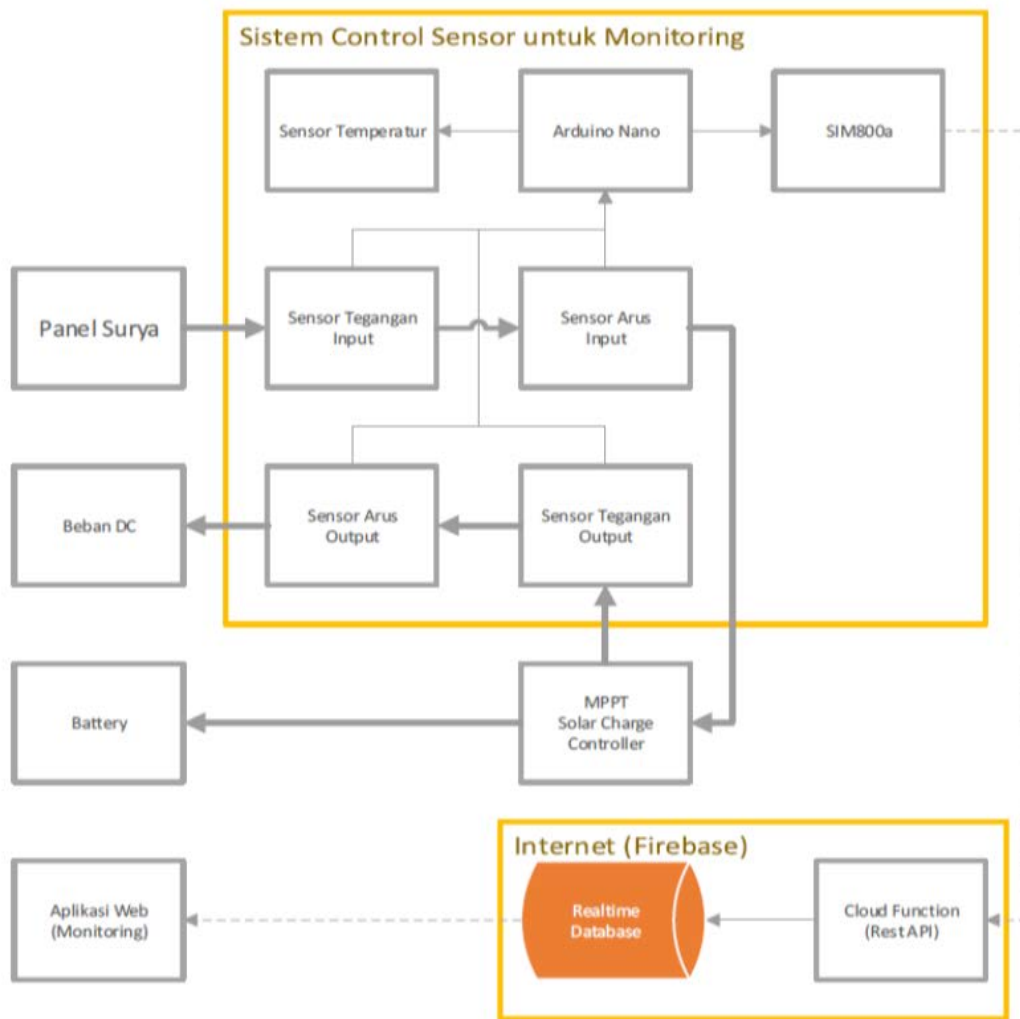


Pelaksanaan riset yang telah dilakukan proses dan capaiannya adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Pelaksanaan riset yang telah dilakukan proses dan capaiannya

Rancangan konsep sistem monitoring dari penerapan PLTS berbasis *internet of things* seperti pada Gambar 6.

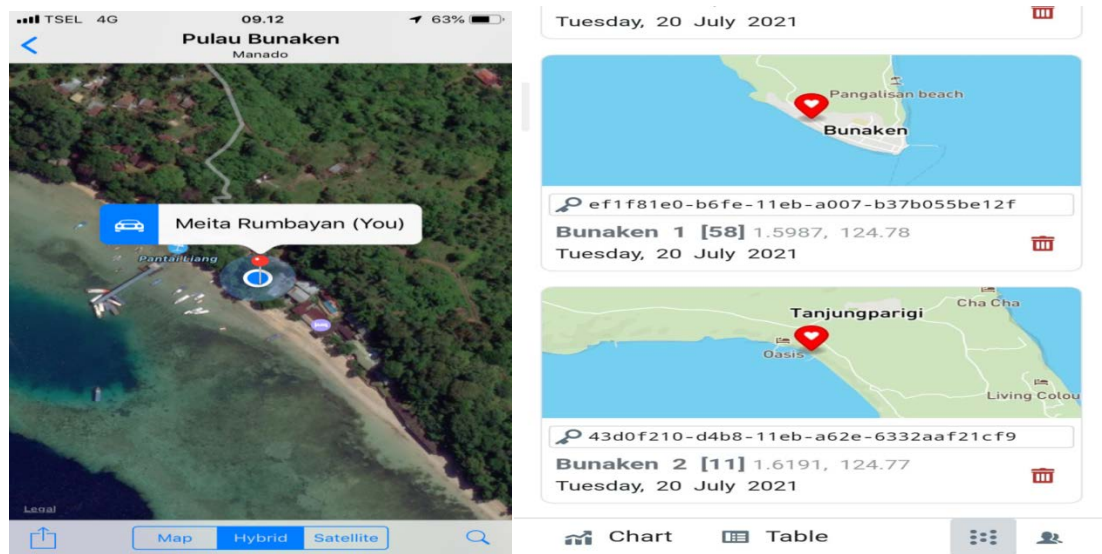


Gambar 6. Skema Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Web di multi lokasi yang dikembangkan dalam riset tahun kedua ini

Sistem monitoring panel surya portabel berbasis web ini dirancang untuk melakukan pencatatan data dari panel surya portabel yang terintegrasi dengan sistem monitoring. Tujuan sistem ini mengumpulkan data mulai dari data arus dan tegangan yang dihasilkan atau disimpan sampai pada data arus dan tegangan yang digunakan, yang terukur langsung dari lokasi perangkat panel surya portable itu ditempatkan melalui jaringan telephone (GPRS). Jadi dengan sistem monitoring ini, pengguna bisa langsung dapat mengamati data dari perangkat dimana saja kapan saja dengan hanya mengakses link ke aplikasi melalui browser. Perangkat tersebut bisa berupa Smartphone, Laptop, Smartwatch, dan lain-lain yang memiliki peramban. Secara lebih

luas resource perangkat IoT dapat dintegrasikan atau digabungkan dengan perangkat IoT lainnya ke dalam sebuah aplikasi. Hal tersebut dilakukan dengan terlebih dahulu mengekspos perangkat IoT ke World Wide Web.

Pengujian prototype sistem monitoring panel surya berbasis web dilakukan pada lingkungan sebenarnya di Pulau Bunaken seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Lokasi pengujian dilakukan di pulau Bunaken sebagai pulau kecil wilayah maritim daerah Sulawesi Utara yang berjarak 1 jam dari kota Manado.



Gambar 7. Lokasi pengujian alat monitoring panel surya berbasis web di Pulau Bunaken

Luaran yang dihasilkan pada riset tahun ke-2 ini juga berupa Purwarupa /Prototype Solar Tracking dan Sistem Monitoring PLTS Sistem Mandiri seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain dan Purwarupa Solar Tracking sebagai Luaran Riset

Cahaya yang di pancarkan matahari, diterima oleh dua sensor cahaya yang di pasang pada plant di kiri dan kanan. Kemudian cahaya tersebut di ubah ke sinyal digital untuk di proses pada Arduino. Lalu motor menerima instruksi dari Arduino untuk mempengaruhi arah posisi panel dengan kondisi yang telah ditentukan, jika sensor kiri membaca cahaya lebih besar dari sensor kanan maka, motor akan berputar ke kiri begitu pula sebaliknya, jika sensor kanan membaca cahaya lebih besar dari kiri maka, motor akan berputar ke arah kanan. Jika cahaya yang diterima seimbang kiri dan kanan maka motor akan berhenti.

**BAB 4.**  
**HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI**

Hasil dan luaran yang sudah dicapai pada riset tahun ke-2 ini ditampilkan pada Tabel 1& Tabel 2.

Tabel 1. Luaran Riset Tahun ke-2

Luaran	Status		
	Draft	Submit/Review	Accepted/Publish
Jurnal Nasional	-	-	-
Jurnal Internasional	-	-	2
Paten	-	-	HKI
Prototipe	Lab	Scale Up	Sebenarnya

Tabel 2. Detail Luaran yang sudah dicapai pada riset tahun ke-2

No	Capaian Luaran	Status
1.	Publikasi artikel ilmiah dengan judul “ <i>Model of Solar Energy Utilization in Bunaken Island Communities for Tourism Spot</i> ” di Seminar Internasional ULICOSTE 2020. <a href="https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/739/1/012082">https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/739/1/012082</a>	Published
2.	Publikasi artikel ilmiah dengan judul “Design of Photovoltaics Stand-Alone System for a Residential Load in Bunaken Island ” di The International Energy Conference <a href="https://astechnova.ugm.ac.id">https://astechnova.ugm.ac.id</a> 2021	Accepted
3.	HKI Program Komputer “Implementasi Solar Tracker pada Solar Power Monitor di Multilokasi”	Granted
4.	Produk : Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Web di Multilokasi <a href="http://solar-power-monitor.herokuapp.com">http://solar-power-monitor.herokuapp.com</a>	Produk
5.	Teknologi Tepat Guna Lampu dan Pompa Air Tenaga Surya di 2 lokasi di Pulau Bunaken (fasilitas umum)	Penerapan

Luaran produk inovasi yang berupa pembangkit listrik tenaga surya sistem mandiri rooftop kapasitas 2 x 100 Wp yang mentenagai lampu penerangan dan pompa air sebagai *pilot*

*plant* untuk dimanfaatkan masyarakat pada 2 lokasi sebagai fasilitas umum di pulau Bunaken. Pengujian sistem monitoring pada lingkungan sebenarnya di Pulau Bunaken dapat dilihat pada publikasi video kegiatan di Youtube dengan tautan <https://www.youtube.com/watch?v=3R-QvdhLwfc>.

Luaran lainnya adalah sertifikat HKI dengan judul “Implementasi Solar Tracker pada Solar Power Monitor di Multilokasi” diperlihatkan pada Gambar 9.

**REPUBLIC INDONESIA**  
**KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA**

## SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	: EC00202134409, 22 Juli 2021
<b>Pencipta</b>	
Nama	: <b>Dr. Eng. Meita Rumbayan, ST, M.Eng dan Imanuel Efrat Pujiko Pundoko</b>
Alamat	: Crystal Park 3 No.7, Citraland., Manado, SULAWESI UTARA, 95612
Kewarganegaraan	: Indonesia
<b>Pemegang Hak Cipta</b>	
Nama	: <b>Sentra Kekayaan Intelektual Universitas Sam Ratulangi</b>
Alamat	: Gd.LPPM Lt-1, Jln. Kampus Unsrat, Manado, Sulawesi Utara, Manado, SULAWESI UTARA, 95115
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: <b>Program Komputer</b>
Judul Ciptaan	: <b>Implementasi Solar Tracker Pada Solar Power Monitor Multilocation</b>
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 22 Juli 2021, di Manado
Jangka waktu perlindungan	: Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.
Nomor pencatatan	: 000261166

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

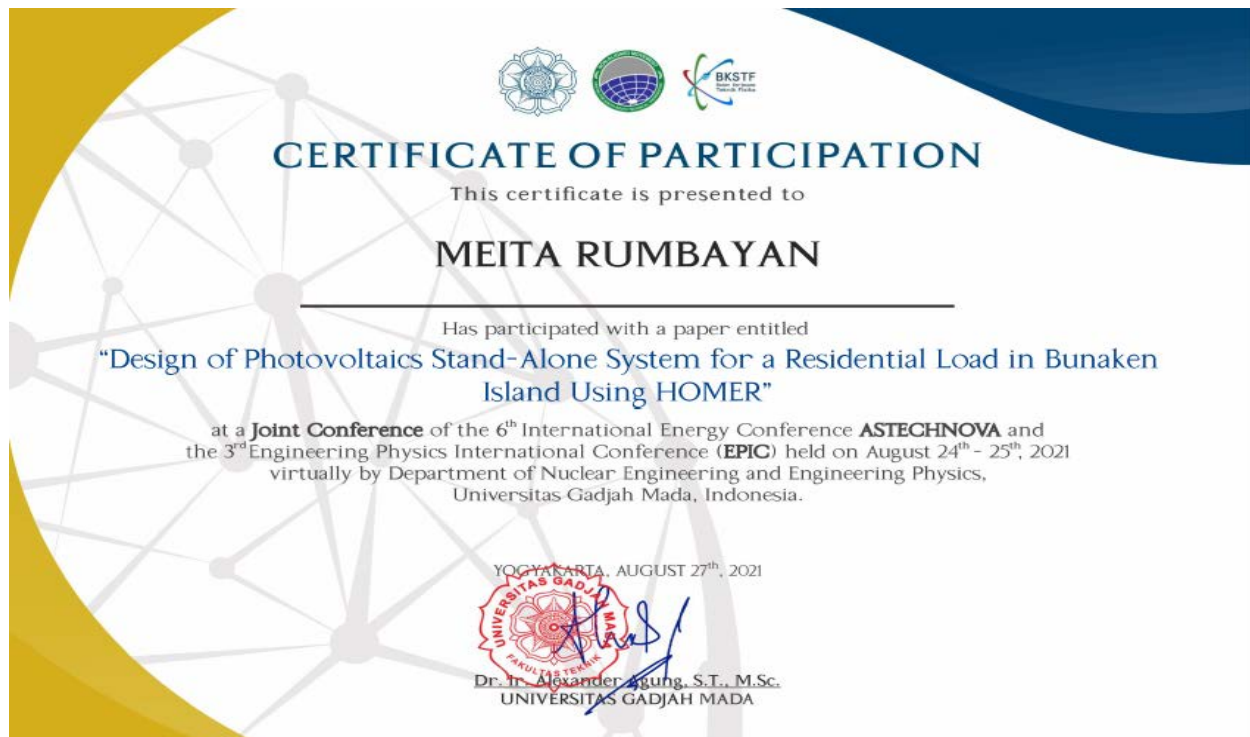
  
Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001



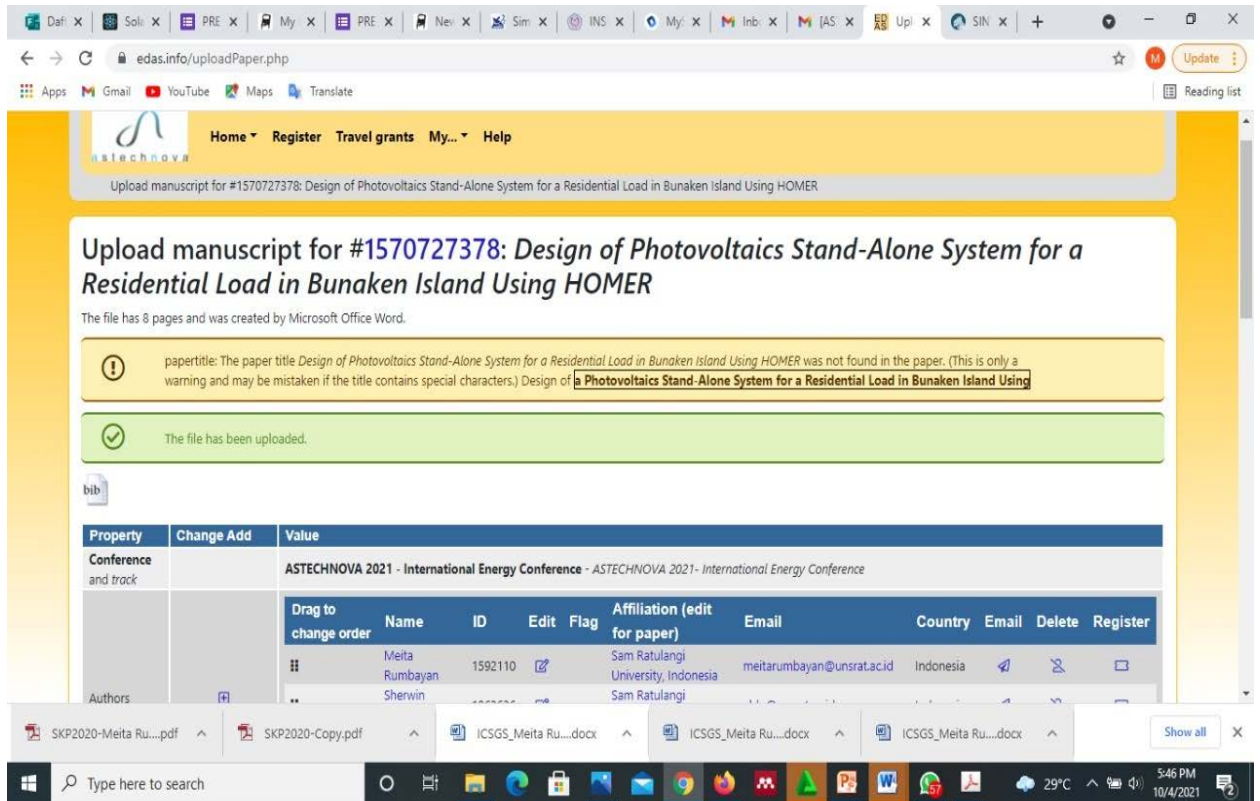
Gambar 10. Luaran Riset berupa Sertifikat HKI Hak Cipta

Publikasi riset internasional di jurnal energi terbaru mengenai hasil riset dengan studi kasus di Pulau Bunaken berjumlah 2 artikel. Publikasi pertama artikel ilmiah sudah terbit melalui international Conference IOP yang terindeks Scopus (Lampiran 1).

Publikasi ke-2 dengan judul artikel ilmiah “Design of Photovoltaics Stand-Alone System for A Residential Load in Bunaken Island Using HOMER” sudah dipresentasikan di 6<sup>th</sup> International Energy Conference ASTECHNOVA yang diselenggarakan oleh UGM dan artikel dalam proses submitted dan review untuk dipublikasikan pada jurnal terindeks Scopus IOP.



Gambar 11. Bukti Sertifikat Presentasi Artikel Ilmiah di International Energy Conference ASTECHNOVA 2021



Gambar 12. Proses Publikasi dan Review Artikel Ilmiah di International Energy Conference ASTEchnova 2021

Bukti Letter of Acceptance (LOA) pemasukan artikel ilmiah full paper pada tahap revisi final ditunjukkan pada Gambar 10. Artikel ilmiah yang dipublikasikan di IOP Conference Proceeding yang terindeks Scopus terlampir di Lampiran.



Number : 1955/Astech/IX/2021  
Subject : **Acceptance Letter for Full Paper Submission**  
Encl : Review Results, Grammatical Check, and Similarity Check

Dear Mr/Mrs/Ms Meita Rumbayan :

Congratulations - your full paper submission #1570727378 ('Design of Photovoltaics Stand-Alone System for a Residential Load in Bunaken Island Using HOMER') for ASTECHNOVA 2021 has been **ACCEPTED with Minor Revision**. Please remember these important dates:

- **15 September 2021** : Deadline for Revised Full Paper (Camera Ready).  
Please upload your final file in **word format** in the **Final Camera Ready** EDAS section.
- **16 September-15 October 2021** : Editorial check, Additional Review (If Necessary) and Final Revision

Please revise your manuscript accordingly based on reviewers' and editors' suggestions before 15 September 2021. When the final manuscript is ready, it will be submitted to proceedings in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES)* on. During your full paper manuscript preparation, please pay attention with IOP Author Guidelines and IOP Proceeding Licence as written in these links below:  
<https://publishingsupport.iopscience.iop.org/author-guidelines-for-conference-proceedings/>  
<https://publishingsupport.iopscience.iop.org/questions/iop-proceedings-licence/>

We appreciate your participation in ASTECHNOVA 2021. If you have further queries or requests, such as asking to extend a revision time, please do not hesitate to contact us at [astechnova@ugm.ac.id](mailto:astechnova@ugm.ac.id).

Yours sincerely,

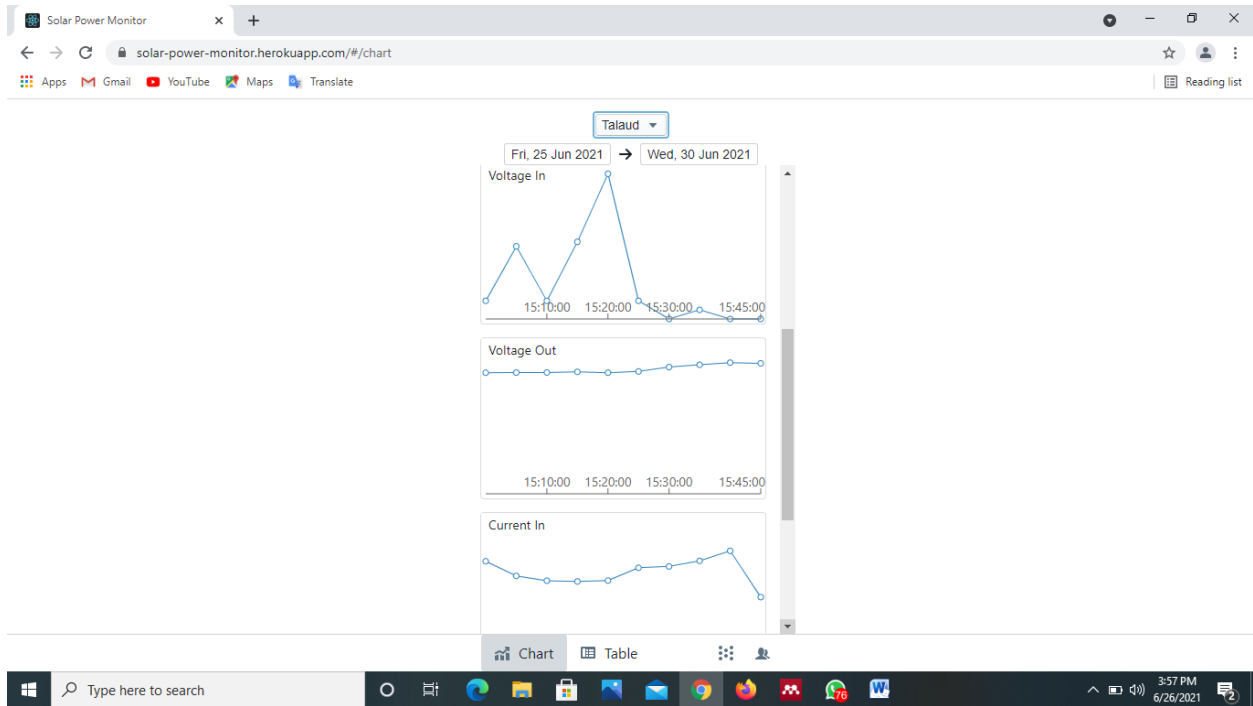
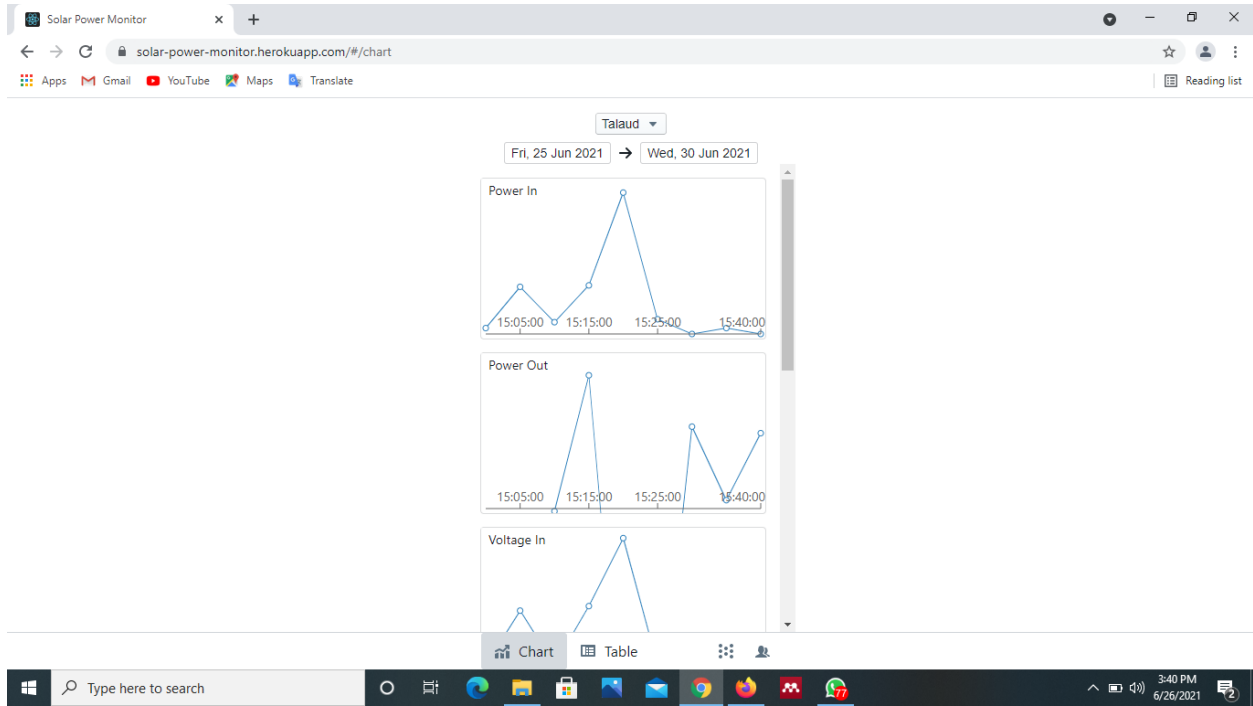


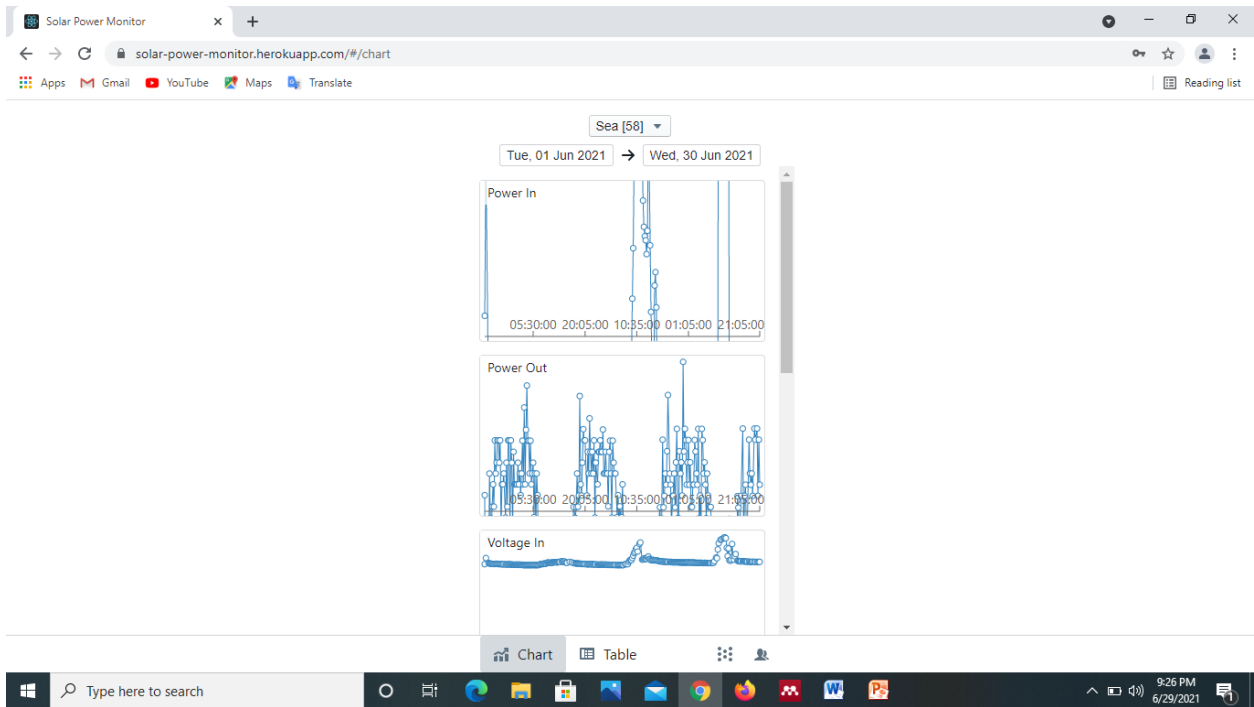
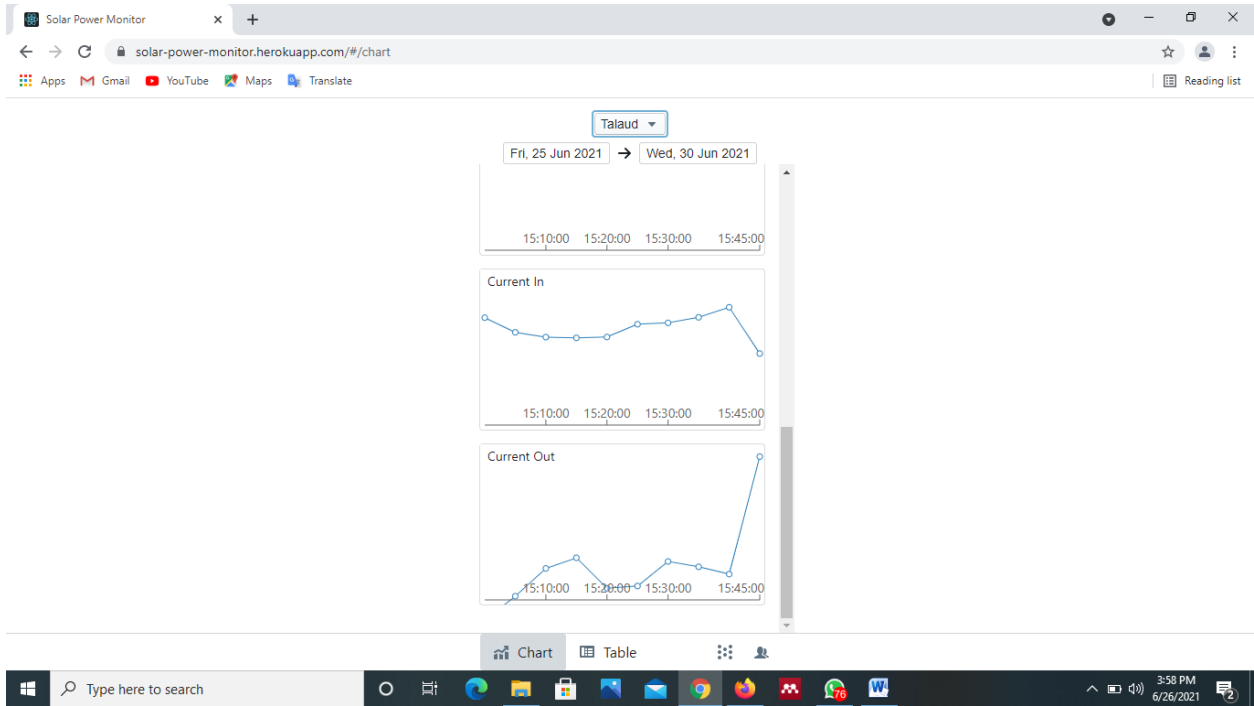
Dr. Nur Abdillah Siddiq, S.T.  
Organizing Committee

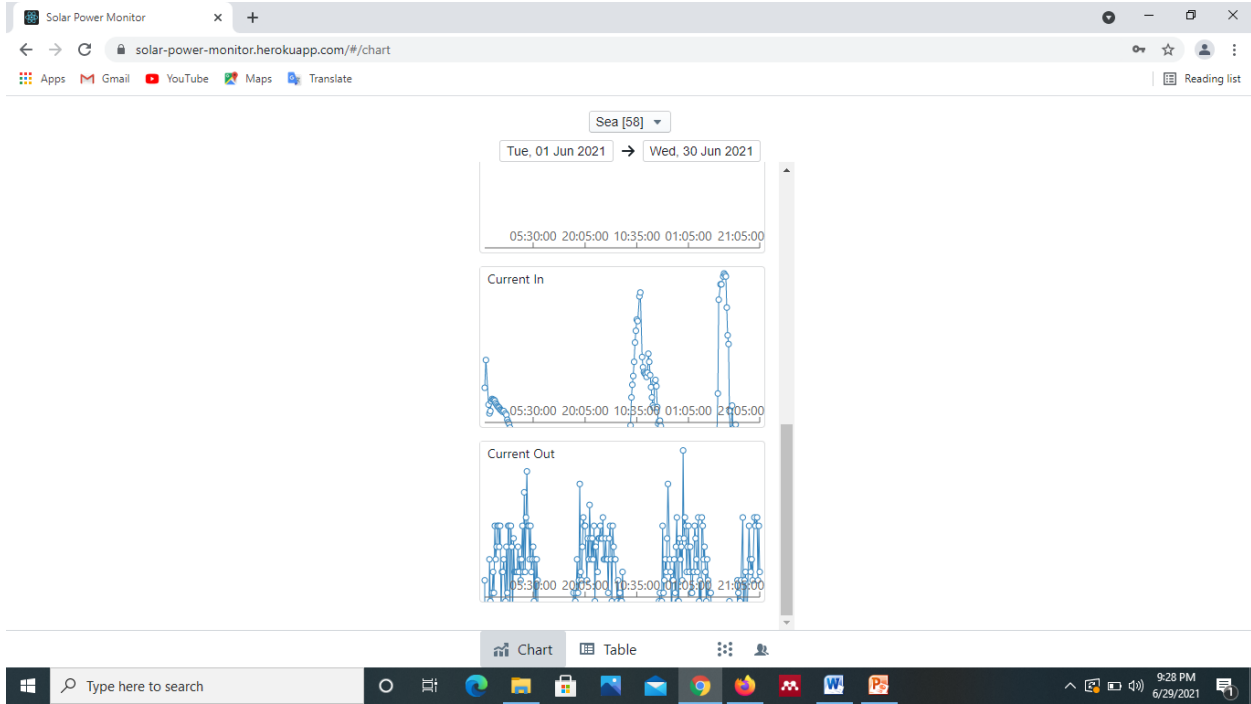
Gambar 13. Letter of Acceptance Publikasi di International Energy Conference 2021

Hasil pengujian alat pengujian monitoring panel surya berbasis website yang dikembangkan pada riset ini dipresentasikan pada Gambar 14.

### Testing Monitoring alat







Solar Power Monitor

solar-power-monitor.herokuapp.com/#/table

Sea [58]

Tue, 01 Jun 2021 → Wed, 30 Jun 2021

	Timestamp	Voltage In	Current In	Power In	Voltage Out	Current Out	Power Out
1	Sat, 26 Jun 2...	12.92	0.1	1.36	12.77	0.05	0.66
2	Sat, 26 Jun 2...	13.57	0.82	11.1	13.43	3.54	47.48
3	Sat, 26 Jun 2...	13.04	0.66	8.59	12.89	0.29	3.74
4	Sat, 26 Jun 2...	12.99	0.95	12.34	12.87	0	0
5	Sat, 26 Jun 2...	12.96	0.87	11.28	12.84	0.1	1.35
6	Sat, 26 Jun 2...	12.96	0.55	7.18	12.84	0.13	1.68
7	Sat, 26 Jun 2...	12.96	0.47	6.16	12.82	0.08	1.01
8	Sat, 26 Jun 2...	12.94	0.5	6.48	12.84	0.03	0.33
9	Sat, 26 Jun 2...	12.94	0.5	6.48	12.82	0.08	1.01
10	Sat, 26 Jun 2...	12.94	0.53	6.82	12.82	0.08	1.01
11	Sat, 26 Jun 2...	12.96	0.61	7.87	12.79	0	0
12	Sat, 26 Jun 2...	12.96	0.66	8.54	12.79	0.03	0.33
13	Sat, 26 Jun 2...	12.94	0.71	9.21	12.79	0.08	1.01
14	Sat, 26 Jun 2...	12.94	0.74	9.56	12.82	0.08	1.01
15	Sat, 26 Jun 2...	12.92	0.76	9.88	12.79	0.03	0.33
16	Sat, 26 Jun 2...	12.92	0.82	10.56	12.79	0.08	1.01
17	Sat, 26 Jun 2...	12.94	0.84	10.92	12.79	0.13	1.68
18	Sat, 26 Jun 2...	12.92	0.87	11.24	12.77	0.03	0.33
19	Sat, 26 Jun 2...	12.89	0.9	11.56	12.77	0.03	0.33
20	Sat, 26 Jun 2...	12.92	0.87	11.24	12.77	0	0
21	Sat, 26 Jun 2...	12.89	0.95	12.25	12.77	0.1	1.34
22	Sat, 26 Jun 2...	12.89	1	12.92	12.77	0.03	0.33
23	Sat, 26 Jun 2...	12.89	1.16	14.97	12.77	0.08	1.01
24	Sat, 26 Jun 2...	12.89	1.24	15.98	12.77	0.08	1.01

Chart Table

Solar Power Monitor x +

solar-power-monitor.herokuapp.com/#/table

Sea [58]

Tue, 01 Jun 2021 → Wed, 30 Jun 2021

Timestamp	Voltage In	Current In	Power In	Voltage Out	Current Out	Power Out
133 Mon, 28 Jun 21 at 03:50 AM	12.84	2.74	35.24	12.72	0.08	1
134 Mon, 28 Jun 21 at 04:05 AM	12.84	2.77	35.58	12.7	0.03	0.33
135 Mon, 28 Jun 21 at 04:20 AM	12.84	2.74	35.24	12.7	0	0
136 Mon, 28 Jun 21 at 04:35 AM	12.82	2.77	35.52	12.7	0	0
137 Mon, 28 Jun 21 at 05:05 AM	12.82	2.77	35.52	12.7	0.1	1.33
138 Mon, 28 Jun 21 at 05:20 AM	12.82	2.77	35.52	12.7	0.05	0.66
139 Mon, 28 Jun 21 at 05:35 AM	12.82	2.77	35.52	12.67	0.13	1.66
140 Mon, 28 Jun 21 at 05:50 AM	12.82	2.74	35.17	12.7	0.08	1
141 Mon, 28 Jun 21 at 06:05 AM	12.84	2.69	34.57	12.7	0.1	1.33
142 Mon, 28 Jun 21 at 06:20 AM	12.82	2.69	34.5	12.7	0.1	1.33
143 Mon, 28 Jun 21 at 06:35 AM	12.82	2.72	34.84	12.67	0.03	0.33
144 Mon, 28 Jun 21 at 06:50 AM	12.82	2.77	35.52	12.7	0.13	1.66
145 Mon, 28 Jun 21 at 07:20 AM	12.92	2.9	37.49	12.77	0.34	4.38
146 Mon, 28 Jun 21 at 07:35 AM	12.92	2.85	36.81	12.79	0.18	2.35
147 Mon, 28 Jun 21 at 08:05 AM	12.92	2.64	34.08	12.82	0.45	5.74
148 Mon, 28 Jun 21 at 08:20 AM	13.16	2.06	27.08	13.01	1.42	18.54
149 Mon, 28 Jun 21 at 08:35 AM	13.31	1.66	22.11	13.16	1.9	25
150 Mon, 28 Jun 21 at 08:50 AM	13.38	1.35	18.01	13.23	1.87	24.78
151 Mon, 28 Jun 21 at 09:05 AM	13.35	0.42	5.64	13.21	1.74	23
152 Mon, 28 Jun 21 at 09:20 AM	13.57	0	0	13.48	2.8	37.69
153 Mon, 28 Jun 21 at 09:35 AM	13.82	0.29	4.01	13.65	3.22	43.94
154 Mon, 28 Jun 21 at 09:50 AM	14.09	0.76	10.78	13.94	3.93	54.81
155 Mon, 28 Jun 21 at 10:05 AM	14.23	1.4	19.9	14.09	4.33	60.97
156 Mon, 28 Jun 21 at 10:20 AM	14.5	1.79	26.02	14.36	4.67	67.05

Chart Table

Type here to search

9:32 PM 6/29/2021

Solar Power Monitor x +

solar-power-monitor.herokuapp.com/#/table

Sea [58]

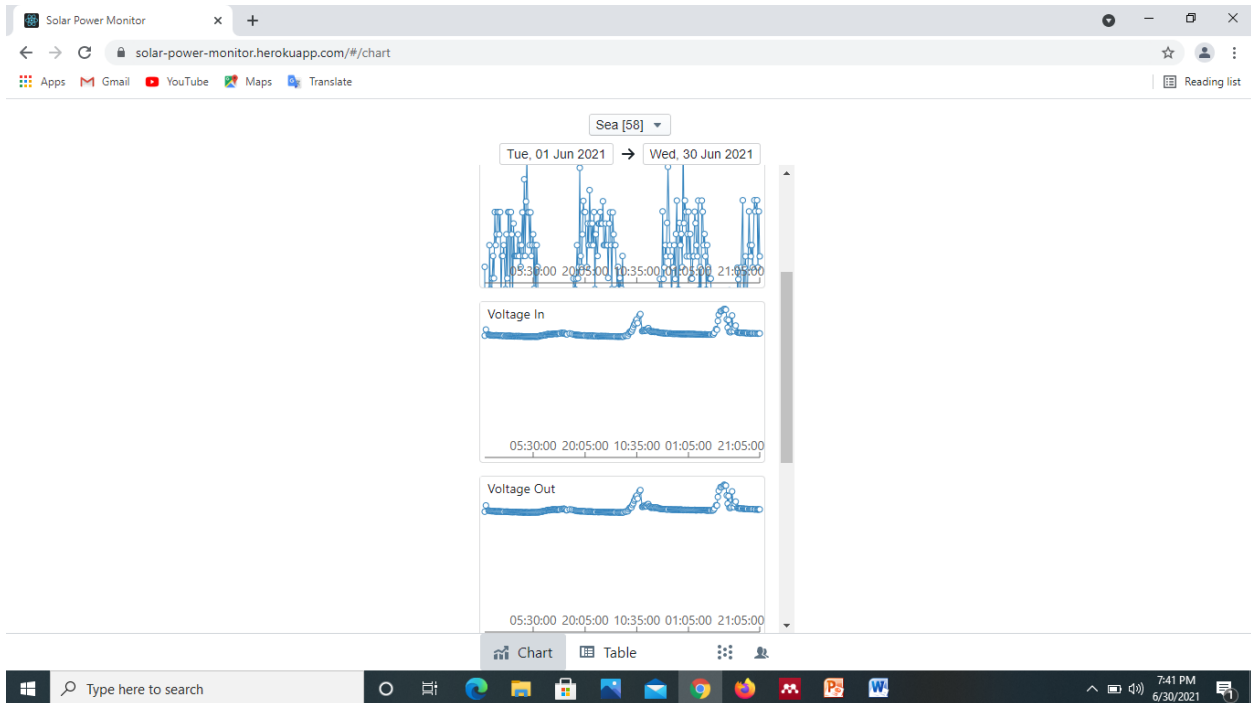
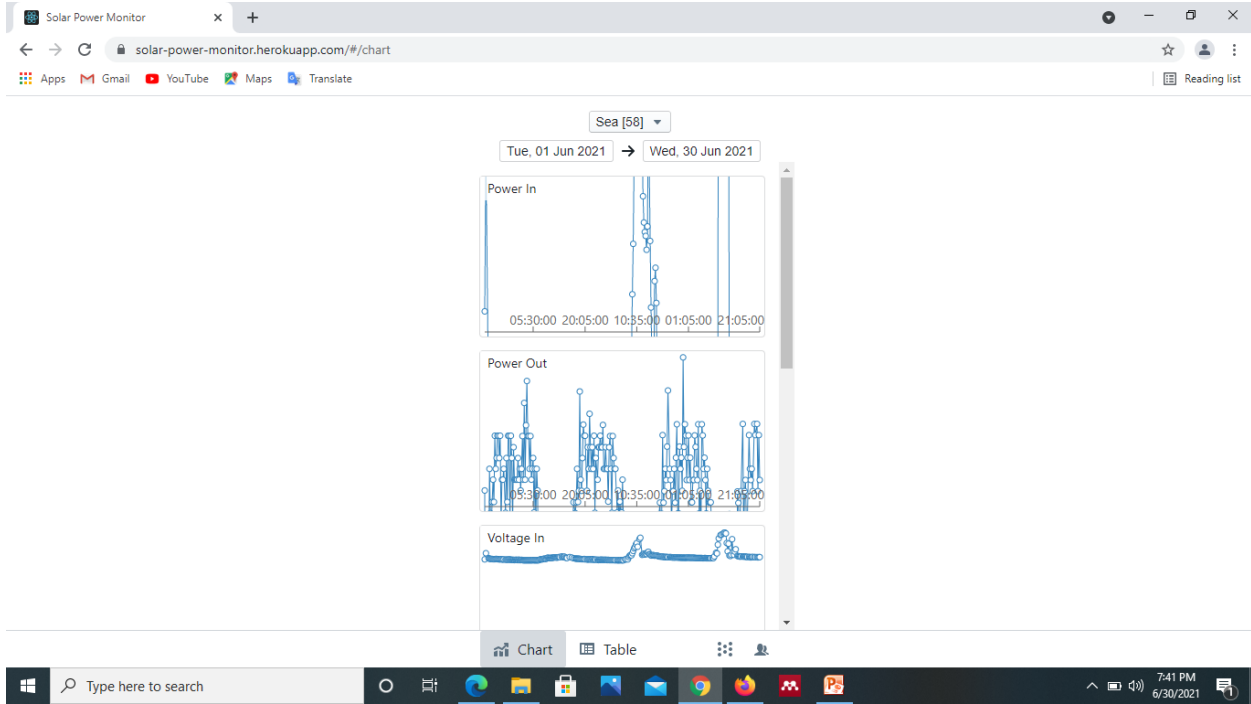
Tue, 01 Jun 2021 → Wed, 30 Jun 2021

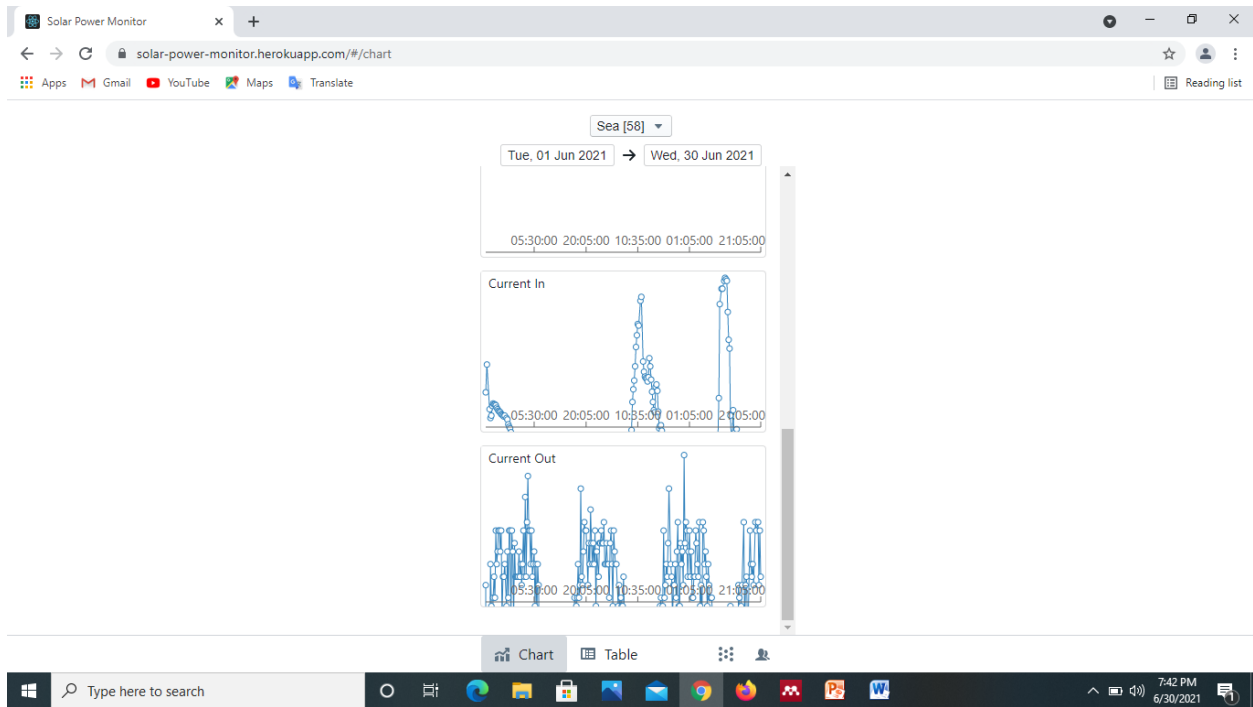
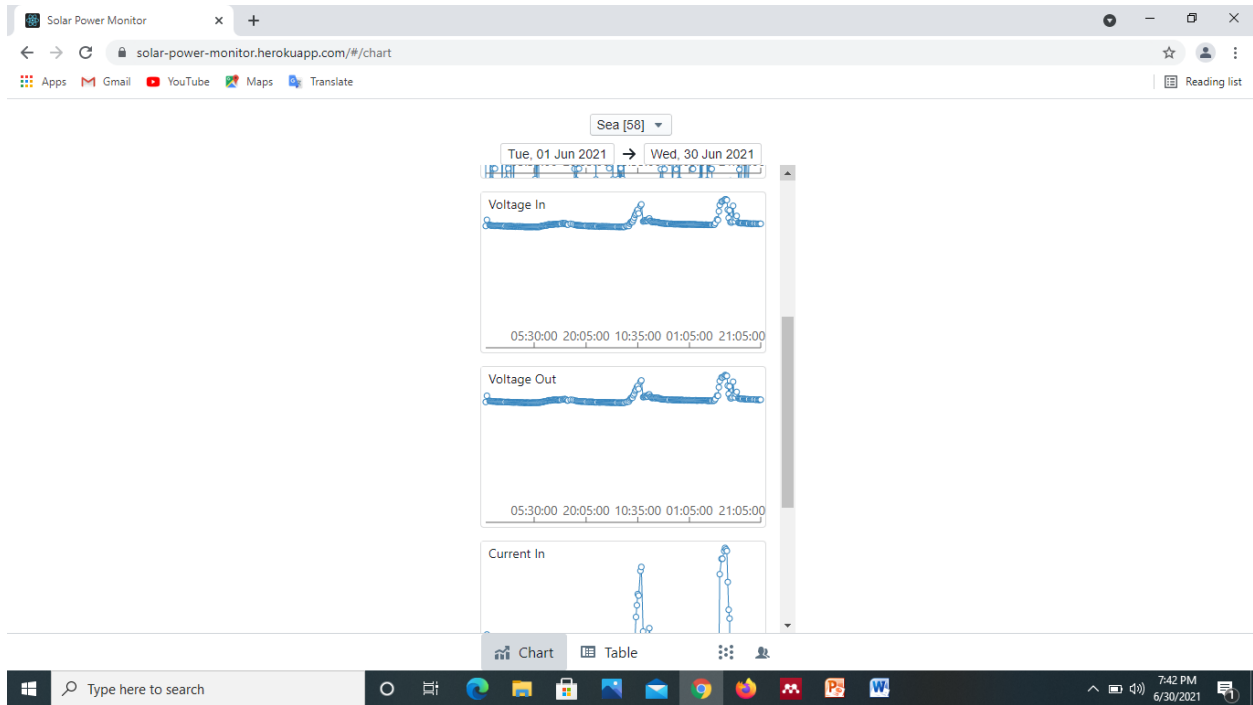
Timestamp	Voltage In	Current In	Power In	Voltage Out	Current Out	Power Out
260 Tue, 29 Jun 21 at 02:05 PM	13.75	1.5	20.67	13.62	0.66	8.98
261 Tue, 29 Jun 21 at 02:20 PM	13.99	1.32	18.45	13.84	0.87	12.04
262 Tue, 29 Jun 21 at 02:50 PM	13.28	1.72	22.78	13.18	0.05	0.69
263 Tue, 29 Jun 21 at 03:05 PM	13.26	1.9	25.19	13.13	0.08	1.04
264 Tue, 29 Jun 21 at 03:20 PM	13.23	2.01	26.53	13.11	0.16	2.07
265 Tue, 29 Jun 21 at 03:35 PM	13.21	2.09	27.54	13.11	0.1	1.38
266 Tue, 29 Jun 21 at 03:50 PM	13.23	2.16	28.63	13.11	0.05	0.68
267 Tue, 29 Jun 21 at 04:20 PM	13.21	2.03	26.84	13.09	0.1	1.37
268 Tue, 29 Jun 21 at 04:35 PM	13.23	1.98	26.19	13.09	0.16	2.07
269 Tue, 29 Jun 21 at 04:50 PM	13.21	2.01	26.48	13.06	0.05	0.68
270 Tue, 29 Jun 21 at 05:05 PM	13.21	2.03	26.84	13.06	0.03	0.34
271 Tue, 29 Jun 21 at 05:20 PM	13.18	2.14	28.17	13.06	0.13	1.71
272 Tue, 29 Jun 21 at 05:35 PM	13.18	2.22	29.23	13.06	0.13	1.71
273 Tue, 29 Jun 21 at 06:05 PM	13.18	2.32	30.61	13.04	0.08	1.03
274 Tue, 29 Jun 21 at 06:20 PM	13.16	2.38	31.25	13.04	0	0
275 Tue, 29 Jun 21 at 06:35 PM	13.13	2.38	31.2	13.04	0.03	0.34
276 Tue, 29 Jun 21 at 06:50 PM	13.16	2.4	31.6	13.04	0	0
277 Tue, 29 Jun 21 at 07:05 PM	13.18	2.35	30.97	13.04	0.05	0.68
278 Tue, 29 Jun 21 at 07:35 PM	13.16	2.43	31.95	13.01	0.1	1.37
279 Tue, 29 Jun 21 at 07:50 PM	13.16	2.38	31.25	13.01	0.08	1.03
280 Tue, 29 Jun 21 at 08:20 PM	13.16	2.38	31.25	13.01	0.1	1.37
281 Tue, 29 Jun 21 at 08:35 PM	13.13	2.43	31.89	12.99	0.05	0.68
282 Tue, 29 Jun 21 at 08:50 PM	13.16	2.4	31.6	13.01	0.08	1.03
283 Tue, 29 Jun 21 at 09:05 PM	13.16	2.32	30.56	13.01	0.03	0.34

Chart Table

Type here to search

9:33 PM 6/29/2021



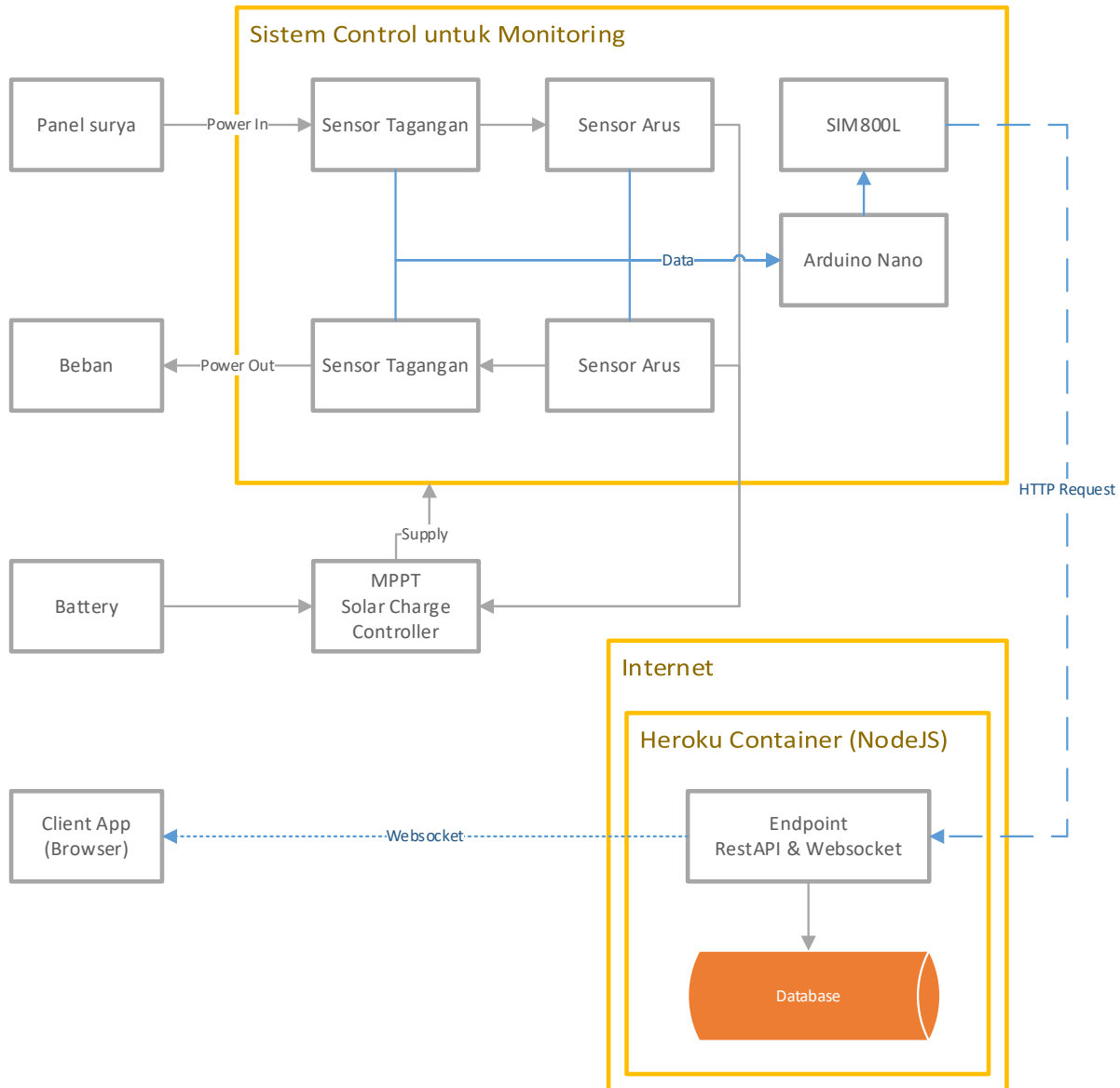


Gambar 14. Cuplikan layar hasil pencatatan data monitoring panel surya berbasis web

## Deskripsi

### Solar Power Monitor di Multi Lokasi

Oleh: Meita Rumbayan, Imanuel E.P Pundoko



Sistem monitoring ini dirancang untuk melakukan pencatatan data dari panel surya yang terintegrasi. Tujuan sistem monitoring ini untuk melakukan pencatatan data arus dan data tegangan masuk dan keluar yang terukur pada lingkungan dimana panel surya ditempatkan pada beberapa lokasi tertentu. Dengan sistem monitoring ini, unjuk kerja dari panel surya dapat diukur

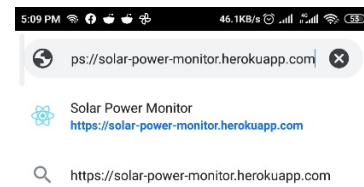


dan diamati melalui media apapun seperti laptop, smartphone, ataupun smart tv, yang mana platform tersebut dapat mengakses internet melalui browser.

## Manual

Tampilan *address bar* pada aplikasi google chrome android

Masukan <https://solar-power-monitor.herokuapp.com> untuk memulai aplikasi

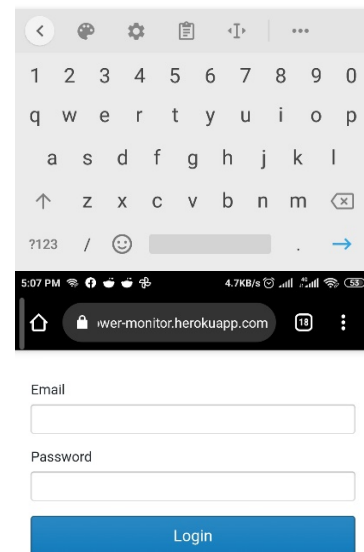


Tampilan Halaman Login Aplikasi

Untuk melihat hasil monitoring dalam bentuk visualisasi grafis:

1. Email dan Password yang telah terdaftar.
2. Login untuk masuk ke aplikasi.

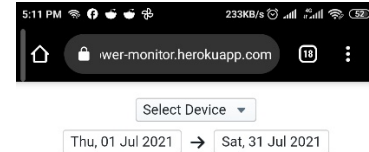
\*) Ini adalah halaman utama jika belum ada akun yang ter-login pada aplikasi ini di perangkat



Tampilan halaman awal (belum memilih perangkat).

\*) Ini adalah halaman yang akan di tampilkan setelah melewati proses Login.

\*\*\*) Ini adalah halaman awal aplikasi ketika aplikasi pada perangkat telah melakukan proses Login

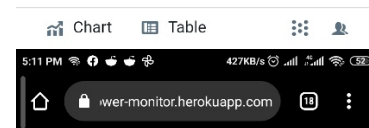


Please select one Device first.

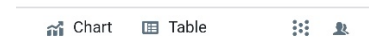
Tampilan halaman pemilihan perangkat yang akan di monitoring.

\*) Ini adalah tampilan setelah mengetuk tombol “Select Device”

\*\*\*) Jika belum ada perangkat yang terdaftar, silahkan daftarkan perangkat di halaman *device manager* dengan mengetuk icon 8 titik pada bawah kanan layer (samping icon pengguna)



Please select one Device first.



## Tampilan halaman manajemen perangkat

\*) Ini adalah halaman yang akan di tampilkan setelah mengetuk icon 8 titik

Daftarkan perangkat baru dengan mengetuk tombol “Register new Device”

Ketuk gambar maps untuk melihat posisi lebih jelas, Anda akan dibawa ke aplikasi google maps.

Ketuk icon sampah untuk menghapus perangkat.

Salin kode kunci untuk di gunakan pada plan (perangkat fisik) sistem monitor.

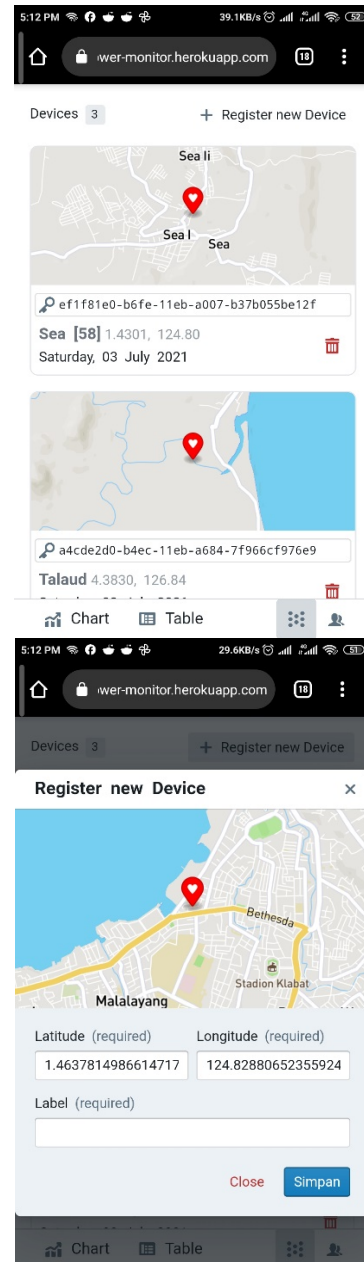
## Tampilan halaman pendaftaran perangkat baru

\*) Ini halaman popup setelah mengetuk tombol “Register new Device”

Masukan latitude dan longitude untuk lokasi penempatan perangkat (lat long bisa di dapatkan pada aplikasi google maps)

Masukan label untuk perangkat yang akan di daftarkan.

Ketuk tombol “Simpan” untuk menyimpan konfigurasi perangkat baru.



Tampilan halaman data menit ketika sudah ada data.

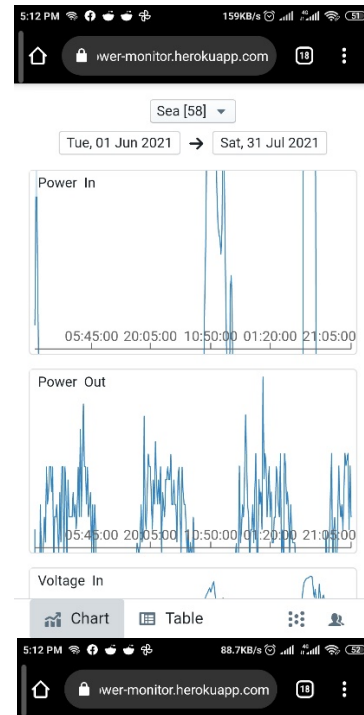
Untuk melihat data di tanggal tertentu, ketuk tombol tanggal pada bagian atas layar.

“Tue, 01 Jun 2021 -> Sat, 31 Jul 2021”

\*) Ini adalah halaman yang akan di tampilkan setelah melewati proses Login

\*\*\*) Ini adalah halaman ketika perangkat telah di pilih

\*\*\*\*) Ini adalah halaman ketika mengetuk tombol “Chart”



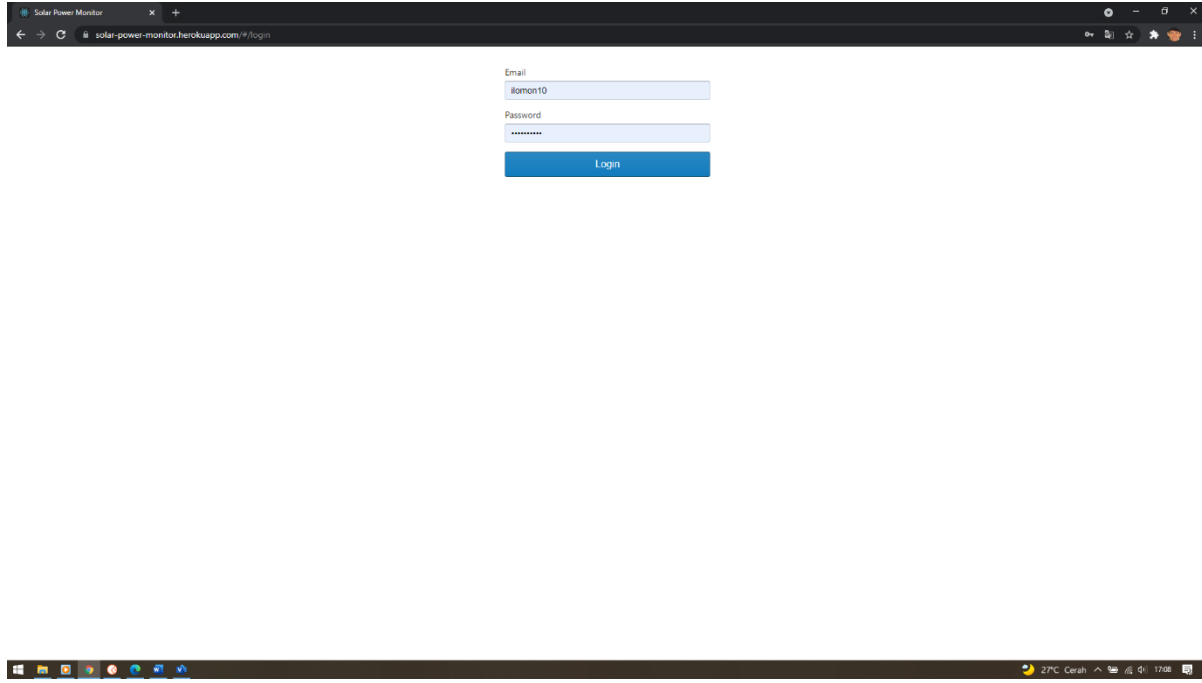
Tampilan halaman data berupa table ketika sudah ada data

\*) Ini adalah halaman yang akan di tampilkan setelah mengetuk tombol “Table”

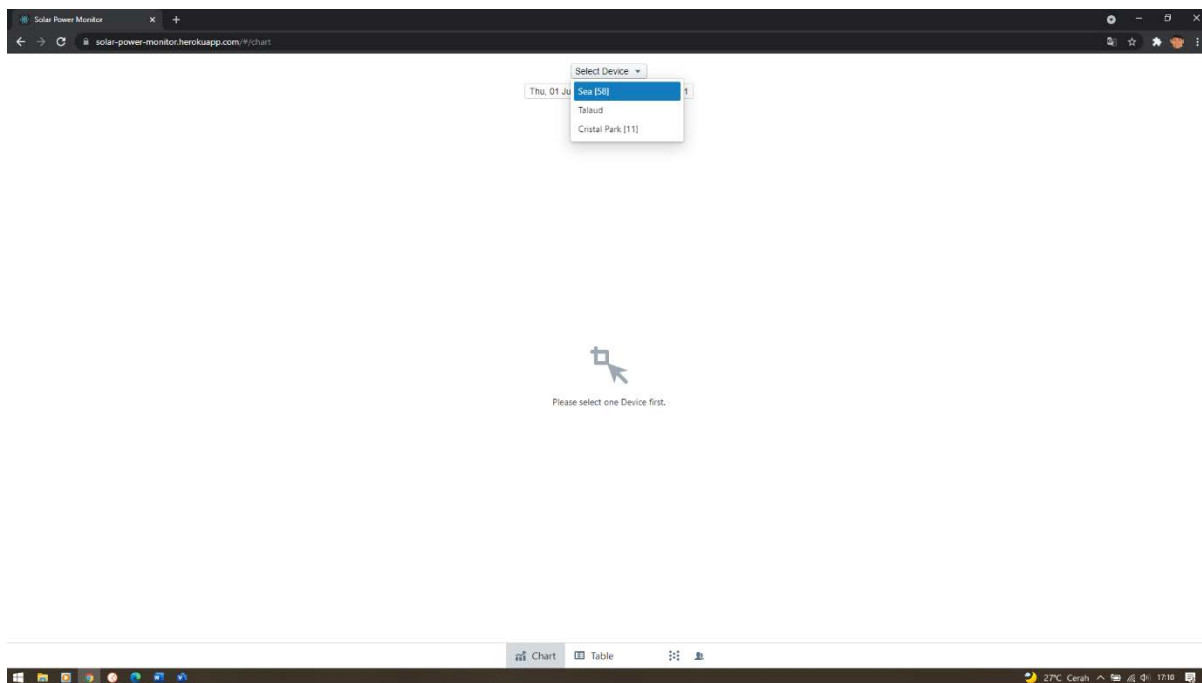
	Timestamp	Voltage In	Current In	Power In
1	Sat, 26 Jun...	12.92	0.1	1.38
2	Sat, 26 Jun...	13.57	0.82	11.1
3	Sat, 26 Jun...	13.04	0.66	8.59
4	Sat, 26 Jun...	12.99	0.95	12.3
5	Sat, 26 Jun...	12.96	0.87	11.2
6	Sat, 26 Jun...	12.96	0.55	7.11
7	Sat, 26 Jun...	12.96	0.47	6.11
8	Sat, 26 Jun...	12.94	0.5	6.48
9	Sat, 26 Jun...	12.94	0.5	6.48
10	Sat, 26 Jun...	12.94	0.53	6.87
11	Sat, 26 Jun...	12.96	0.61	7.81
12	Sat, 26 Jun...	12.96	0.66	8.54
13	Sat, 26 Jun...	12.94	0.71	9.21
14	Sat, 26 Jun...	12.94	0.74	9.58
15	Sat, 26 Jun...	12.92	0.76	9.81
16	Sat, 26 Jun...	12.92	0.82	10.6
17	Sat, 26 Jun...	12.94	0.84	10.9
18	Sat, 26 Jun...	12.92	0.87	11.2
19	Sat, 26 Jun...	12.89	0.9	11.6
20	Sat, 26 Jun...	12.92	0.87	11.2
21	Sat, 26 Jun...	12.92	0.87	11.2

## Tampilan desktop

### Halaman login



### Tombol select device

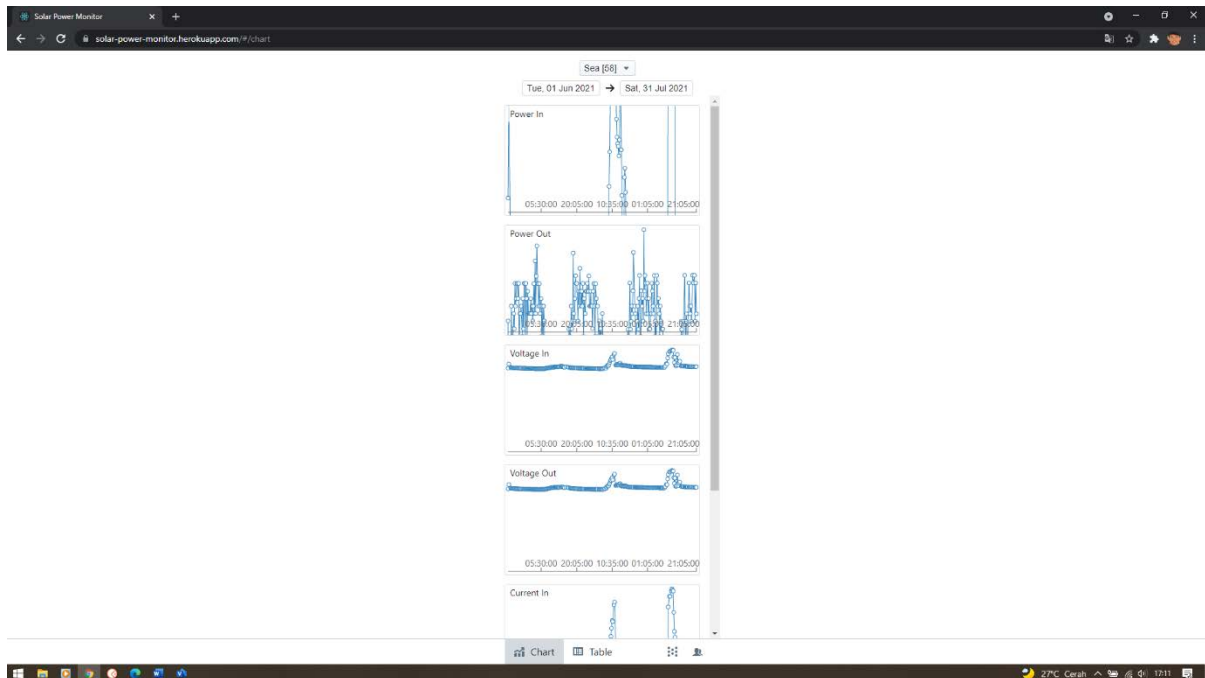




## Tampilan halaman table

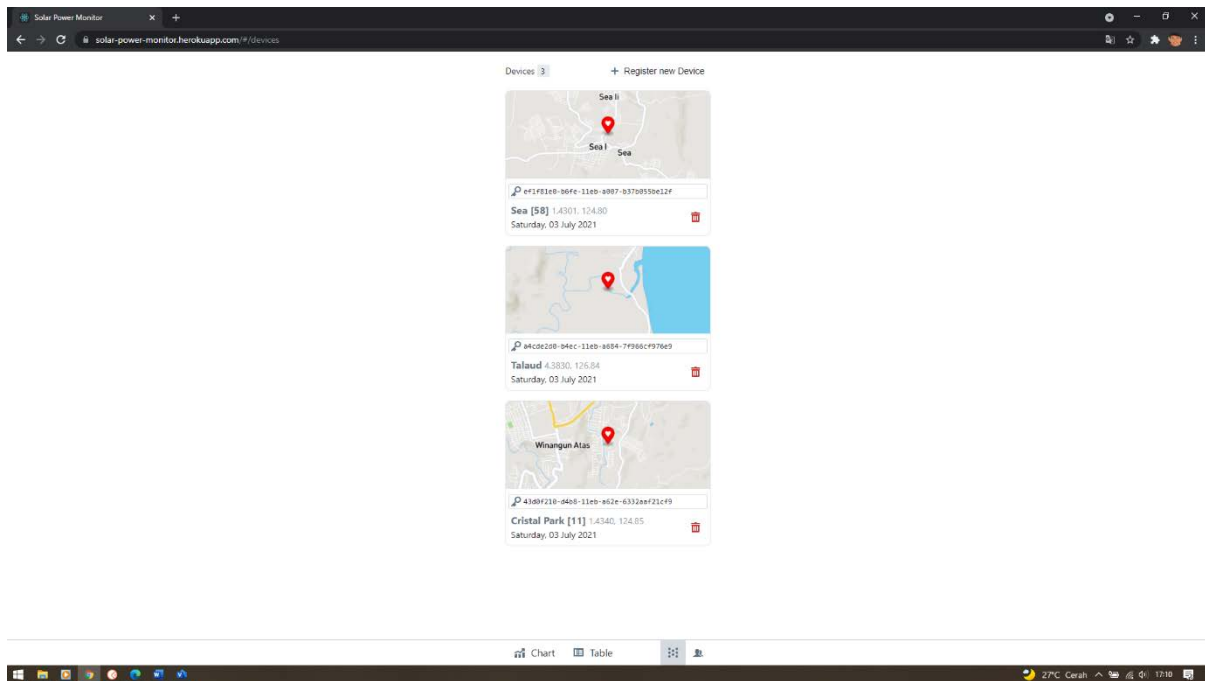
Timestamp	Voltage In	Current In	Power In	Voltage Out	Current Out	Power Out
1 Sat, 26 Jun 2021, 12:92	0.1	1.26	1277	0.05	0.69	
2 Sat, 26 Jun 2021, 13:57	0.82	11.1	1343	3.54	4748	
3 Sat, 26 Jun 2021, 13:04	0.66	6.59	1289	0.29	3.74	
4 Sat, 26 Jun 2021, 12:99	0.95	12.34	1287	0	0	
5 Sat, 26 Jun 2021, 12:90	0.87	11.28	1284	0.1	1.35	
6 Sat, 26 Jun 2021, 12:96	0.55	7.38	1284	0.13	1.68	
7 Sat, 26 Jun 2021, 12:96	0.47	6.16	1282	0.08	1.01	
8 Sat, 26 Jun 2021, 12:94	0.5	6.48	1284	0.03	0.33	
9 Sat, 26 Jun 2021, 12:94	0.5	6.48	1282	0.08	1.01	
10 Sat, 26 Jun 2021, 12:94	0.53	6.82	1282	0.08	1.01	
11 Sat, 26 Jun 2021, 12:96	0.81	7.87	1279	0	0	
12 Sat, 26 Jun 2021, 12:96	0.66	8.54	1279	0.03	0.33	
13 Sat, 26 Jun 2021, 12:94	0.71	9.21	1279	0.08	1.01	
14 Sat, 26 Jun 2021, 12:94	0.74	9.56	1282	0.08	1.01	
15 Sat, 26 Jun 2021, 12:92	0.76	9.89	1279	0.03	0.33	
16 Sat, 26 Jun 2021, 12:92	0.82	10.56	1279	0.08	1.01	
17 Sat, 26 Jun 2021, 12:94	0.84	10.82	1279	0.13	1.68	
18 Sat, 26 Jun 2021, 12:92	0.87	11.24	1277	0.03	0.33	
19 Sat, 26 Jun 2021, 12:89	0.8	11.56	1277	0.03	0.33	
20 Sat, 26 Jun 2021, 12:92	0.87	11.24	1277	0	0	
21 Sat, 26 Jun 2021, 12:89	0.98	12.25	1277	0.1	1.34	
22 Sat, 26 Jun 2021, 12:89	1	12.82	1277	0.03	0.33	
23 Sat, 26 Jun 2021, 12:89	1.16	14.97	1277	0.08	1.01	
24 Sat, 26 Jun 2021, 12:89	1.24	15.98	1277	0.08	1.01	
25 Sat, 26 Jun 2021, 12:92	1.29	16.7	1274	0.08	1.01	
26 Sat, 26 Jun 2021, 12:89	1.42	18.37	1274	0.13	1.67	
27 Sat, 26 Jun 2021, 12:89	1.56	20.07	1274	0.08	1.01	
28 Sat, 26 Jun 2021, 12:87	1.64	21.05	1272	0.03	0.33	
29 Sat, 26 Jun 2021, 12:87	1.74	22.4	1274	0.13	1.67	
30 Sun, 27 Jun 2021, 12:87	1.85	23.78	1272	0.05	0.66	
31 Sun, 27 Jun 2021, 12:84	1.8	24.4	1274	0.03	0.33	
32 Sun, 27 Jun 2021, 12:87	2.01	25.8	1274	0.03	0.33	
33 Sun, 27 Jun 2021, 12:87	2.09	26.83	1274	0.03	0.33	
34 Sun, 27 Jun 2021, 12:87	2.09	26.83	1272	0.03	0.33	
35 Sun, 27 Jun 2021, 12:84	2.19	28.12	1272	0.03	0.33	
36 Sun, 27 Jun 2021, 12:89	2.24	28.91	1272	0.03	0.33	
37 Sun, 27 Jun 2021, 12:84	2.3	29.48	127	0	0	
38 Sun, 27 Jun 2021, 12:84	2.32	29.82	1272	0.05	0.66	
39 Sun, 27 Jun 2021, 12:87	2.32	29.88	1272	0	0	
40 Sun, 27 Jun 2021, 12:84	2.38	30.5	127	0.08	1	
41 Sun, 27 Jun 2021, 12:82	2.4	30.77	1287	0.03	0.33	

## Tampilan halaman chart

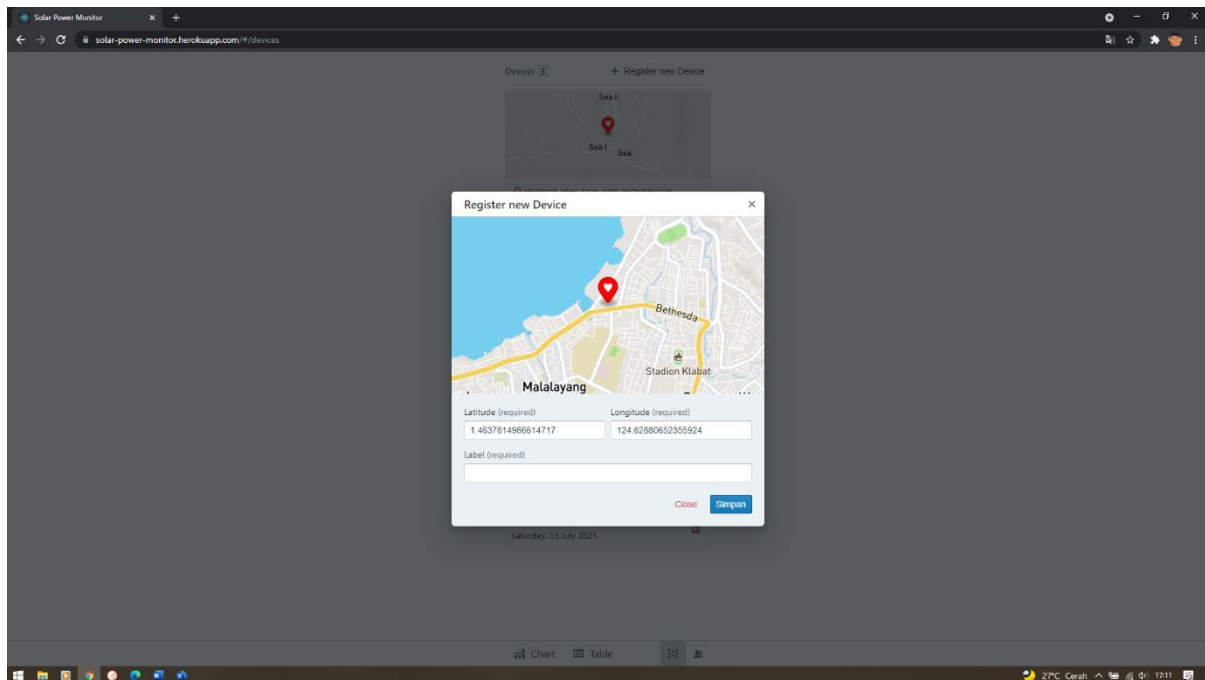




## Tampilan halaman manajemen perangkat



## Tampilan halaman tambah perangkat



Produk alat monitoring panel surya ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Produk Alat Monitoring Panel Surya

Adapun luaran lainnya adalah berupa penerapan produk/alat Teknologi Tepat Guna (TTG) pada masyarakat di rumah contoh yang merupakan fasilitas umum di pulau Bunaken berupa lampu penerangan dan alat cuci tangan yang ditenagai oleh pompa air tenaga surya yang terpasang di *rooftop* rumah contoh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Penerapan TTG berupa lampu dan alat cuci tangan yang bersumber dari listrik tenaga surya di rumah contoh fasilitas umum di Pulau Bunaken



Gambar 10. Penerapan TTG pompa air tenaga surya untuk suplai air pada alat cuci tangan di fasilitas umum di Pulau Bunaken

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Masalah keterbatasan akses listrik untuk masyarakat pesisir di pulau Bunaken sebagai lokasi pariwisata lokal dan internasional dapat dicari solusinya dengan penerapan listrik mandiri dari sumber energi terbarukan termasuk energi matahari. Pada riset tahun ke-1 telah dibuat model purwarupa dari sistem monitoring operasi pembangkit listrik sistem mandiri tenaga surya kapasitas kecil yang terletak di atap (*rooftop*) untuk 1 rumah contoh yang bisa dikembangkan dan diujicoba pada lingkungan sebenarnya di Pulau Bunaken.

Riset yang dikembangkan ini melalui tahap pemodelan, purwarupa dan pengujian berhasil dengan luaran/output yang diharapkan, yaitu:

1. Hak Kekayaan Intelektual (HKI) terdaftar berupa program komputer dengan judul “Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Web”.
2. Produk website: <https://monitoring-panel-surya.web.app/login>
3. Video Kegiatan Youtube : <https://www.youtube.com/watch?v=3R-QvdhLwfc>
4. Publikasi artikel ilmiah dengan judul “*Model of Solar Energy Utilization in Bunaken Island Communities for Tourism Spot*” dapat diakses di laman <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/739/1/012082/pdf>. (Lampiran 1)
5. Publikasi artike ilmiah yang sudah disubmit di International Conference of Energy yang diselenggarakan oleh UGM dan dalam proses review untuk dipublikasi di jurnal terindeks SCOPUS: IOP (Lampiran 2)

## DAFTAR PUSTAKA

- Bernal-Agustin, J.L dan Dufo-Lopez, R, 2006. "Economical and Environmental Analysis of Grid Connected Photovoltaic Systems in Spain, *Renewable Energy* Vol. 31, No. 8, 2006, pp. 1107-1128.
- Drennen, T.E, Erickson J.D dan Chapman, D, 1996, "Solar Power and Climate Change Policy in Developing Countries," *Energy Policy*, Vol. 24, No. 1, 1996, pp. 9-16.
- Kolhe, M, Kolhea, S dan Joshi, J.C, 2002, " Economic Viability of Stand-Alone Solar Photovoltaics System in Comparison with Diesel-Powered System for India", *Energy Economics*, Vol. 24 No.2, pp. 155-165.
- Koyanagi, K.; Hida, Y.; Yokoyama, R.; Nagata, S.; Nakao, K.; Hirai, T., 2010, "Electricity Cluster-Oriented Network: A grid-independent and autonomous aggregation of micro-grids," *Modern Electric Power Systems (MEPS)*, 2010 Proceedings of the International Symposium , vol., no., pp.1,6, 20-22 Sept. 2010
- Mahmoud, M.M dan Ibrik, I.H, 2006. Techno-Economic Feasibility of Energy Supply of Remote Villages in Palestine by PV-Systems, Diesel Generators and Electric Grid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 10 No. 2, 2006, pp. 128-138.
- Rumbayan, M. 2015. Kajian Teknis, Ekonomis dan Ekologis Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia (Studi Kasus: Lahendong, Sulawesi Utara), Bappenas International Conference, Jakarta.
- Rumbayan, M. 2016. Mapping of Energy Potential in Indonesia for Energy Security, Proceeding of International Conference on Water, Waste and Energy Management, Poythecnic of Rome, July 2016.
- Rumbayan , M., & Putro, M. D. (2017). A Concept of Solar Tracker System Design. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology*, 6(11), 440-450.
- Rumbayan, M, (2017), "The Role of Renewable Energy in Island Communities : The Experiences from Makalehi Island", Proceeding of The 2017 World Congress on Advances in Nano, Bio, Robotics and Energy (ANBRE17), 28 Agustus 2017- 1 September 2017 di Seoul, Korea Selatan.
- Shaahid, S.M dan Amin E.I, 2009. "Techno-Economic Evaluation of Off Grid Hybrid Photovoltaic-Diesel Battery Power Systems for Rural Electrification in Saudi Arabia-

A way Forward for Sustainable Development” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, No.3, 2009, pp. 625-633.

Yokoyama R, 2015, Expandable Cluster-based Network in Island Countries in e-Asia, Proposal to Japan Science Technology International Joint Project.

## LAMPIRAN

Artikel Ilmiah :

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/739/1/012082/pdf>

# Model of Solar Energy Utilization in Bunaken Island Communities for Tourism Spot

Meita Rumbayan<sup>1</sup>, Sherwin R.U Sompie<sup>1</sup>, Dirko G.S Ruindungan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Sam Ratulangi University, Indonesia

E-mail: meitarumbayan@unsrat.ac.id

**Abstract.** The ambitious planning of renewable energy utilization in Indonesia to achieve 23% in the country's energy mix by 2025 push the development of model community using Photovoltaic (PV) stand-alone system. The issue about island electricity access is happening in Bunaken as one of the famous tourism spot in Indonesia. Island communities are facing the limited access toward the availability of electrical energy in day and night time. This article is aims to develop a model for solar energy utilization in Bunaken island communities for tourism spot. The design and cost benefit analysis have been done for Bunaken community for lighting and handpone charging. The result indicated that the utilization of PV stand-alone system in Bunaken can be introduced by solar luggage package for the communities who willing to support their small medium enterprise.

## Introduction

The utilization of solar energy in island communities is increasing time by time due to the necessity of energy electricity access. The challenge in this research is the adoption of new renewable technology that supports the communities in Bunaken as the tourism spot. Like a terrace of house that needs lighting, so the small islands in the Indonesian territory need to be electrified well. Electric energy infrastructure for the islands needs to get attention for the security and welfare of the island communities.

The objective of this study was to design the prototype of solar luggage as the photovoltaic stand-alone system to supply lighting and hand phone charging . Also the economic analysis based on cost benefit analysis was done to calculate the price of the solar luggage prototype.

The location of Bunaken island as the tourism spot becoming target in this research. This coastal area is facing limited access to electrical energy grid. Based on survey to this area, it is found that there is no 24 hours electricity supply from the grid. The fact this community located in this spot tourism that run the business of restaurant need the electricity. Therefore the solution for independent electricity supply becomes important and urgent.

Geographically, Bunaken island is located between 124004'-124048' E and 1037'-1047' N. It takes 30 minutes by boat from Manado, the capital city of North Sulawesi province. The map of Bunaken island is shown in Figure 1.

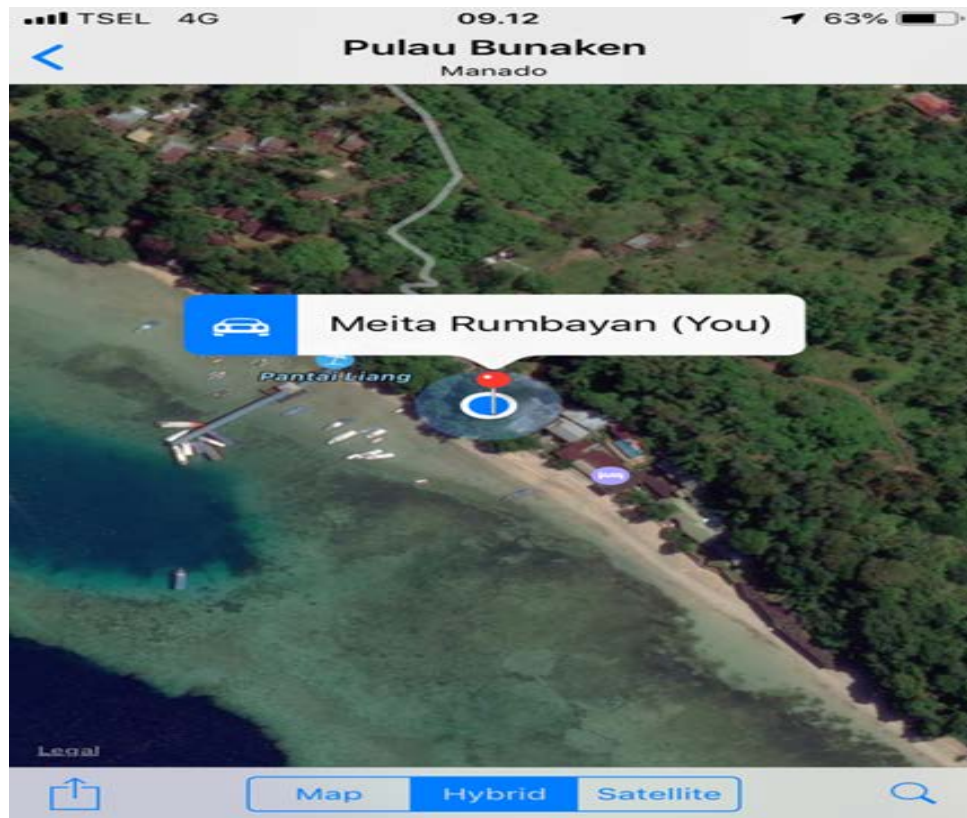


Figure 1. The Map of Bunaken Island as The Tourism Spot in North Sulawesi Indonesia

### Literature Review

The potentials of solar energy has been analyzed by authors in the previous researches [1,2]. Another reference that is reviewed the usage of solar home system in rural Bangladesh [3]. Rumbayan and Nagasaka [4] reported that the cost of generating electrical energy with renewable energy is relatively high and so, there is a need to implement policies and strategies for the induction of renewable energy in the archipelago. Such policies include: cooperation with parties that have been successful with the implementation of renewable energy technologies, increased priority implementation of renewable energy-based energy infrastructure for potential locations. The adoption of a pro-island energy policy in the foremost island as a terrace that needs to be enriched for the sake of security, welfare and beauty as an added value in Indonesia's border region.

Many small islands around the world currently use/propose to use renewable energy: Fiji and the Hawaiian islands in the Pacific, the Azores and Canary islands in the North Atlantic, Gotland and Samsøe in the Baltic, Mauritius and Reunion in the Indian Ocean, as well as Sardinia and Sicily in the Mediterranean. Many small islands have achieved their goal of transitioning to renewable energy [5].

Life Cycle Cost (LCC) analysis is defined as a tool used to compare the ultimate delivered costs of technologies with different cost structures. The function of LCC analysis is to calculate the cost of delivering over the life of the projects, is not only calculate the initial costs or operating cost [6].

The Life Cycle Cost is calculated using Equations (1)-(4).

The equation representing the life cycle fuel costs is the life cycle period in year.



$$LCC \text{ Fuel Cost} = \text{Annual Fuel Cost} \times \left[ \left( \frac{1+Fe}{Dr-Fe} \right) \times \left\{ 1 - \left( \frac{1+Fe}{Dr-Fe} \right)^{\text{period}} \right\} \right] \quad (1)$$

where Annual Fuel Cost is the annual fuel expenditure, Fe represents fuel escalation, Dr represents discount rate.

Recurring maintenance cost is presented by Equation 2.

$$LCC \text{ Maint. Cost} = \text{Ann. Maint. Cost} \times \left[ \left( \frac{1+Ge}{Dr-Ge} \right) \times \left\{ 1 - \left( \frac{1+Ge}{1+Dr} \right)^{\text{period}} \right\} \right] \quad (2)$$

where Annual Maintenance Cost is the annual non-fuel expenditure Ge represents general escalation. The equation for non-recurring costs is presented by Equation 3.

$$LCC \text{ Repl. Cost} = \sum \left[ \text{Item Cost} \times \left\{ 1 + \left( \frac{1+Ge}{1+Dr} \right)^{Ry} \right\} \right] \quad (3)$$

where Item Cost is the non-recurring expenditure in present day costs, Ge represents general escalation, Dr is the discount rate and Ry is the replacement year.

The Life Cycle Energy Cost is presented by Equation 4.

$$LCC = \frac{\text{Capital costs} + LCC \text{ Fuel Cost} + LCC \text{ Maint. Costs} + LCC \text{ Repl. Costs}}{\text{Period} \times 365 \text{ kWh/day}} \quad (4)$$

in which LCC is the life cycle cost per kWh of energy [5].

### The Design of Solar Luggage System

The model of solar luggage system as the independent power source is considered to be installed in the coastal area of tourism spot in Bunaken island is described in Figure 2.

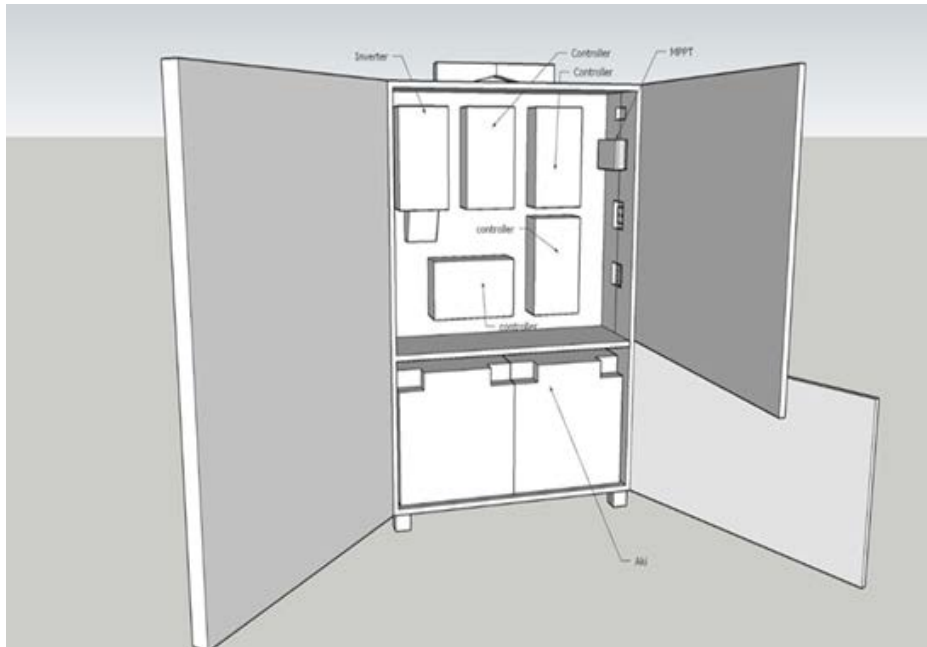


Figure 2. The Design Model of Solar Luggage of Photovoltaic System

It is planned to be develop the independent solar photovoltaics system in the tourism spot of Bunaken island described as in the Figure 3.

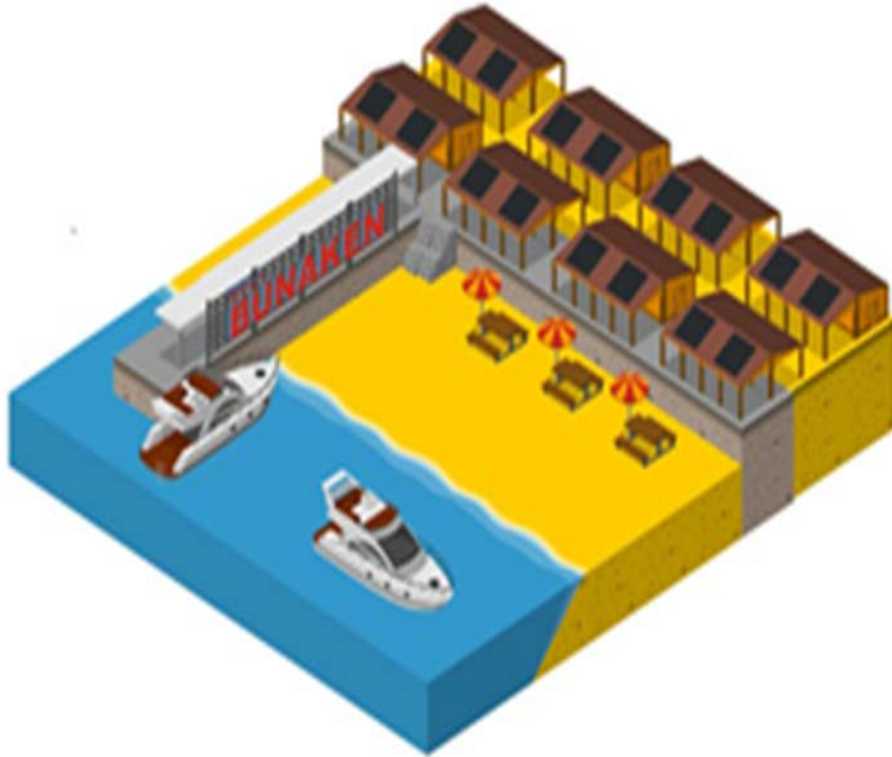


Figure 3. The Model of Independent Solar PV System in Tourism Spot at Bunaken Island

### **The Life Cost Analysis**

The Life Cycle Cost Analysis is estimated using Equations 1-4. The following economic factors are assumed as life cycle is 10 years, discount rate ( $D_r$ ) is 10 %, annual inflation or cost escalation ( $G_e$ ) is 5%. The replacement cost is assumed as zero.

Thus the total energy generated by system is 365 days /year times 350 Wh equal to 1277.5 kWh in 10 years. The scheme of capital cost of solar luggage system is given in the Table 1.

Table 1. The Scheme of Capital Cost of Solar Luggage System

Material	Low Price	Medium Price	High Price
	[Rp]	[Rp]	[Rp]
Photovoltaic panel	650,000	1,160,000	1,300,000
Battere	1,500,000	1,750,000	3,850,000
Controller	350,000	650,000	750,000
Lamps	100,000	200,000	250,000
Cable	120,000	150,000	240,000
Total capital cost	2,720,000	3,910,000	6,390,000
Recurring maintenance cost	459,244	575,744	1,078,887
Grand Total cost	5,606,960	7,415,896	13,731,356
Life Cycle Cost (LCC) [Rp/KWh]	4,390	5,807	10,752

The Life Cycle Cost for the three schemes, i.e low price, medium price and high price of solar luggage packet is shown in Table 1. The cost of Rupiah per KWh is equal to 2 times, 3 times and 5 times compare to electricity price from the grid that serve by diesel fuel. Even though the price from solar energy is higher than conventional power plant, the utilization of renewable energy is applicable for island communities in term of energy security and environmental consideration for tourism spot.

### Conclusion

This study was proposed a model of solar energy utilization in Bunaken island communities. A solar luggage model was developed using solar panel, controller and battery. The solar luggage model with its panel were built for supplying the lighting and handphone charging demand.

The model economic was analyzed by cost benefit analysis. It was found that the solar luggage model developed was interested to introduce for Bunaken island communities to support electrical energy demand for tourism spot.

The results from the cost benefit analysis showed the model was interested to be a business model development for island communities in order to supply lighting and charging on the spot.

### References

- [1] Rumbayan, M and Y. Nakanishi, 2019, Prospect of PV-wind-diesel hybrid system as an alternative power supply for Miangas Island in Indonesia, *International Journal of Smart Grid and Clean Energy*, vol. 8, no. 4, July 2019: pp. 402-407.
- [2] M. Rumbayan, 2017, "Development of power system infrastructure model for the island communities: A case study in a remote island of Indonesia," 2017 International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS), Xiamen, pp. 515-518, doi: 10.1109/ICAMechS.2017.8316470.
- [3] Khan S, Azad A. K, 2014, Social impact of solar home system in rural Bangladesh, *IAFOR Journal of Sustainability, Energy and the Environment*, International Academic Forum, Japan.
- [4] Rumbayan, M and K. Nagasaka, 2018, Techno Economic Analysis of PV-Diesel Power System for a Remote Island in Indonesia : The Case Study of Miangas Island, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 150.
- [5] Jensen Thomas. L, 2000, Renewable Energy on Small Islands, *Forum for Energy and Development (FED)*. Sandia National laboratories (1991), Stand alone photovoltaic power system, A Handbook of Recommended Design Practices.

- [6] Bhuiyan M.M.H, Ali Asgar, Mazumder, R.K, Hussain, M, 2000, Economic Evaluation of A Stand Alone Residential Photovoltaic Power System in Bangladesh, Renewable Energy 21, p.403-410

**Acknowledgments**

The author would like to express the gratitude to the Ministry of Research and Technology/BRIN Indonesia for funding this research through INSINAS scheme from Direktorat Pengembangan Teknologi Industri.

## 2. Sertifikat HKI

  
**REPUBLIK INDONESIA**  
**KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA**

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202134409, 22 Juli 2021

**Pencipta**

Nama : **Dr.Eng. Meita Rumbayan, ST, M.Eng dan Imanuel Efrat Pujiko Pundoko**

Alamat : **Crystal Park 3 No.7. Citraland., Manado, SULAWESI UTARA, 95612**

Kewarganegaraan : **Indonesia**

**Pemegang Hak Cipta**

Nama : **Sentra Kekayaan Intelektual Universitas Sam Ratulangi**

Alamat : **Gd.LPPM Lt-1, Jln. Kampus Unsrat, Manado, Sulawesi Utara, Manado, SULAWESI UTARA, 95115**

Kewarganegaraan : **Indonesia**

Jenis Ciptaan : **Program Komputer**

Judul Ciptaan : **Implementasi Solar Tracker Pada Solar Power Monitor Multilocation**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : **22 Juli 2021, di Manado**

Jangka waktu perlindungan : **Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.**

Nomor pencatatan : **000261166**

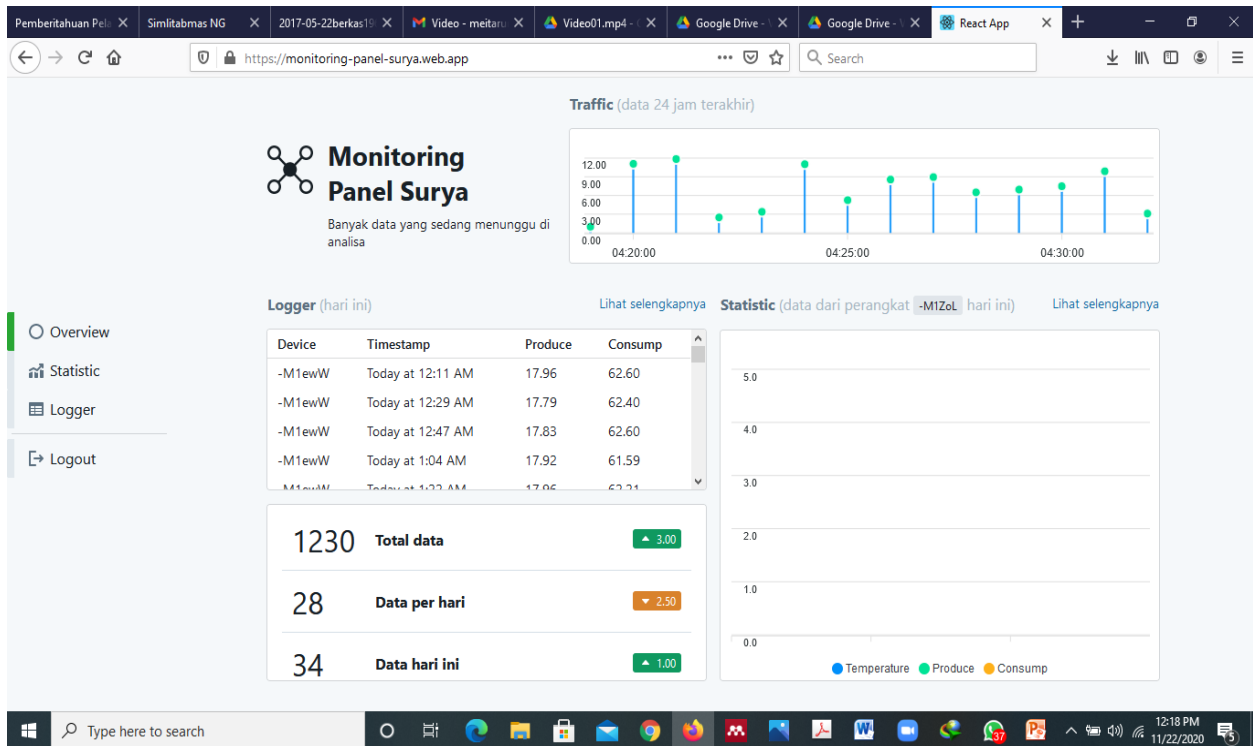
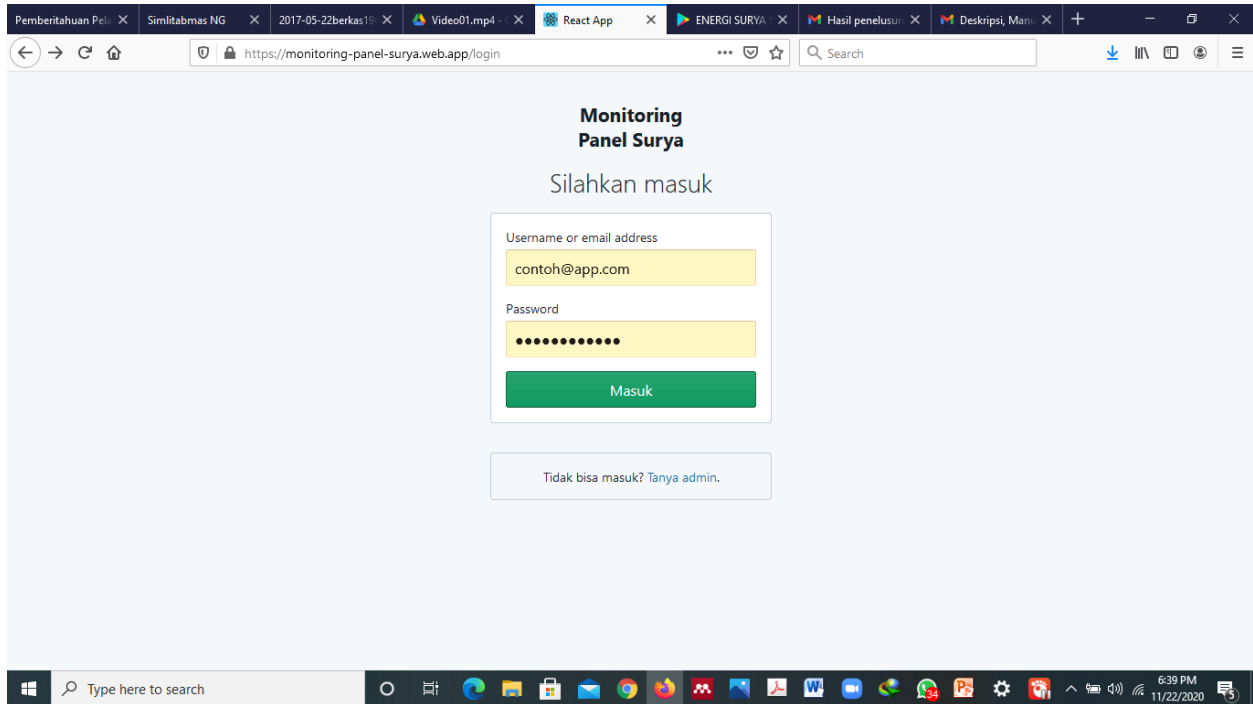
adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.  
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

  
Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.  
NIP. 196611181994031001



### 3. Produk Website Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Web



#### 4. Publikasi Kegiatan Penerapan TTG di video Youtube :

[https://www.youtube.com/watch?v=\\_Y2CFikwjLo](https://www.youtube.com/watch?v=_Y2CFikwjLo)

The screenshot shows a web browser window displaying YouTube search results. The search query is "meita rumbayan scale up". The results list two videos:

- Scale Up Teknologi PLTS Sistem Mandiri Untuk Masyarakat di Pulau Bunaken (Tahun ke-2)**  
69 x ditonton • 2 bulan yang lalu  
Meita Rumbayan  
Video Dokumenter Pelaksanaan INSINAS 2021.
- Scale Up Teknologi PLTS Sistem Mandiri Untuk Penerapan Kepada Masyarakat di Pulau Bunaken**  
127 x ditonton • 11 bulan yang lalu  
Meita Rumbayan  
Video Dokumenter Pelaksanaan INSINAS 2020.

The video player at the bottom shows a thumbnail with the text: "Scale Up Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Mandiri Untuk Penerapan Kepada Masyarakat Di Pulau Bunaken". The video is at 5:46 minutes.

# Design of Photovoltaics Stand-Alone System for a Residential Load in Bunaken Island Using HOMER

M Rumbayan<sup>1</sup>, S R U Sompie<sup>1</sup>, D G S Ruindungan<sup>1</sup> and N V Panjaitan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Engineering, Sam Ratulangi University, Indonesia

<sup>2</sup>Digital Bussiness and Innovation, Tokyo International University, Japan

E-mail: meitarumbayan@unsrat.ac.id

**Abstract.** The purpose of this study is to design a Photovoltaics (PV) stand-alone system for a residential load in Bunaken Island using HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources). Bunaken Island, the case study location, is a popular tourist spot in North Sulawesi, Indonesia. This island is facing the issue of limited access to electrical energy from the grid. The design and techno-economic analysis in Bunaken island leveraged HOMER software. This software was developed by National Renewable Energy Laboratory (NREL). Furthermore, the results suggested that the techno-economical PV stand-alone system in Bunaken Island could be developed as alternative energy to support electricity as energy security issued for Indonesia.

## 1. Introduction

Adopting a pro-island energy policy in the small and remote island of Indonesia is essential to support the community, giving them more accessibility to the source of energy. The remote islands usually attract local, national, and international tourists; hence, the development of energy security is necessary as it could lead to better efficiency and environmental sustainability. Moreover, the limited access to electricity from the primary grid on the mainland and the increasing demand from the island communities should be taken into consideration. Therefore, this study aims to design the PV-based energy system for off-grid power supply in remote island communities.

Bunaken Island is a part of Bunaken National Marine Park, one of the top diving sites in Indonesia. The island itself is located in the Latitude: 1°37'4" S and Longitude: 124°45'6" E in North Sulawesi, Indonesia. It takes a one-hour boat ride from North Sulawesi's capital city, Manado, to reach this magnificent island with a long stretch of white sand beach, friendly locals, and abundant sunshine throughout the year. Geographically, the map of Bunaken island as the remote island from Sulawesi mainland is shown in Figure 1.



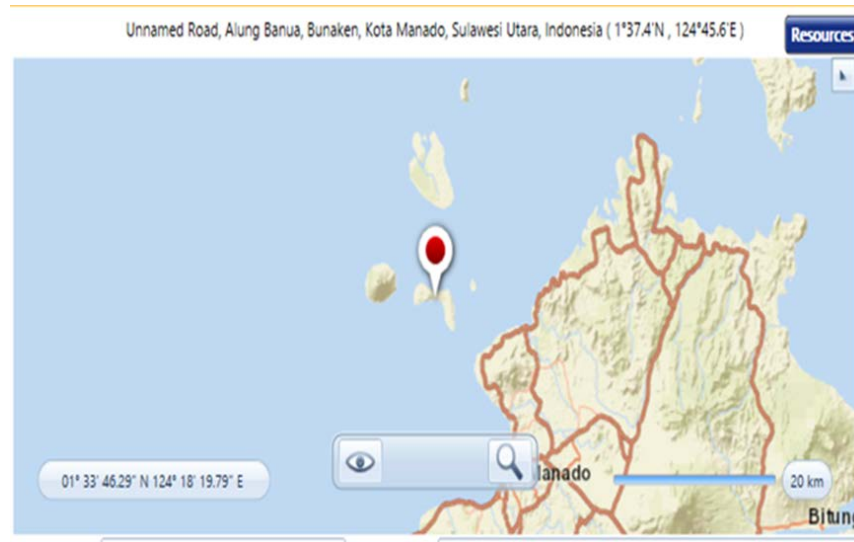


Figure 1. The location of Bunaken Island as the remote island from Sulawesi mainland

This section presents a literature review in regards to the performance of the power system infrastructure models for island energy demand by utilizing HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) software from National Renewable Energy Laboratory (NREL). HOMER software has been utilized to evaluate the techno-economic feasibility of the infrastructure models of the power systems. Furthermore, HOMER will handle various technologies of renewable energy supply and assess the configuration options for both off-grid and grid-connected power systems for remote, stand-alone, and distributed generations applications [1].

Numerous research have examined HOMER implementation for analyzing energy systems models. Dursun et al. [2] used the HOMER software to assess a micro-grid wind-PV hybrid system for a remote community of 50 households to determine the best configuration and offer a techno-economic analysis for the power generating system. With the use of HOMER software, Bekel and Bjorn [3] presented a feasibility assessment for a stand-alone solar-wind-based hybrid energy system for a model community of 200 families. Using HOMER software, Shaahid et al. [4] explored the technical and economic possibilities of hybrid-wind-PV-diesel power systems to meet the electrical energy demand of a remote community. Majid et al. analyzed [5] about Optimal Sizing of Photovoltaic Systems using HOMER for Sohar, Oman. The community's location needs to be taken into account as the electricity demand might differ depending on the geographical site and cultural habits [6]. Chowdhury et al. [7] studied system and cost analysis of stand-alone solar home systems applied to a developing country.

Additionally, many researchers have also examined the solar home system implementation in remote islands and isolated areas. Sharma et al. [8] and Kumar and Ghosh [9] discuss the techno-economic analysis of off-grid rooftop solar PV systems in Bangladesh. Kumar et al. [10] present the design and control of residential off-grid connected PV systems, which they implemented in India. Rujeko and Tsutomu [11] investigated solar home systems for application in Zimbabwe. Yandri [12] studied development and experimentation on the performance of polymeric hybrid Photovoltaic Thermal collectors. All the studies mentioned before have indicated a great potential to implement the solar energy application for remote and isolated areas, including the islands.

The author of this study has also conducted several kinds of research regarding renewable energy development for island communities in Indonesia, ranging from the techno-economical study of PV-diesel power system for a remote island in Miangas Island of Indonesia [13], development of power system infrastructure model for the island communities: A case study in a remote island of Indonesia [14], empowering remote island communities with renewable energy as a preliminary study of Talaud Island [15], study the concept of the internet of things framework for remote monitoring of solar home system

[16], and model of solar energy utilization in Bunaken Island communities [17]. Furthermore, it is found that the issue regarding renewable energy development for island communities in Indonesia is challenging, yet fascinating.

This article is structured as follows: introduction in section 1, problem statement in section 2, methodology in section 3, analysis and discussion in section 4, as well as the conclusion in section 5.

## 2. Problem Statement

Bunaken Island is unique and well-known as an exceptional location of tourism in North Sulawesi, Indonesia. However, the island is categorized as a remote island because it is separated from the mainland of Sulawesi. Furthermore, the island's location has also contributed to the lack of electricity access to the grid. For instance, as shown in Figure 2, many homestays have been developed by the government to support tourism activities in Bunaken island. While it is a good initiative, there is an issue of not having reliable electricity access to facilitate their operation for 24 hours continually.



Figure 2. A homestay in Bunaken Island with size 2x2 meters

The problem that needs to be resolved through this research is how to provide an alternative option to design a PV stand-alone system for a residential load in Bunaken Island, as a proposed plan of the introduction of a renewable energy system. By providing the latitude and longitude information of Bunaken Island to HOMER software, the solar energy potential in terms of Global Horizontal Irradiation (GHI) and Clearness Index data of NASA can be obtained and shown in Figure 3.

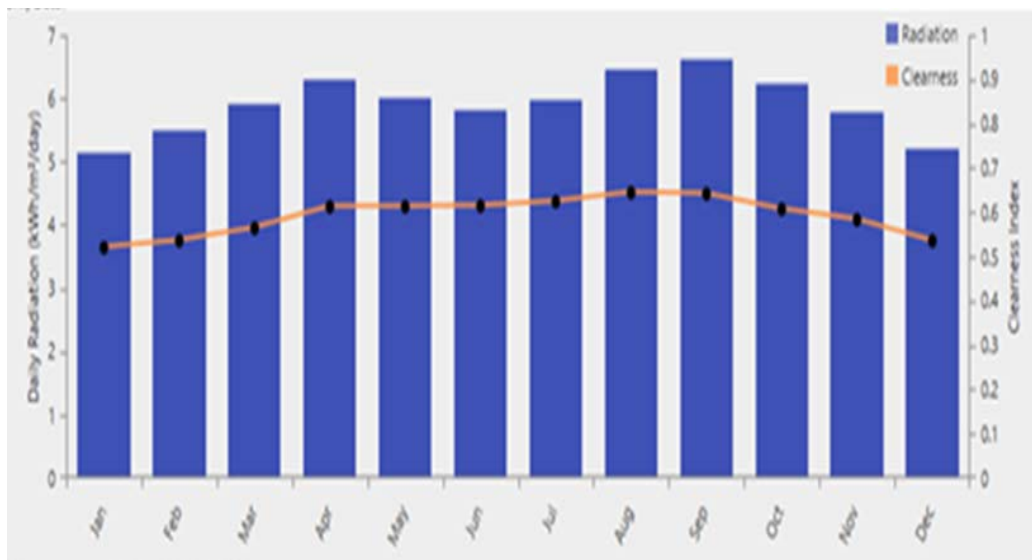


Figure 3. Average global horizontal irradiation and Clearness Index data for Bunaken Island

According to the obtained data, daily average GHI is 5.9 kWh/m<sup>2</sup>/day. As depicted in Figure 3, the daily average GHI for each month varies from the minimum 5.14 kWh/m<sup>2</sup>/day in January to the maximum 6.45 kWh/m<sup>2</sup>/day in August.

### 3. Methodology

The methodology used in order to solve the problem by using HOMER software to get a simulation for several possibilities of the system model into the chosen model in the location of Bunaken Island, North Sulawesi, Indonesia.

Initially, a survey was conducted for a typical residential load in Bunaken Island. The typical residential load for a small homestay for two people is listed in Table 1.

Table 1. Typical residential load consumption for a small homestay in Bunaken Island

Loads	Power [Watt]	Rating	Number of Devices	of Operating [hours/day]	Total Energy Demand [Wh]
Lamp	5		3	10	150
Rice Cooker	300		1	0.5	150
Mini Fan	50		1	3	150
Television	100		1	3	300
Mini refrigerator	50		1	20	100

The solar home system design with proposed load in a small homestay is depicted in Figure 4.

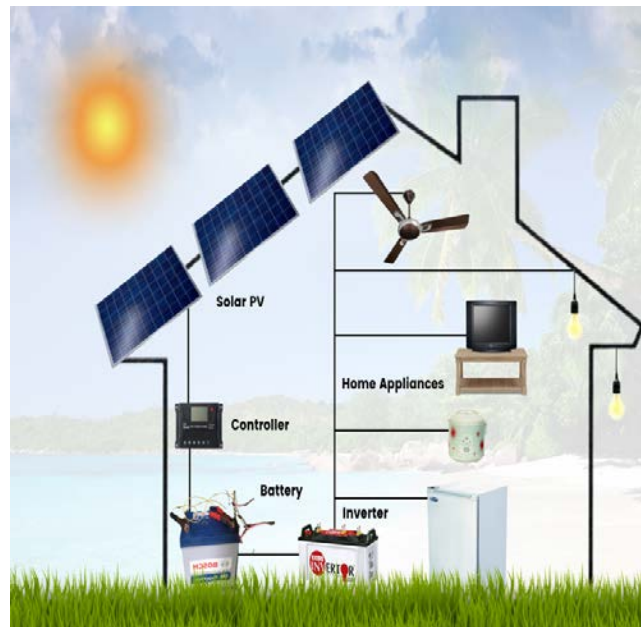


Figure 4. The design of the solar home system for a small homestay

The Solar Home System (SHS) is commonly intended to supply DC and/or AC electrical appliances. A battery system, PV modules, a PV charge controller, and an inverter make up the system. The generated DC power is collected in the battery, which would be converted into AC power to supply the small homestay's AC loads.

In this proposed case, the energy demand per day for a small homestay is considered to be 1000 Wh for additional demand. The proposed schematic of the solar home system based on HOMER software is displayed in Figure 5.

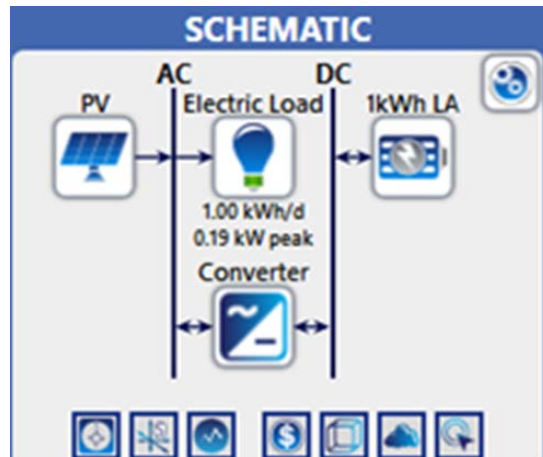


Figure 5. The proposed schematic of the solar home system

The proposed schematic of the SHS consist of PV panel that connected in AC bus load with converter as the device that converts a source of direct current (DC) to alternating current (AC) to supply AC electricity load for lighting and other home appliances. Battery is connected in DC bus system can be convert to supply AC load as the source of energy in the night time for the Solar Home System.

#### 4. Results and Discussion

The optimal results for architecture, cost, and total fuel can be obtained through HOMER analysis. The result of HOMER optimization is shown in Figure 6.

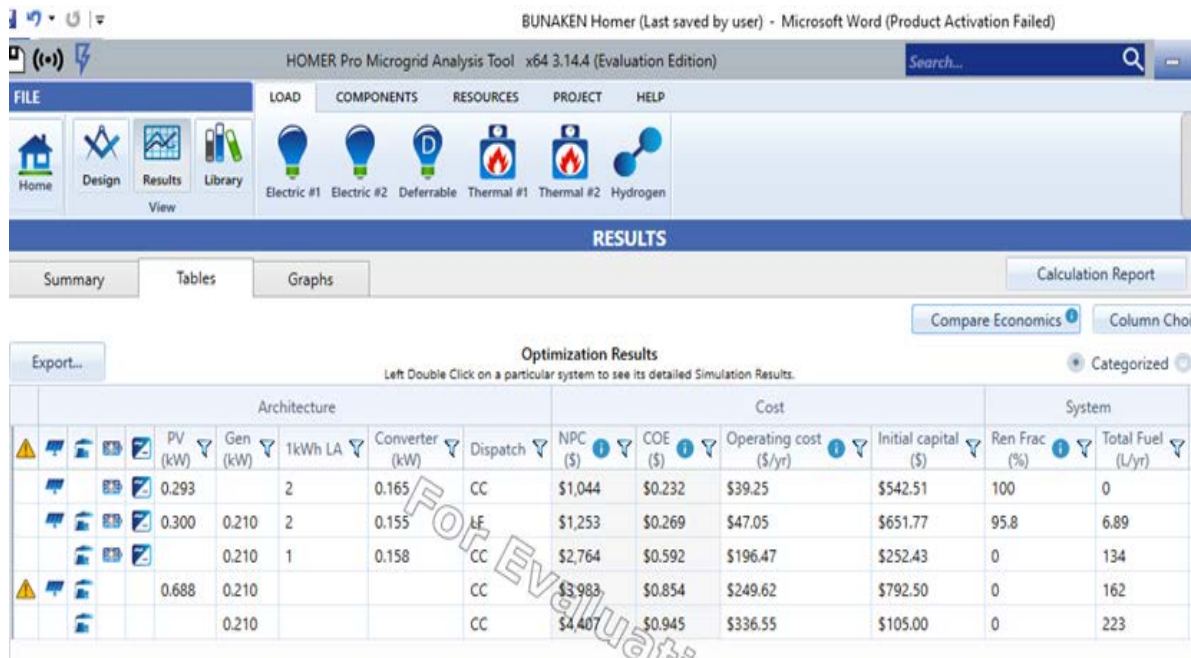


Figure 6. The result HOMER optimization in this study

The result indicates several options can be proposed for a residential load in this location to supply the electricity demand for a small homestay in Bunaken Island. The results show only one option for a 100% solar energy supply in this case. It is shown a proposed homestay load can be supplied by 300 watt PV panels, 165 Wh Converter, and two batteries. The cost of this solar home system is shown at 1044 \$ as Net Present Cost (NPC), 0.232 \$ for Cost of Energy, 39.25 \$/year for operating cost, 542.5\$ for the initial cost. The cost of energy by SHS off-grid is double higher than the price of electricity from the grid. However, the introduction and utilization of this system are reasonable for Bunaken island in terms of energy security and environmental consideration.

## 5. Conclusion

The way to introduce and implement solar energy utilization in Bunaken Island has been proposed by using a simulation in HOMER. RE-based hybrid energy system for off-grid power supply in secluded areas like Bunaken Island. The result shows that 0.293 KW capacity of stand-alone PV, with COE as 0.232 \$, NPC as 1044\$, operating cost as 39.25 \$ as well as payback of 1.5 years can be independent supply for a household with the proposed load is 1 kWh/d, and 0.19 kW as a peak for a small homestay in Bunaken Island. For environmental consideration, this proposed design with a 100% renewable energy fraction indicates benefit advantages as no emission result by this stand-alone PV system. Furthermore, the Solar Home System (SHS) technology is well-fitting for generating electricity in Bunaken Island.

## 6. References

- [1] Haghghat M A, Avella E S, Najafi B, Shirazi A and Rinaldi F 2016 Techno-economic feasibility of photovoltaic, wind, diesel and hybrid electrification systems for off-grid rural electrification in Colombia, *Renewable Energy*, 97, pp.293-305
- [2] Dursun B, Gokcol C, Umut I, Ucar E. and Kocabey S 2013 Techno-Economic Evaluation of a Hybrid PV—Wind Power Generation System, *International Journal of Green Energy*, [online] 10(2), pp.117-136.
- [3] Bekele G and Palm B 2010 Feasibility study for a standalone solar–wind-based hybrid energy system for application in Ethiopia, *Applied Energy*, 87(2), pp.487-495.

- [4] Shaahid S, El-Amin I, Rehman S, Al-Shehri A, Ahmad F, Bakashwain J. and Al-Hadhrami L 2010 Techno-Economic Potential of Retrofitting Diesel Power Systems with Hybrid Wind-Photovoltaic-Diesel Systems for Off-Grid Electrification of Remote Villages of Saudi Arabia, *International Journal of Green Energy*, 7(6), pp.632-646.
- [5] Salam M A, Aziz A, Alwaeli A H A, Kazem H A, 2013 Optimal sizing of photovoltaic systems using HOMER for Sohar, Oman, *International Journal of Renewable Energy* 3(2), pp.301-307.
- [6] Neves D, Silva C and Connors S 2014 Design and implementation of hybrid renewable energy systems on micro-communities: A review on case studies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, pp.935-946.
- [7] Hossain C, Chowdhury N, Longo M and Yaïci W 2019 System and Cost Analysis of Stand-Alone Solar Home System Applied to a Developing Country, *Sustainability*, 11(5), p.1403.
- [8] Sharma P, Bojja H and Yemula P 2016 Techno-economic analysis of off-grid rooftop solar PV system. In: 2016 IEEE 6th International Conference on Power Systems (ICPS). New Delhi, India: IEEE, pp.1-5.
- [9] Kumar S, Taneja L and Kaur R 2015 Design and control of residential off-grid connected PV systems. In: 2015 International Conference on Recent Developments in Control, Automation and Power Engineering (RDCAPE). Noida, India: IEEE, pp.204–208.
- [10] Nandi S K and Ghosh R H 2010 Techno-economical analysis of off-grid hybrid systems at Kutubdia Island, Bangladesh. *Energy Policy*, 38(2), pp.976-980.
- [11] Chahuruva R and Dei T 2017 Study on Isolated Solar Home Systems for Application in Zimbabwe. *Energy Procedia*, 138, pp.931-936.
- [12] Yandri E 2019 Development and experiment on the performance of polymeric hybrid Photovoltaic Thermal (PVT) collector with halogen solar simulator. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 201, p.110066.
- [13] Rumbayan M and Nagasaka K 2018 Techno Economic Analysis of PV-Diesel Power System for a Remote Island in Indonesia : The Case Study of Miangas Island, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Volume 150
- [14] Rumbayan M 2017 Development of power system infrastructure model for the island communities: A case study in a remote island of Indonesia, *International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS)*, Xiamen, 2017, pp. 515-518, doi: 10.1109/ICAMechS.2017.8316470.
- [15] Rumbayan M, Sompie S R U and Nakanishi Y 2019 Empowering remote island communities with renewable energy : a preliminary study of Talaud Island, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 257 012024
- [16] Rumbayan M, Ruindungan D, Sompie S and Sambul A 2019 The concept of the internet of things framework for remote monitoring of solar home system. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402, p.044006.
- [17] Rumbayan M, Sompie S, Ruindungan D and Panjaitan V N 2021 Model of solar energy utilization in Bunaken Island Communities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 739(1), p.012082.