

# STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM *HYBRID* SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF

Aditya Gilang Mahesa<sup>1)</sup>, Yandri<sup>2)</sup>, Kho Hie Khwee<sup>3)</sup>  
<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura  
Jalan Prof. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

Email: pffttaditgilang@gmail.com, yandri.hasan@ee.untan.ac.id, andreankho@yahoo.co.id

## ABSTRAK

Kebutuhan energi listrik di Indonesia setiap tahun meningkat, kurang meratanya infrastruktur jaringan listrik dapat menyebabkan kekurangan pasokan listrik. Salah satu sumber energi alternatif yang cocok dikembangkan adalah energi surya, melihat dari kondisi inilah maka perlu adanya penelitian perencanaan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya sistem *hybrid* di Pondok Meranti sebagai sumber energi alternatif untuk *back up* energi yang disuplai PLN. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data beban harian, data peralatan elektronik, insolasi matahari tahun 2020, radiasi matahari dan temperatur udara harian tahun 2020. Dengan aspek teknis yang diperhitungkan, menggunakan panel surya berkapasitas 100 wp, suhu rata-rata maksimum 31,7 °C, insolasi rata-rata minimum sebesar 4,7 kWh/m<sup>2</sup>/hari. Didapatkan perhitungan berupa panel surya yang diperlukan untuk memback up daya sebesar 50% dari total energi harian yang terpakai sebanyak 11 panel surya, *solar charger controller* kapasitas 50 A berjumlah 2 unit, baterai dengan tegangan 12V berkapasitas 100 Ah sebanyak 14 unit, dan inverter berkapasitas 1500 W. Energi keluaran panel surya yang dihasilkan per hari sebesar 707,4121 Wh. Dengan investasi awal sebesar Rp.52.074.000 kemudian analisis ekonomis menggunakan metode *Net Present Value* (NPV) didapatkan hasil Rp.17.228.926 analisis ekonomis menggunakan metode *Profitability Index* (PI) didapatkan hasil 1,3308 dan analisis ekonomis menggunakan metode *Discounted Payback Period* (DPP) mendapatkan hasil investasi kembali pada tahun ke 12. Dari tiga analisis ini dengan perencanaan umur proyek 25 tahun menyatakan perencanaan PLTS sistem *hybrid* layak diterapkan.

**Kata Kunci** : Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Aspek Teknis, Analisis Ekonomis

## ABSTRACT

The need for electrical energy in Indonesia increases every year, the uneven distribution of electricity network infrastructure can lead to a shortage of electricity supply. One alternative energy source that is suitable to be developed is solar energy, seeing from this condition it is necessary to research the planning of a hybrid system solar power plant in Pondok Meranti as an alternative energy source to back up energy supplied by PLN. The data used in this study are daily load data, electronic equipment data, solar insolation in 2020, solar radiation and daily air temperature in 2020. With the technical aspects taken into account, using a solar panel with a capacity of 100 wp, the maximum average temperature is 31.7 C, the minimum average insolation is 4.7 kWh/m<sup>2</sup>/day. Calculations were obtained in the form of solar panels needed to back up power by 50% of the total daily energy used as many as 11 solar panels, 2 units of 50 A solar charger controller, 14 units of 12V battery with a capacity of 100 Ah, and an inverter with a capacity of 1500 W. The energy output of solar panels produced per day is 707.4121 Wh. With an initial investment of Rp.52,074,000 then economic analysis using the Net Present Value (NPV) method obtained the results of Rp.17,228,926, economic analysis using the Profitability Index (PI) method obtained 1.3308 results and economic analysis using the Discounted Payback Period method (DPP) gets the return on investment in the 12th year. From these three analyzes with a 25 year project life plan, it is stated that the PLTS hybrid system planning is feasible to be implemented.

**Keywords** : Solar Power Plant, Technical Aspect, Economical Analysis

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia setiap tahun meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Bahan bakar fosil yang menjadi sumber energi utama pembangkit listrik di Indonesia berupa minyak bumi, gas dan batu bara semakin hari terus menipis, penggunaan energi fosil saat ini menimbulkan pencemaran lingkungan seperti efek gas rumah kaca yang menjadi penyebab utama pemanasan global, maka perlu adanya sumber energi alternatif lain yang dapat mengurangi laju pemakaian energi

fosil saat ini. Energi terbarukan merupakan sumber energi alternatif yang berasal dari alam yang tidak pernah habis dan sifatnya berkelanjutan seperti energi angin, air, dan matahari.

Energi terbarukan dapat diterapkan dimanapun termasuk di rumah, industri, perdagangan, dan perkantoran. Selain itu pemanfaatan energi baru terbarukan dapat membantu masyarakat yang membutuhkan pasokan listrik lebih untuk menghemat biaya yang harus dikeluarkan. Salah satu sumber energi alternatif yang cocok dikembangkan

adalah energi matahari (surya), energi matahari tidak akan pernah habis selama matahari terus bersinar serta pemanfaatannya lebih mudah dilakukan dibandingkan dengan sumber energi baru terbarukan yang lain. Indonesia terletak di garis Khatulistiwa yang mempunyai intensitas penyinaran matahari sangat tinggi sehingga pengembangan PLTS sebagai sumber energi alternatif dapat dilakukan dengan optimal. Salah satu dampak dari kurang meratanya infrastruktur jaringan listrik dapat mengakibatkan kekurangan pasokan listrik seperti halnya gedung-gedung perkantoran, industri-industri kecil, bidang perdagangan dan jasa yang semakin bertambah. Pondok Meranti adalah Rumah Makan yang bergerak di bidang jasa perdagangan dan kuliner, dengan daya terpasang 1300 VA, masih menggunakan genset sebagai sumber energi cadangan apabila terjadi gangguan dan kerusakan yang menyebabkan pemadaman listrik bergilir. Pemakaian genset sebagai sumber energi cadangan masih kurang efisien karena tidak ramah lingkungan dan harga operasional bahan bakar yang mahal jika dibandingkan dengan energi baru terbarukan.

## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Energi Baru Terbarukan

Definisi energi baru terbarukan menurut buku panduan tentang Energi Baru Terbarukan yang diterbitkan oleh Kementerian Dalam Negeri adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air yang dapat dihasilkan terus menerus. Sumber energi ini tersedia dan tidak merusak lingkungan. Energi terbarukan berasal dari bahan alam yang tersedia di bumi dengan jumlah besar, contohnya adalah energi angin, air, matahari, tumbuhan, dan sebagainya. Energi terbarukan merupakan sumber energi bersih yang ada di bumi. Ada berbagai jenis energi terbarukan, namun tidak semuanya bisa didapatkan pada daerah-daerah pedesaan yang terpencil.

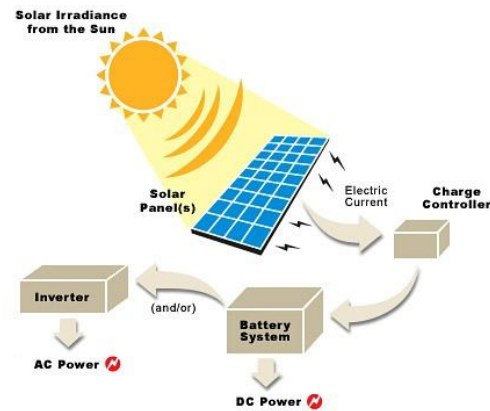
### 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah sistem pembangkit listrik yang energinya bersumber dari radiasi matahari melalui konversi sel fotovoltaik. Sistem fotovoltaik mengubah radiasi sinar matahari menjadi listrik. Semakin tinggi intensitas radiasi matahari yang mengenai sel fotovoltaik, semakin tinggi daya listrik yang dihasilkannya. Karena listrik seringkali dibutuhkan sepanjang hari, maka kelebihan daya listrik yang dihasilkan pada siang hari disimpan di dalam baterai sehingga dapat digunakan kapanpun untuk berbagai alat listrik. Intensitas radiasi matahari yang menjadi sumber energi utama PLTS di Indonesia memiliki potensi yang sangat baik, dilihat dari letak geografis Indonesia yang dilalui oleh garis khatulistiwa, berdasarkan data Global Solar Atlas intensitas radiasi matahari Indonesia perharinya 1,91 – 3,20 kWh/m<sup>2</sup> dengan temperatur 20,1 – 27,3 °C. Banyaknya energi listrik yang dihasilkan panel surya tergantung penyinaran radiasi matahari, jika cuaca cerah maka panel akan menghasilkan energi listrik yang optimal, sebaliknya jika cuaca mendung maka panel akan sedikit menghasilkan energi listrik.

### 2.3 Prinsip Kerja PLTS

pada saat matahari bersinar maka radiasi matahari yang terpancar akan diserap oleh panel surya yang kemudian dirubah menjadi energi listrik searah, energi listrik ini kemudian disalurkan ke *solar charger controller (scc)* untuk mengontrol energi yang masuk disuplai ke baterai yang tersedia, jika baterai sudah terisi penuh maka energi akan

disuplai ke beban-beban yang terhubung arus searah. Pada umumnya beban-beban yang dipakai adalah arus bolak balik, maka diperlukanlah sebuah alat yang disebut inverter untuk merubah arus searah menjadi arus bolak balik. Pada malam hari matahari tidak bersinar dan panel surya tidak akan menghasilkan energi listrik, energi yang tersimpan pada baterai inilah yang akan jadi sumber untuk menyuplai ke beban-beban pada malam hari



### 2.4 Jenis – Jenis PLTS

#### 2.4.1 PLTS Sistem On-Grid

PLTS sistem *on-grid* adalah jenis PLTS yang terhubung oleh jaringan listrik PLN langsung, PLTS ini digunakan untuk memback up energi yang dibeli dari PLN serta untuk mengurangi pemakaian energi dari PLN. PLTS *on-grid* ini biasa terpasang di atap rumah dan perkantoran oleh penduduk daerah perkotaan karena pemasangan yang tidak membutuhkan lahan yang luas.

#### 2.4.2 PLTS Sistem Off-Grid

PLTS sistem *off-grid* adalah jenis PLTS mandiri yang tidak menggunakan energi dari PLN, jenis PLTS ini biasa dipasang pada daerah pedesaan untuk memenuhi kebutuhan beban yang masih belum disuplai oleh jaringan listrik PLN.

#### 2.4.3 PLTS Sistem Hybrid

PLTS sistem *hybrid* adalah jenis PLTS yang menggabungkan dua jenis atau lebih pembangkit listrik dengan sistem yang berbeda, sehingga dengan adanya dua jenis pembangkit dengan sistem yang berbeda ini memberikan keuntungan secara teknis dan ekonomis.

### 2.5 Radiasi Matahari

Ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang-gelombang pendek (ultraviolet) sedangkan karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi dengan panjang gelombang yang lebih panjang (inframerah). Selain pengurangan radiasi bumi yang langsung atau sorotan oleh penyerapan tersebut, masih ada radiasi yang dipencarkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air dalam atmosfer sebelum mencapai bumi yang disebut sebagai radiasi sebaran, Dengan adanya faktor-faktor diatas menyebabkan radiasi yang diterima permukaan bumi memiliki intensitas yang berbeda-beda setiap saat.

### 2.6 Komponen PLTS

#### 2.6.1 Panel surya

Panel surya tersusun dari beberapa modul yang dihubungkan elektrik yang dapat langsung digunakan pada proses pemasangannya, sel surya dapat langsung

mengkonversi sinar matahari menjadi listrik searah (*dc*). Panel surya mengubah intensitas radiasi sinar matahari menjadi energi listrik. Panel surya menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. Panel surya terdiri dari *photovoltaic*, yang menghasilkan listrik dari intensitas radiasi cahaya, saat intensitas cahaya berkurang pada sore hari atau pada saat cuaca berawan daya listrik yang dihasilkan juga akan berkurang.

### 2.6.2 Solar Charge Controller

*Solar Charger Controller* adalah salah satu komponen PLTS yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh). *Solar charger controller* juga digunakan untuk melindungi baterai saat melakukan pengisian untuk menghindari arus berlebihan yang mengalir masuk ke baterai. *Solar charger controller* biasanya dilengkapi dengan enam terminal yang terdiri dari satu pasang terminal output input dari panel surya, satu pasang terminal output input terhubung ke baterai, dan 1 pasang terminal output input yang diteruskan ke beban.

### 2.6.3 Baterai

Baterai berfungsi untuk penyimpanan energi listrik dari panel surya ketika dihasilkan pada siang hari dan digunakan ketika panel surya tidak menghasilkan energi listrik atau ketika malam hari. Baterai akan mengisi atau mengosongkan tergantung radiasi cahaya matahari yang dihasilkan panel surya. *Depth of Discharge (DOD)* adalah suatu ketentuan yang membatasi tingkat kedalaman discharge maksimum yang dapat diberlakukan pada baterai tersebut. Pengaturan DOD berperan dalam menjaga usia pakai (*life time*) dari baterai tersebut.

### 2.6.4 Inverter

Inverter adalah komponen elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus searah (*dc*) menjadi arus bolak balik (*ac*) pada tegangan dan frekuensi yang diperlukan sesuai kebutuhan, seperti pada perancangan PLTS tegangan yang di ubah arusnya menjadi arus bolak balik (*ac*) 220 V sesuai beban rumah dan frekuensi 50 Hz atau 60 Hz. Inverter sangat bermanfaat digunakan ditempat yang kekurangan atau tidak memiliki pasokan listrik bolak balik (*ac*) seperti di kendaraan dan pada instalasi PLTS.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Peneliti melakukan penelitian pada rentang bulan Januari hingga Juni 2021. Penelitian dilakukan di Rumah Makan Pondok Meranti yang terletak di Kecamatan Putussibau Utara, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat.

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop asus intel core i3-5005u, kalkulator, alat tulis, daya terpasang di rumah makan pondok meranti, data peralatan elektronik, data pemakaian beban harian, data insolasi matahari tahun 2020, data radiasi matahari dan temperatur udara tahun 2020.

## 3.3 Metode Penelitian

### 3.3.1 Studi Literatur

Mempelajari teori dasar energi baru terbarukan, serta komponen PLTS melalui buku, jurnal publikasi, *browsing* internet dan referensi lain yang dapat dijadikan landasan teori dari penelitian yang akan dilakukan.

### 3.3.2 Observasi

Pada penelitian ini observasi dilakukan dengan mengamati lokasi penelitian termasuk pendataan daya terpasang, pemakaian beban harian, dan peralatan elektronik di Rumah Makan Pondok Meranti, Kecamatan Putussibau Utara, Kabupaten Kapuas Hulu.

## 3.4 Variabel Data

### 3.4.1 Data Primer

Daya terpasang di Rumah Makan Pondok Meranti adalah 1300 VA. Data peralatan elektronik Rumah Makan Pondok Meranti adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Data Peralatan Elektronik

Rumah Makan Pondok Meranti

Peralatan	Daya	Kuantitas	Waktu pemakaian
Kulkas	90 watt	1	24 jam
	90 watt	1	24 jam
	80 watt	1	24 jam
Freezer	165 watt	1	24 jam
	118 watt	1	24 jam
Rice Cooker	320 watt	2	1 jam
Lampu	4 watt	2	8 jam
	7 watt	8	6 jam
	24 watt	2	6 jam
	13 watt	4	6 jam
Kipas Angin	110 watt	1	3 jam
	85 watt	1	3 jam
	85 watt	1	3 jam
Mesin Air	125 watt	1	2 jam

Data pemakaian beban harian yang digunakan pada Rumah Makan Pondok Meranti adalah sebagai berikut :

Tabel 3.2 Data Pemakaian Beban Harian

Rumah Makan Pondok Meranti

Waktu	Daya (W)
07.00-08.00	988
08.00-09.00	988
09.00-10.00	543
10.00-11.00	543
11.00-12.00	823
12.00-13.00	823
13.00-14.00	823
14.00-15.00	543
15.00-16.00	551
16.00-17.00	551
Total	7176

### 3.4.2 Data Sekunder

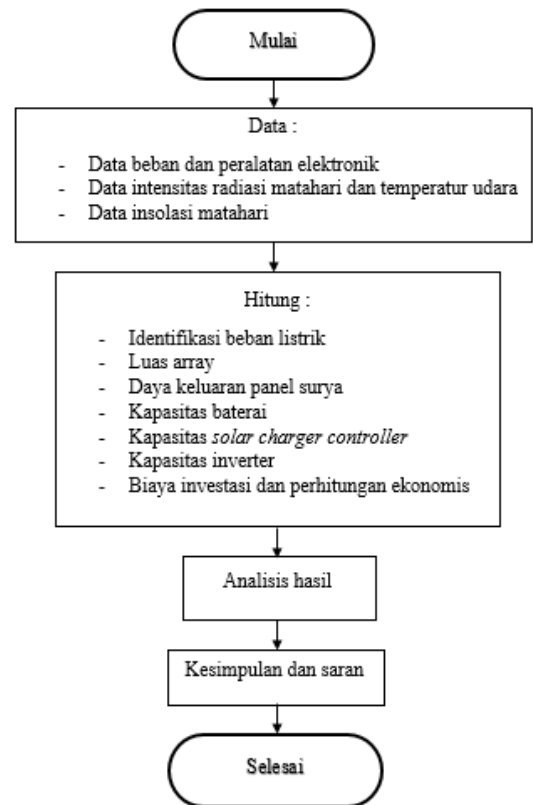
Tabel 3.3 Insolasi Matahari Tahun 2020

Bulan	Insolasi Matahari (kWh/m <sup>2</sup> /hari)
Januari	4,8
Februari	4,8
Maret	4,9
April	5,5
Mei	5,2
Juni	4,7
Juli	4,9
Agustus	5,4
September	5,2
Oktober	5,1
November	5,1
Desember	4,7

Tabel 3.4 Rata-Rata Radiasi Matahari Harian

Jam	Radiasi matahari rata-rata (W/m <sup>2</sup> )	Temperatur udara rata-rata (°C)
07.00-08.00	251,7	25,5
08.00-09.00	420,8	26,9
09.00-10.00	567,2	28,5
10.00-11.00	677,6	29,6
11.00-12.00	727,2	30,8
12.00-13.00	725,5	31,7
13.00-14.00	666,9	32
14.00-15.00	513,5	31,3
15.00-16.00	308,5	30,1
16.00-17.00	120,6	29

### 3.5 Diagram Alir Penelitian



## 4. PERHITUNGAN DAN ANALISIS

### 4.1 Perhitungan dan Analisis Teknis PLTS

#### 4.1.1 Pendataan Beban

Total beban harian yang beroperasi pada pukul 07.00-17.00 adalah 7176 Wh. Untuk mencari besarnya total Ah/hari dapat menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{Energi input inverter} &= \frac{\text{energi output beban}}{\text{efisiensi inverter}} \\
 &= \frac{7176 \text{ Wh}}{0,90} \\
 &= 7973,33 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ah/hari beban} &= \frac{\text{energi input inverter}}{\text{tegangan input inverter}} \\
 &= \frac{7973,33}{12} = 664,44 \text{ Ah}
 \end{aligned}$$

Dengan persamaan diatas maka Ah/hari beban adalah 664,44 Ah.

#### 4.1.2 Perhitungan Luas Array Dan Panel Surya

Kapasitas PLTS sistem *hybrid* yang akan direncanakan adalah sebesar 50 % dari pemakaian beban pada pukul 07.00-17.00. menggunakan panel surya merk Kenika NMS100W dengan spesifikasi :

Tabel 4.5 Data Sheet Panel Surya Monocrystalline

Kenika NMS100W	
Maximum Power (Pmax)	100 wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	18,0 V
Maximum Power Current (Imp)	5,56 A
Open Circuit Voltage (Voc)	22,5 V
Short Circuit Current (Isc)	6,01 A
NOCT	45 °C
Efficiency	14,35%

Berdasarkan data beban harian yang akan disuplai oleh PLTS hybrid maka total pemakaian energi adalah :

$$E_T = 50 \% \times \text{total pemakaian beban}$$

$$= 50 \% \times 7176 \text{ Wh/hari}$$

$$= 3588 \text{ Wh} = 3,588 \text{ kWh/hari}$$

Nilai Insolasi Matahari yang digunakan dalam perencanaan PLTS hybrid adalah nilai rata-rata paling minimum, karena jika insolasi matahari minimum PLTS masih bisa menyuplai beban yang diperlukan. Nilai  $\eta_{PV}$  adalah 14,35% sesuai data produk panel surya, nilai  $\eta_{out}$  adalah efisiensi keluaran inverter, pengotoran pada permukaan panel surya dan baterai. Nilai dari efisiensi inverter adalah sebesar 90%, untuk pengotoran permukaan panel dan baterai diasumsikan 95% maka nilai  $\eta_{out}$  adalah:

$$\eta_{out} = \eta_{inverter} \times \eta_{pb}$$

$$= 0,90 \times 0,95$$

$$= 0,85$$

Panel surya bekerja optimal pada suhu standarnya yaitu sebesar 25 °C, dari data BMKG Pangsuma Putussibau, suhu rata-rata paling besar di Putussibau mencapai 31,7 °C. maka kenaikan temperatur dari suhu standar panel dapat beroperasi adalah 6,7 °C maka akan ada pengurangan daya yang akan dihasilkan oleh panel surya, maka persamaannya adalah :

$$P_{\text{saat } \Delta t} = 0,005/^{\circ}\text{C} \times 6,7 \text{ }^{\circ}\text{C} \times 100 \text{ W}$$

$$= 3,35 \text{ W}$$

Maka daya bersih panel surya pada temperatur sekitar sebesar 31,7 °C dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_{\text{maks } t'} = P_{\text{max}} - P_{\text{saat } \Delta t}$$

$$= 100 \text{ W} - 3,35 \text{ W}$$

$$= 96,65 \text{ W}$$

Untuk menghitung faktor koreksi temperatur dapat menggunakan persamaan:

$$\text{FKT} = \frac{P_{\text{maks } t'}}{P_{\text{max}}}$$

$$= \frac{96,65}{100} = 0,9665$$

Kemudian setelah mendapatkan Insolasi Matahari,  $\eta_{PV}$ , FKT dan  $\eta_{out}$  dapat disubstitusikan ke persamaan luas array, maka persamaannya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Luas array} &= \frac{E_T}{G_{av,min} \times \eta_{PV} \times \text{FKT} \times \eta_{out}} \\ &= \frac{3,588 \text{ kWh/hari}}{4,7 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} \times 0,1435 \times 0,9665 \times 0,85} \\ &= 6,48 \text{ m}^2 = 7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan didapatkan luas array adalah 7 m<sup>2</sup>, secara teknis dari observasi lapangan yang telah dilakukan layak untuk diterapkan karena luas atap dari Rumah Makan Pondok Meranti lebih besar dari ukuran tersebut.

#### 4.1.3 Perhitungan Daya Keluaran Panel Surya

Kemudian dapat menghitung daya keluaran panel surya setelah mengetahui nilai luas array, efisiensi panel surya dan  $IT_{stc}$  sebesar 1000W/m<sup>2</sup> menggunakan persamaan:

$$P_{wp} = \text{luas array} \times IT_{stc} \times \eta_{PV}$$

$$= 7 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \times 0,1435$$

$$= 1004,5 \text{ W}$$

Panel surya yang digunakan dalam perencanaan PLTS *hybrid* ini berkapasitas 100 wp. Berdasarkan kapasitas panel tersebut, maka jumlah panel surya yang akan digunakan dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$N_{\text{panel}} = \frac{P_{wp}}{P_{\text{max}}}$$

$$= \frac{1004,5}{100} = 10,04$$

$$= 11 \text{ unit panel surya}$$

Untuk menghitung energi keluaran panel surya setiap jamnya, dapat menggunakan persamaan :

$$E = P_{\text{max}} \times \frac{IT_t}{IT_{STC}} \times \eta_{PV} \times N_{\text{panel}} \times t$$

Hasil perhitungan daya keluaran panel surya setiap jam dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.6 Energi Keluaran Panel Surya Setiap Jam

Jam	Radiasi matahari rata-rata (Wh/m <sup>2</sup> )	Energi dihasilkan panel surya (Wh)
07.00-08.00	251,7	35,7577
08.00-09.00	420,8	59,7809
09.00-10.00	567,2	80,5792
10.00-11.00	677,6	96,2632
11.00-12.00	727,2	103,3096
12.00-13.00	725,5	103,0681
13.00-14.00	666,9	94,7431
14.00-15.00	513,5	72,9503
15.00-16.00	308,5	43,8270
16.00-17.00	120,6	17,1330
<b>Total</b>		<b>707,4121</b>

Setelah mendapatkan hasil perhitungan daya keluaran panel surya setiap jamnya maka dapat melihat berapa sisa kontribusi energi listrik yang dihasilkan oleh jaringan PLN melalui tabel berikut :

Tabel 4.7 Kontribusi Daya Listrik Setiap Sumber

Jam	Daya (Watt)	Energi dihasilkan panel surya (Wh)	Energi yang disalurkan PLN (Wh)
07.00-08.00	988	35,7577	952,2423
08.00-09.00	988	59,7809	928,2191
09.00-10.00	543	80,5792	462,4208
10.00-11.00	543	96,2632	446,7368
11.00-12.00	823	103,3096	719,6904
12.00-13.00	823	103,0681	719,9319
13.00-14.00	823	94,7431	728,2569
14.00-15.00	543	72,9503	470,0497
15.00-16.00	551	43,8270	507,1730
16.00-17.00	551	17,1330	533,867

#### 4.1.4 Perhitungan Kapasitas Baterai

Pada perencanaan PLTS ini menggunakan baterai dengan merk Narada VRLA. Dalam tahapan perencanaan, jumlah hari penyimpanan ditetapkan 1 hari, untuk menjaga usia pakai baterai maka *Depth of Discharge* (DOD) ditetapkan sebesar 50% karena semakin dalam DOD yang diberatkan ke baterai maka semakin pendek juga usia pakai baterai tersebut. Spesifikasi baterai yang digunakan sebagai berikut :

Tabel 4.8 Data Sheet Baterai

Narada VRLA	
Tegangan Nominal	12 volt
Kapasitas	100 Ah

Dengan spesifikasi baterai diatas maka dapat dihitung jumlah baterai yang digunakan yaitu :

Ah pemakaian = total beban Ah/hari × hari penyimpanan

$$= 664,44 \text{ Ah} \times 1$$

$$= 664,44 \text{ Ah}$$

Total jumlah baterai yang digunakan :

$$\text{Total Ah baterai} = \frac{\text{Ah yang dibutuhkan}}{\text{DOD}}$$

$$= \frac{664,44}{50\%} = 1328,88 \text{ Ah}$$

$$N_{\text{hub seri}} = \frac{\text{tegangan sistem}}{\text{tegangan nominal baterai}}$$

$$= \frac{12}{12} = 1$$

$$N_{\text{hub paralel}} = \frac{\text{Ah Baterai}}{\text{Ah tiap Baterai}}$$

$$= \frac{1328,88}{100} = 13,28 = 14 \text{ unit}$$

$$N_{\text{total baterai}} = N_{\text{hub paralel}} \times N_{\text{hub seri}}$$

$$= 14 \times 1 = 14 \text{ unit baterai}$$

#### 4.1.5 Perhitungan Solar Charger Controller

*Solar Charger Controller* yang digunakan ialah dengan merk Kenika SCE-1224 dengan spesifikasi :

Tabel 4.9 Data Sheet Baterai

Kenika SCE-1224	
Rated Power	650 W
Charge Current	50 A
Input Voltage	12 V
MPPT Efficiency	≥ 99,5%

$$I_{\text{maxPV}} = I_{\text{mpp}} \times N_{\text{panel}}$$

$$= 5,56 \text{ A} \times 11$$

$$= 61,16 \text{ A}$$

Diketahui kapasitas charge current sebesar 50A dan total arus maksimum yang dihasilkan oleh panel surya adalah 61,16 A, maka jumlah Solar Charger Controller yang harus digunakan berjumlah 2 buah. Lamanya waktu pengisian yang ideal dapat dicari dengan persamaan :

$$\text{Total waktu (jam)} = \frac{\text{Ah baterai yang dikeluarkan}}{\text{arus maksimum panel surya}}$$

$$= \frac{664,44}{61,16} = 10,88 = 11 \text{ jam}$$

Maka dari perhitungan diatas, lama waktu ideal yang dibutuhkan untuk proses pengisian baterai adalah 11 jam dengan kondisi baterai bisa memback up beban ketika jaringan listrik sedang gangguan

#### 4.1.6 Perhitungan Kapasitas Inverter

Total daya terbesar yang beroperasi secara serentak ( $P_{LS}$ ) terjadi pada pukul 07.00-09.00 dengan daya 988 W, kemudian menghitung kapasitas inverter dengan persamaan:

$$\begin{aligned} P_{inv} &= P_{LS} \times (1 + FK) \\ &= 988 \times (1 + 25\%) \\ &= 1235 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Kapasitas inverter didapatkan dari perhitungan diatas adalah 1235 Watt, maka kapasitas daya yang digunakan pada perencanaan PLTS ini adalah inverter kapasitas 1500 Watt dengan merk Souer HDA-1500C, spesifikasi inverter ini dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.10 Data Sheet Inverter

Souer HDA-1500C	
Power	1500 W
Frequency	50 Hz
Efficiency	90 %
Voltage Range	DC 10-15V (12V)
Wave	Pure Sine Wave

#### 4.2 Analisis Kelayakan Investasi

##### 4.2.1 Perhitungan Energi Yang Dihasilkan PLTS

Hasil keluaran maksimum dari panel surya dapat ditentukan sesuai rating kapasitas dari panel surya yang dipasang, pada PLTS hybrid yang direncanakan di Rumah Makan Pondok Meranti, energi input panel surya yang terpasang dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned} P_i &= N_{panel} \times P_{maks} \\ &= 11 \times 96,65 = 1063,15 \text{ W} \end{aligned}$$

Energi yang dihasilkan oleh panel surya sangat berpengaruh terhadap insolasi matahari yang ada. Setiap insolasi harian matahari rata-rata sebesar 5,02 kWh/m<sup>2</sup> sama dengan 5,02 jam penyinaran matahari per hari. Maka energi yang dihasilkan PLTS selama satu hari dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned} E_{out} &= P_i \times \text{insolasi matahari} \\ &= 1063,15 \times 5,02 = 5337 \text{ Wh} = 5,337 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan energi yang dihasilkan selama satu hari maka energi yang dihasilkan selama satu tahun adalah :

$$\begin{aligned} E_{out} \text{ tahunan} &= E_{out} \times \text{jumlah hari selama satu tahun} \\ &= 5,337 \text{ kWh} \times 365 = 1.948,005 \text{ kWh} \end{aligned}$$

##### 4.2.2 Investasi Awal

Perkiraan biaya investasi awal yang dibutuhkan untuk merencanakan PLTS di Rumah Makan Pondok Meranti dari komponen PLTS, biaya administrasi dan instalasinya dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 5.1 Data Komponen Dan Biaya Investasi Awal

No	Komponen	Kuantitas	Harga	Total Harga
1	Panel Surya NMS-100W	11	Rp.684.000	Rp.7.524.000
2	Baterai Narada VRLA 100Ah	14	Rp.1.750.000	Rp.24.500.000
3	Solar Charger Controller MPPT SCE-1224	2	Rp.2.000.000	Rp.4.000.000
4	Inverter HDA-1500C	1	Rp.3.150.000	Rp.3.150.000
5	Box Panel Listrik		Rp.900.000	Rp.900.000
6	Kabel Instalasi		Rp.2.000.000	Rp.2.000.000
7	Perizinan dan Jasa Pemasangan		Rp.10.000.000	Rp.10.000.000
Total Biaya				Rp.52.074.000

##### 4.2.3 Biaya Operasional Dan Pemeliharaan

Besarnya biaya operasional dan pemeliharaan pada perencanaan PLTS di Rumah Makan Pondok Meranti ditetapkan 1% dari total biaya investasi awal. Mengacu pada operasional dan pemeliharaan PLTS pada umumnya sebesar 1-2% dari biaya investasi awal. Maka dari itu untuk menghitung biaya operasional dan pemeliharaan dapat menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} OP &= 1\% \times \text{investasi awal} \\ &= 0,01 \times \text{Rp.52.074.000} = \text{Rp.520.740} \end{aligned}$$

##### 4.2.4 Perhitungan Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup pada sistem PLTS ditentukan oleh nilai sekarang dari biaya total sistem PLTS yang terdiri dari biaya investasi awal , biaya jangka panjang untuk pemeliharaan, operasional dan pemeliharaan nilai sekarang ( $OP_{pw}$ ). Perencanaan PLTS dalam penelitian ini diasumsikan beroperasi selama 25 tahun. Besarnya tingkat diskonto ( $i$ ) sebesar 11% mengacu pada tingkat suku bunga kredit Bank Indonesia.

Besarnya nilai sekarang untuk biaya pemeliharaan dan operasional PLTS selama umur proyek 25 tahun dengan tingkat diskonto 11% dapat dihitung dengan persamaan

$$\begin{aligned} OP_{pw} &= OP \left[ \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\ &= \text{Rp.520.740} \left[ \frac{(1+0,11)^{25} - 1}{0,11(1+0,11)^{25}} \right] \\ &= \text{Rp.4.385.539} \end{aligned}$$

Diperoleh biaya operasional dan pemeliharaan nilai sekarang sebesar Rp.4.385.539 dan biaya operasional dan pemeliharaan nilai sekarang untuk baterai sebesar Rp.17.268.293, PLTS yang akan dikembangkan selama umur proyek 25 tahun dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{BSH} &= I + \text{OP}_{\text{PW}} + \text{OP}_{\text{PW(B)}} \\
 &= \text{Rp.52.074.000} + \text{Rp.4.385.539} + \\
 &\quad \text{Rp.17.268.293} \\
 &= \text{Rp.73.727.832}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.5 Perhitungan Faktor Pemulihan Modal

Faktor pemulihan modal adalah faktor yang digunakan untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup menjadi sebuah pembayaran tahunan dengan jumlah yang sama :

$$\begin{aligned}
 \text{FPM} &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\
 &= \frac{0,11(1+0,11)^{25}}{(1+0,11)^{25} - 1} \\
 &= 0,1187
 \end{aligned}$$

#### 4.2.6 Perhitungan Biaya Energi

Biaya energi adalah perbandingan antara biaya total energi selama satu tahun dari sistem dengan energi yang dihasilkan dalam jangka periode yang sama, dapat dihitung dengan persamaan :

$$\begin{aligned}
 \text{BE} &= \frac{\text{BSH} \times \text{FPM}}{\text{Eout tahunan}} \\
 &= \frac{73.727.832 \times 0,1187}{1.948,005} \\
 &= 4.492,541 / \text{kWh}
 \end{aligned}$$

#### 4.2.7 Perhitungan Faktor Diskonto

Persamaan faktor diskonto untuk n adalah tahun ke 1 adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{F}_D &= \frac{1}{(1+i)^n} \\
 &= \frac{1}{(1+0,11)^1} \\
 &= 0,90
 \end{aligned}$$

Tabel 5.2 Pengolahan Alur Kas PLTS

No	Biaya	Arus kas bersih	F <sub>D</sub> 11%	PV/NCF	Kumulatif PV/NCF
0	Rp.52.074.000		1		
1		Rp.8.230.752	0,90	Rp.7.407.678	Rp.7.407.678
2		Rp.8.230.752	0,82	Rp.6.749.216	Rp.14.156.894
3		Rp.8.230.752	0,74	Rp.6.090.756	Rp.20.247.650
4		Rp.8.230.752	0,66	Rp.5.432.296	Rp.25.679.946
5		Rp.8.230.752	0,59	Rp.4.856.143	Rp.30.536.089
6		Rp.8.230.752	0,53	Rp.4.362.298	Rp.34.898.387
7		Rp.8.230.752	0,48	Rp.3.950.761	Rp.38.849.148
8		Rp.8.230.752	0,43	Rp.3.539.223	Rp.42.388.371
9		Rp.8.230.752	0,39	Rp.3.209.993	Rp.45.598.364
10		Rp.8.230.752	0,35	Rp.2.880.763	Rp.48.479.127
11		Rp.8.230.752	0,32	Rp.2.633.840	Rp.51.112.967
12		Rp.8.230.752	0,29	Rp.2.386.918	Rp.53.499.885
13		Rp.8.230.752	0,26	Rp.2.139.995	Rp.55.639.880
14		Rp.8.230.752	0,23	Rp.1.893.072	Rp.57.532.952
15		Rp.8.230.752	0,21	Rp.1.728.458	Rp.59.261.410
16		Rp.8.230.752	0,19	Rp.1.563.843	Rp.60.825.253
17		Rp.8.230.752	0,17	Rp.1.399.228	Rp.62.224.481
18		Rp.8.230.752	0,15	Rp.1.234.613	Rp.63.459.094
19		Rp.8.230.752	0,14	Rp.1.152.305	Rp.64.611.399
20		Rp.8.230.752	0,12	Rp.987.690	Rp.65.599.089
21		Rp.8.230.752	0,11	Rp.905.383	Rp.66.504.472
22		Rp.8.230.752	0,10	Rp.823.075	Rp.67.327.547
23		Rp.8.230.752	0,09	Rp.740.767	Rp.68.068.314
24		Rp.8.230.752	0,08	Rp.658.460	Rp.68.726.774
25		Rp.8.230.752	0,07	Rp.576.152	Rp.69.302.926

#### 4.2.8 Analisa Ekonomis Menggunakan Metode Net Present Value (NPV)

*Net present value* (NPV) menyatakan bahwa seluruh aliran kas bersih dinilaiselenggarakan atas dasar faktor diskonto. Teknik ini menghitung selisih antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. Untuk menghitung NPV dipergunakan persamaan :

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{NCF}_t}{(1+i)^t} - I$$

Didapatkan hasil pada tahun ke 25 sebesar Rp.69.302.926, dengan nilai investasi awal sebesar 52.074.000 maka besar nilai NPV adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{NPV} &= \text{Rp.69.302.926} - \text{Rp.52.074.000} \\
 &= \text{Rp.17.228.926}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan NPV bernilai positif yaitu 17.228.926 (>0), menunjukkan bahwa investasi PLTS hybrid di Rumah Makan Pondok Meranti layak diterapkan.

#### 4.2.9 Analisa Ekonomis Menggunakan Metode Profitability Index (PI)

*Profitability index* (PI) merupakan perbandingan antara seluruh kas bersih nilai sekarang dengan investasi awal. *Profitability index* diperhitungkan dengan persamaan :

$$\text{PI} = \frac{\sum_{t=1}^n \text{NCF}_t (1+i)^{-t}}{I}$$



Didapatkan hasil pada tahun ke 25 sebesar Rp.69.302.926, dengan nilai investasi awal sebesar Rp.52.074.000 maka besar nilai PI adalah :

$$PI = \frac{Rp.69.302.926}{Rp.52.074.000} = 1,3308$$

Hasil perhitungan PI bernilai 1,3308 ( $\geq 1$ ), menunjukkan bahwa investasi PLTS hybrid di Rumah Makan Pondok Meranti dengan metode PI layak diterapkan.

#### 4.2.10 Analisa Ekonomis Menggunakan Metode Discounted Payback Period

Dari tabel 5.2 diketahui bahwa pada tahun ke-12, total nilai arus kas bersih dinilai sekarang akan menyamai nilai investasi awal dan total nilai arus kas bersih dinilai sekarang akan mampu menutupi biaya investasi awal yang direncanakan selama 25 tahun. Maka dalam jangka waktu 25 tahun rencana investasi awal dari PLTS sudah bisa tergantikan. Berdasarkan hal diatas bahwa perencanaan PLTS sistem *hybrid* di Rumah Makan Pondok Meranti menggunakan metode *Discounted Payback Period* (DPP) layak untuk diterapkan karena masa pengembalian modal investasi awal kurang dari jangka waktu umur proyek yaitu selama 25 tahun.

## 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil keseluruhan dari penelitian tentang Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem Hybrid Sebagai Sumber Energi Alternatif dengan mempertimbangkan dari segi teknik, biaya dan ekonomis, maka dapat diambil kesimpulan :

- Perencanaan PLTS sistem hybrid di Rumah Makan Pondok Meranti bertujuan untuk pemanfaatan energi alternatif yang belum maksimal di wilayah tersebut, energi listrik PLTS yang diperhitungkan sebesar 50% dari beban harian pada siang hari, total energi listrik yang dapat dibangkitkan dari PLTS sebesar 707,4121 Wh.
- Komponen PLTS yang dipergunakan setelah diperhitungkan untuk kebutuhan back up daya listrik adalah 11 panel surya 100 wp, 14 unit baterai tegangan 12V berkapasitas 100 Ah yang diperkirakan akan diisi sekitar 10,05 jam, 2 unit *solar charger controller*, dan 1 unit inverter berkapasitas 1500 W.
- Dari aspek ekonomis yang telah diperhitungkan, perkiraan biaya investasi sebesar Rp.52.074.000, dengan perhitungan ekonomis menggunakan metode *Net Present Value* (NPV) mendapatkan hasil positif, perhitungan ekonomis menggunakan metode *Profitability Index* (PI) mendapatkan hasil yang sama bernilai lebih dari satu, dan perhitungan ekonomis menggunakan metode *Discounted Payback Period* (DPP) mendapatkan hasil investasi kembali sebelum 25 tahun menunjukkan bahwa investasi PLTS sistem *hybrid* di Rumah Makan Pondok Meranti layak untuk diterapkan.

### 5.2 Saran

Penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Maka dari itu untuk pengembangan dimasa mendatang dapat melakukan :

- Perlu membahas lebih rinci mengenai aspek-aspek dalam perencanaan PLTS seperti aspek lingkungan sekitar,

yang dapat membuat perencanaan PLTS sistem hybrid bisa sangat layak untuk diterapkan.

- Perlu adanya kajian teknis dan ekonomis menggunakan metode-metode yang belum digunakan dalam skripsi ini.
- Dapat diusulkannya perencanaan kepada pemilik Rumah Makan Pondok Meranti untuk pemasangan PLTS hybrid agar dapat memback up kebutuhan beban dan menekan biaya pembayaran listrik.

### Daftar Pustaka

- [1]. S. Sukmajati, M. Hafidz. 2015. *Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 Mw On Grid Di Yogyakarta*. Jurnal Energi & Kelistrikan Vol. 7 no.1
- [2]. G.H Sihotang. 2019. *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop Di Hotel Kini Pontianak*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Vol. 1 no.1
- [3]. W. Noviandi, A. Hiendro, Junaidi. 2019. *Rancang Bangun Solar Sel Pada Gedung Perkantoran Sebagai Energy Listrik Alternative (Studi Kasus: Gedung Kantor Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sintang Provinsi Kalimantan Barat)*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Vol. 1 no.1
- [4]. T. Priyono, K.H. Khwee, Yandri. 2019. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Peternakan Ayam Pedaging ( Broiler ) Di Gang Karya Tani Pontianak Selatan*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, Vol. 1 no.1
- [5]. F. Nurosyid, A. Supriyanto, R. Suryana, Y. Iriani. 2018. *Aplikasi PLTS On Grid Pada Usaha Pembesaran Lele*. Jurnal IKB, Vol. 23 no.11
- [6]. M. Naim, S. Wardoyo, 2017. *Rancangan Sistem Kelistrikan Plts On Grid 1500 Watt Dengan Back Up Battery Di Desa Timampu Kecamatan Towuti*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 8 no.2
- [7]. Contaned Energy Indonesia. 2010. *Buku Panduan Energi Yang Terbarukan*. Kementerian Dalam Negeri Program PNPM-MP/LMP
- [8]. B. Kencana, B. Prasetyo, H. Berchmans, I. Agustina, P. Myrasandri, R. Bona, R.R. Panjaitan, Winne. 2018. *Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terpusat*. Jakarta: Direktur Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi
- [9]. B.H. Purwoto, Jatmiko, M. Alimul F, I.F. Huda. 2018. *Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif*, Jurnal Emitor, Vol. 18 no.1
- [10]. R. Mario. 2015. *Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS*. Jurnal Elkha Vol. 7 no. 2
- [11]. G.M. Masters. 2004. *Renewable And Efficient Electric Power Systems*. United States of America: Stanford University
- [12]. R. Energiewandlung, F. Kininger. 2003. *Photovoltaic Systems Technology*. Germany: Universitat Kassel

### Biografi



Aditya Gilang Mahesa, lahir di Sanggau pada tanggal 15 Juni 1998. Menempuh pendidikan Strata 1 (S1) Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura sejak tahun 2016. Memperoleh gelar sarjana pada tahun 2021.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS TANJUNGPURA  
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124  
Telp. (0561) 740186 Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

---

**SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN JURNAL**

Yang bertanda tangan dibawah ini Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada jurnal yang berjudul **“Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem *Hybrid* Sebagai Sumber Energi Alternatif”** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

Nama : Aditya Gilang Mahesa  
NIM : D1021161030  
Jurusan : Teknik Elektro  
Program Studi : Teknik Elektro  
Konsentrasi : Teknik Tenaga Listrik (TTL)

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, September 2021

Pembimbing Utama,

Yandri, S.T., M.T.  
NIP. 196903291999031001

Pembimbing Pendamping,

Ir. Kho Hie Khwee, M.T., IPM  
NIP. 196505261992021001