

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat *OFF-GRID System* Pada Gedung LAB Terpadu II Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

Yanolanda S H¹, Muhamad H J¹, Adhadi K¹, Bambang Istijono²

¹Teknik Elektro Universitas Bengkulu, ²Program Studi Program Profesi Insinyur Sekolah Pascasarjana Universitas
Andalas *E-mail: yaanolanda@unib.ac.id

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi energi matahari yang cukup tinggi untuk menghasilkan energi terbarukan. Universitas Bengkulu merupakan kampus yang memiliki banyak gedung yang berpotensi untuk menghasilkan energi terbarukan matahari, akan tetapi masih banyak gedung yang belum memanfaatkan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebagai sumber energi terbarukan, sehingga jika terjadi pemadaman maka semua peralatan yang ada digedung tersebut menjadi tidak berfungsi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang PLTS *Off-Grid* untuk gedung laboratorium sebagai pusat energi terbarukan di Universitas Bengkulu dengan data daya listrik dan data beban listrik di gedung laboratorium terpadu 2 lantai 1 sampai lantai 4 Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Metode pendukung yang digunakan untuk melakukan study kelayakan menggunakan *software* HOMER. Hasil penelitian menunjukkan data penelitian yang didapat untuk merancang pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *off-grid* pada gedung laboratorium terpadu 2 Universitas Bengkulu untuk menjadi pusat energi terbarukan dengan daya maksimal sebesar 44.000 W. Kemudian merancang PLTS *off-grid* dengan menggunakan sell surya sebanyak 324 pcs panel dengan posisi yang sejajar terpasang seri dan paralel, baterai 12 v 100 Ah sebanyak 184 pcs, *solar charge controller* 311 A, dan inverter 2 Kw.

Kata Kunci : PLTS, PLTS *Off-Grid*, *Homer*.

ABSTRACT

Indonesia is a country that has a high potential for solar energy to produce renewable energy. Bengkulu University is a campus that has many buildings that have the potential to produce solar renewable energy, but there are still many buildings that have not utilized PLTS (Solar Power Plants) as a source of renewable energy, so that if a blackout occurs, all the equipment in the building will not function. . This study aims to design an Off-Grid PLTS for a laboratory building as a renewable energy center at the University of Bengkulu with electric power data and electrical load data in an integrated laboratory building 2 floors 1 to 4 floors of the Faculty of Engineering, University of Bengkulu. The supporting method used to conduct a feasibility study uses HOMER software. The results show that the research

data obtained is used to design an off-grid solar power plant (PLTS) in the integrated laboratory building 2, University of Bengkulu to become a renewable energy center with a maximum power of 44,000 W. Then design an off-grid PLTS using 324 solar cells. pcs of panels with parallel positions installed in series and parallel, 184 pcs of 12 v 100 Ah batteries, 311 A solar charge controller, and 2 Kw inverter.

Keyword: PLTS, PLTS *Off-Grid*, *Homer*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang dilalui oleh garis khatulistiwa dan beriklim tropis. Penggunaan sumber energi terbarukan saat ini telah meningkat secara signifikan mengikuti perkembangan. Sumber yang digunakan yaitu sumber energi dengan memanfaatkan energi terbarukan yang tersedia dan ramah lingkungan seperti energi matahari. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat mengalirkan energi yang maksimal pada waktu pagi hari sampai sore hari sehingga dapat dikembangkan untuk kebutuhan listrik pada rumah dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan yang tersedia [1].

Panel surya merupakan salah satu pembangkit listrik terbarukan yang sangat potensial untuk digunakan dimasa mendatang. Sekarang ini, telah banyak peneliti menemukan berbagai alat pembangkit tenaga listrik yang bekerja dengan mengubah suatu energi menjadi energi listrik. Salah satu alat yang optimal untuk menghasilkan energi listrik di Indonesia yaitu "Panel Surya".. Pengaruh atmosfer akan menentukan besarnya daya dari energi sumber cahaya yang sampai pada seluruh permukaan panel surya [3].

Universitas Bengkulu merupakan kampus yang memiliki banyak gedung dan mempunyai posisi yang strategis untuk memanfaatkan energi terbarukan matahari. Di Universitas Bengkulu masih banyak gedung yang belum memanfaatkan PLTS sebagai sumber energi listrik terbarukan, sehingga jika terjadi pemadaman maka semua peralatan yang ada digedung menjadi tidak berfungsi. Untuk mendukung penghematan biaya dan

kebutuhan energi listrik yang ada di kawasan laboratorium fakultas teknik Universitas Bengkulu, maka PLTS terpusat *off-grid system* sangat cocok untuk diterapkan dengan memanfaatkan tenaga surya.

Potensi tenaga surya di wilayah Bengkulu khususnya di laboratorium fakultas teknik Universitas Bengkulu cukup besar untuk dapat digunakan sebagai pembangkit listrik mandiri. Pengembangan energi surya mencakup pemanfaatan gedung laboratorium fakultas teknik untuk mendorong mengembangkan PLTS dalam kampus Universitas Bengkulu, dan mendorong terciptanya sistem dan pola pendanaan yang efisien. Berdasarkan uraian di atas diperlukan suatu gedung laboratorium sebagai pusat energi listrik terbarukan, sehingga perlu dilakukannya penelitian demi mencapai tujuan untuk penggunaan PLTS, maka diangkatlah penelitian ini mengenai “Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat *Off-Grid System* Pada Gedung Laboratorium Sebagai Pusat Energi Terbarukan”.

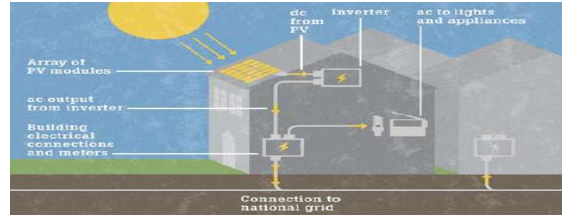
2. KERANGKA TEORITIS

A. Energi Matahari

Matahari memancarkan energi dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi disebut *insolation* (*incoming solar radiation*) yang mengalami penyerapan (*absorpsi*), pemantulan, hamburan, dan pemancaran kembali atau *reradiasi*. Posisi matahari dapat diketahui dengan pengetahuan pengamat mengenai garis lintang (*latitude*) dan garis bujur (*longitude*), disamping waktu dan tanggal pengamatan. Perbedaan garis lintang dan bujur suatu daerah akan mempengaruhi potensi energi matahari di daerah tersebut, oleh karena itu untuk mendapatkan energi matahari yang optimal ada dua hal yang harus dipertimbangkan, yaitu sudut elevasi dan sudut *azimuth* [10].

1). Potensi Energi Matahari

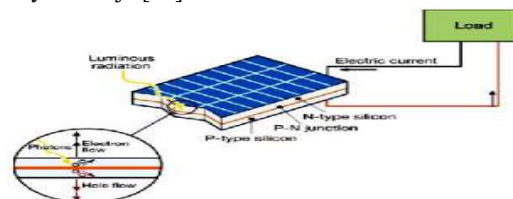
Radiasi Sinar Matahari dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi terbarukan dengan bantuan solar panel sebagai pengubah energi radiasi menjadi pembangkit listrik. Berdasarkan instalasi PLTS dibedakan menjadi sistem *Off grid* dan *On grid connected*. PLTS *off grid* dikenal juga dengan sistem *stand alone* dengan *On grid* adalah PLTS yang terhubung ke *grid utility* [11].



Gambar 1 skema PLTS rooftop On Grid [11]

2). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (fotovoltaik) untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Berikut ini bagaimana sel surya bekerja [13].



Gambar 2 Sistem Kerja Sel Surya [13]

Gambar 2.2. memperlihatkan bagaimana sel surya bekerja. Pada umumnya PLTS terdiri atas beberapa komponen utama yaitu, generator sel surya (PV generator) yang merupakan susunan modul surya pada suatu sistem penyangga, inverter untuk mengkonversi arus DC menjadi arus AC baik sistem satu fasa atau tiga fasa untuk kapasitas besar, charge controller dan baterai untuk PLTS dengan sistem penyimpanan (*storage*), serta sistem kontrol dan monitoring operasi PLTS.

B). Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

1). Panel Surya

Sel surya terdiri dari sambungan bahan semikonduktor bertipe *p* dan *n* (*p-n junction semiconductor*) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Semikonduktor jenis *n* merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron sehingga kelebihan muatan negatif (*n*= negatif), sedangkan semikonduktor jenis *p* memiliki kelebihan *hole* sehingga kelebihan muatan positif (*p*= positif). Sejumlah modul umumnya terdiri dari 36 sel surya atau 33 sel dan 72 sel. Pengoperasian maksimum panel surya sangat bergantung pada temperatur, *insolation*, kecepatan angin, keadaan atmosfer dan peletakan panel surya [15].

2). Baterai

Baterai adalah komponen PLTS yang berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari, untuk kemudian dipergunakan pada malam hari dan pada saat cuaca mendung.. Kapasitas baterai dalam suatu perencanaan PLTS dipengaruhi pula faktor *autonomy*, yaitu keadaan baterai dapat menyuplai beban secara menyeluruh ketika tidak ada energi yang masuk dari panel surya [15].

Besarnya kapasitas total baterai (Ah) yang dibutuhkan dalam suatu sistem PLTS dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1:

$$(Ah) = \frac{E_1}{(\%Max DOD) \times (TCF) \times V_{baterai}} \times AD \quad (1)$$

TCF (*Temperature correction factor*) adalah perbandingan antara daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur di sekitar panel surya naik menjadi $t^{\circ}C$ dari temperatur standarnya dengan daya keluaran maksimum panel surya. Besarnya TCF dapat dihitung menggunakan persamaan 2:

$$TCF = \frac{P_{mpp\text{ saat selisih } t^{\circ}C}}{P_{mpp}} \quad (2)$$

Total energi yang dapat dihasilkan dari baterai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.

$$W = \text{Kapasitas Baterai} \times \text{Jumlah Baterai} \quad (3).$$

3). Inverter

Inverter adalah peralatan elektronik yang berfungsi mengubah energi DC menjadi energi AC. Energi yang dihasilkan panel surya adalah arus DC, oleh karena itu pada sistem PLTS dibutuhkan *inverter* untuk mengubah energi dari panel dan baterai tersebut agar dapat menyuplai kebutuhan energi AC. Perhitungan kapasitas *inverter* disesuaikan dengan beban puncak yang harus disuplai serta dihitung dengan menambahkan faktor future margin, error margin dan capacity factor seperti pada persamaan 4:

$$P = \frac{EL_{BP} \times FM \times EM}{CF} \quad (4)$$

4). Charge Controller

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian dikarena batere sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya.

1 *input* dengan 2 terminal yang terhubung dengan *output* panel sel surya, 1 *output* dengan 2 terminal yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 *output* dengan 2 terminal yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC

yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada dioda *protection* yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel sel surya ke baterai bukan sebaliknya [15].

5). Kapasitas Komponen PLTS

Kapasitas jumlah panel surya yang akan digunakan tergantung pada daya (*Wattpeak*) yang dibangkitkan PLTS untuk memenuhi kebutuhan energi diperhitungkan.

C) Perhitungan Data Kebutuhan Beban, Kapasitas Baterai dan Kapasitas Modul Surya

1). Data Kebutuhan Beban

Sebelum melakukan analisa sebuah sistem PLTS maka terlebih dahulu untuk mengetahui beban energi keseluruhan pada gedung. Adapun cara untuk mendapatkan data kebutuhan beban adalah :

$W \times T$

Dengan :

W= Daya Beban (Watt)

T = waktu Operasi (Jam)

Untuk wat ke kwh

$$Kwh = w : 1000 \quad (5)$$

2. Perhitungan Jumlah Panel Surya

Untuk menghitung kapasitas daya modul surya yang dibutuhkan, akan sangat tergantung dari energi beban yang dibutuhkan dan radiasi harian yang tersedia dilokasi.

$$\frac{E_T}{Insolasi Matahari} \times \text{Faktor Penyesuaian} \quad (6)$$

3. METODE RISET

1). Pengolahan Data

Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik elektro universitas bengkulu dan kawasan fakultas teknik Universitas Bengkulu. Waktu pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Februari 2023 sampai dengan selesai. Objek penelitian yang digunakan adalah potensi energi listrik dari sumber energi terbarukan yaitu surya/cahaya matahari, sehingga nantinya akan diketahui potensi sumber energi terbarukan di kawasan gedung fakultas teknik Universitas Bengkulu. Data yang diperlukan pada penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder.

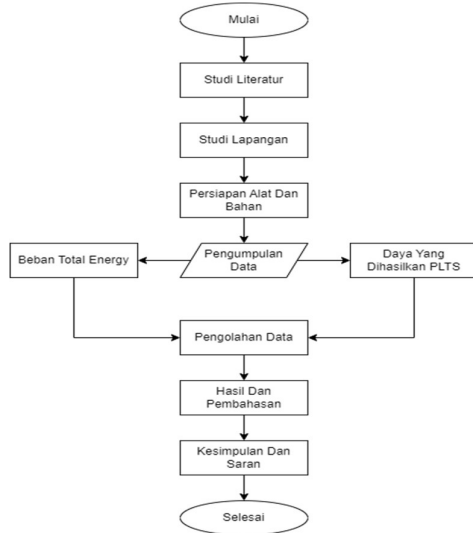
A). Alat dan Bahan Penelitian

Software HOMER Pro 3.14.2

Software HOMER dalam penelitian ini berfungsi sebagai analisa ekonomi untuk mencari nilai produksi

listrik setiap kWh listrik dari desain pembangkit listrik tenaga surya berupa data cahaya matahari sehingga peneliti mengetahui bagaimana efisien dari pembangkit PLTS dan berapa jumlah PLTS yang diperlukan untuk dapat menghidupkan peralatan elektronik yang ada pada gedung laboratorium di Universitas Bengkulu.

B). Flowchart Penelitian



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

1). Data Daya Listrik Aktif 12 Jam

Penelitian ini dilakukan untuk melakukan pendataan daya listrik di gedung Laboratorium Terpadu II Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Adapun data yang diambil berupa beban lampu, AC, dan komputer. Pendataan daya listrik pada gedung laboratorium terpadu 2 fakultas teknik dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1
PENDATAAN DAYA LISTRIK

No	Nama Alat	Jumlah	Waktu Menyala	Daya Listrik
1	Lampu A	71	12 jam	8 w
2	Lampu B	25	12 jam	12 w
3	Lampu C	8	12 jam	36 w
4	Lampu D	4	12 jam	22 w
5	AC ½ Pk	22	12 jam	400 w
6	AC 1 Pk	4	12 jam	850 w

No	Nama Alat	Jumlah	Waktu Menyala	Daya Listrik
7	Komputer	19	12 jam	250 w
Beban Total				17.496 w

Tabel 1 merupakan pendapatan daya listrik yang digunakan setiap harinya digedung laboratorium terpadu 2 fakultas teknik. Data daya listrik yang terdapat pada gedung dapat dilihat bahwa total daya listrik setiap harinya sebesar 17,496 watt. Akan tetapi energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) tidak 100% dapat digunakan, hal ini kembali disesuaikan pada kemampuan maksimal dari panel tersebut yaitu 20% dari satu panel. Untuk menentukan beban keseluruhan /hari nya selama 12jam dapat di hitung pada persamaan di bawah ini maka :

$$\begin{aligned} \text{Total daya/ jam} \times 12 \text{ kwh} \\ = 17.496 \times 12 = 209,9 \text{ kwh} \end{aligned}$$

2). Profil Beban Gedung Laboratorium Terpadu 2 Lantai 1

Proses awal dalam simulasi penelitian ini menentukan beban total harian yang digunakan pada setiap lantai pada gedung. Beban-bekan yang terdapat pada lantai 1 berupa lampu dan AC, terdapat 28 unit lampu dan 4 unit AC yang digunakan tiap harinya. Lampu yang digunakan terdiri dari 26 unit lampu 8 watt, dan 2 unit lampu 36 watt. Sedangkan AC yang digunakan berupa 1 unit AC 1 Pk dengan daya 850 watt dan 3 unit AC ½ Pk dengan daya 400 watt untuk 1 Pk-nya. Jumlah kebutuhan beban yang digunakan pada lantai 1 dapat dilihat pada Tabel 2.

TABEL 2
BEBAN LANTAI 1

No	Beban	Jumlah	Lama Waktu Menyala (Jam)	Daya (w)	
1	Lampu watt	8	26	12	288
2	Lampu watt	36	2	12	72
3	AC 1 Pk	1	12	850	
4	AC ½ Pk	3	12	1200	
Jumlah Daya (w)				2.410	

3). Analisa Daya Listrik Gedung Laboratorium Terpadu 2 Lantai 2

Data beban total harian dibuat berdasarkan beban listrik gedung laboratorium terpadu 2 fakultas teknik universitas Bengkulu.

Beban-beban yang terdapat pada lantai 1 berupa lampu, AC dan PC. Terdapat 29 unit lampu, 6 unit AC, dan 4 unit PC yang digunakan tiap harinya. Lampu yang digunakan terdiri dari 17 unit lampu 8 watt, 10 unit 12 watt dan 2 unit lampu 36 watt. AC yang digunakan berupa 1 unit AC 1 Pk dengan daya 850 watt dan 5 unit AC ½ Pk dengan daya 400 watt untuk 1 Pk-nya. Sedangkan untuk PC sebesar 4 unit dengan daya sebesar 250 watt untuk 1 PC-nya. Jumlah kebutuhan beban yang digunakan pada lantai 2 dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3
BEBAN LANTAI 2

No	Beban	Jumlah	Lama Waktu Menyala (Jam)	Daya (w)
1	Lampu watt	8	17	12
2	Lampu watt	12	10	12
3	Lampu watt	36	2	12
4	AC 1 Pk	1	12	850
5	AC ½ Pk	5	12	2000
6	PC	4	12	1000
Jumlah Daya (w)				3.179

4). Analisa Daya Listrik Gedung Laboratorium Terpadu 2 Lantai 3

Data beban total harian dibuat berdasarkan beban listrik gedung laboratorium terpadu 2 fakultas teknik universitas Bengkulu pada lantai 3.

Beban-beban yang terdapat pada lantai 3 berupa lampu, AC dan PC, terdapat 26 unit lampu, 9 unit AC, dan 11 unit PC yang digunakan tiap harinya. Lampu yang digunakan terdiri dari 14 unit lampu 8 watt, 6 unit 12 watt, 4 unit lampu 22 watt dan 2 unit lampu 36 watt. AC yang digunakan berupa 2 unit AC 1 Pk dengan daya 850 watt dan 7 unit AC ½ Pk dengan daya 400 watt untuk 1 Pk-nya. Sedangkan untuk PC sebesar 11 unit dengan daya sebesar 250 watt untuk 1 PC-nya. Jumlah kebutuhan beban yang digunakan pada lantai 3 dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4
BEBAN LANTAI 3

No	Beban	Jumlah	Lama Waktu	Daya (w)
----	-------	--------	------------	----------

Menyala (Jam)				
1	Lampu watt	8	14	12
2	Lampu watt	12	6	12
3	Lampu watt	22	4	12
4	Lampu watt	36	2	12
5	AC 1 Pk	2	12	2800
6	AC ½ Pk	7	12	850
7	PC	11	12	2750
Jumlah Daya (w)				6.744

5). Analisa Daya Listrik Gedung Laboratorium Terpadu 2 Lantai 4

Data beban total harian dibuat berdasarkan beban listrik gedung laboratorium terpadu 2 fakultas teknik universitas Bengkulu pada lantai 4.

Beban-beban yang terdapat pada lantai 4 berupa lampu, AC dan PC, terdapat 27 unit lampu, 7 unit AC, dan 4 unit PC yang digunakan tiap harinya. Lampu yang digunakan terdiri dari 14 unit lampu 8 watt, 9 unit 12 watt dan 2 unit lampu 22 watt. AC yang digunakan berupa 7 unit AC ½ Pk dengan daya 400 watt untuk 1 Pk-nya. Sedangkan untuk PC sebesar 4 unit dengan daya sebesar 250 watt untuk 1 PC-nya. Jumlah kebutuhan beban yang digunakan pada lantai 4 dapat dilihat pada Tabel 5.

TABEL 5
BEBAN LANTAI 4

No	Beban	Jumlah	Lama Waktu Menyala (Jam)	Daya (w)
1	Lampu watt	8	14	12
2	Lampu watt	12	6	12
3	Lampu watt	22	4	12
4	AC ½ Pk	7	12	2800
5	PC	11	12	1000
Jumlah Daya (w)				4.164

6). Daya yang dibutuhkan

Dalam menentukan daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya maka dari data

penelitian dapat dihitung berapa banyak daya yang dibutuhkan pada gedung laboratorium terpadu II dengan menggunakan persamaan(2.13) Untuk menentukan banyaknya panel surya yang dibutuhkan, perlu mengetahui *Watt Peak* (WP) yaitu besarnya nominal *watt* yang paling tertinggi terdapat dari panel surya. Di gedung laboratorium terpadu II , sehingga menghitung daya yang di butuhkan digunakan menggunakan cara berikut:

$$W \times T$$

$$Kwh = 17.496 \times 12 = 209.952w = 209,9kwh$$

Menghitung Area Array (PV Area)

Seperti diketahui bahwa setiap kenaikan temperatur 1 (dari temperatur standarnya) pada panel surya, maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0,5% (rizki julianda). Data temperatur maksimum di wilaya pesisir Penelitian ini dilakukan di wilayah Pesisir Kota Bengkulu dan waktu pelaksanaan pengambilan data dimulai dari 9 Oktober 2021 adalah sebesar 35,2 °C. Data temperatur ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu sebesar 10,2 °C dari suhu standar (25 °C) yang diperlukan oleh panel surya. Besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur di sekitar panel surya mengalami kenaikan 10,2 °C dari temperatur standarnya, diperhitungkan dengan persamaan (2.4) sebagai berikut :

p saat t naik menjadi 35,2 °C=0,5 x pmpp x kenaikan suhu tempratur

$$= 0,5\% \times 390w \times 10,2 \text{ } ^\circ\text{C} = 19,89 w$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 35,2°C, diperhitungkan dengan :

Pmpp saat suhu naik menjadi 35,2°C=Pmpp – Psaat suhu naik °C

$$= 390 - 19,89 = 370,11 w$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 35,2°C , maka nilai TCF (Temperature Correction Factor) sebagai berikut :

$$TCF = \frac{370,11 w}{390 w} = 0,94$$

Efisiensi keluaran (out) ditentukan berdasarkan efisiensi komponen-komponen yang melengkapi PLTS. Suatu PLTS yang dilengkapi dengan baterai, charge controller, dan inverter maka nilai untuk out diasumsikan sebesar 0,9.

$$PV AREA = \frac{209,8KWH}{4,8 \times 0,2 \times 0,94 \times 0,9} = 259 m^2$$

Dari data areah (PV area) maka besar daya yang di bangkitkan PLTS (waat peak) dapat di hitung dengan :

$$P Watt peak = area array \times PSI \times \eta Pv$$

Dengan area Peak sun Insolation (PSI) adalah 1000 W/m2 dan efisiensi panel surya adalah 20% maka :

$$P Watt peak = 259 m^2 \times 1000W/m^2 \times 0,2$$

$$= 51.800Watt peak$$

Panel surya yang diperlukan sebagai acuan adalah panel surya yang memiliki spesifikasi PMPP sebesar 390 W per panel. Sehingga berdasarkan spesifikasi tersebut maka jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS yang akan dikembangkan dapat diperhitungkan dengan rumus.

$$Jumlah panel surya = \frac{51.800 wp}{390 wp} = 132,8$$

Unit yang dibutuhkan menjadi 133=133 panel surya

Untuk Pmpp array panel surya yang akan di susun nanti nya 4 seri 33 paralel

$$Vmpp array adalah 78,74v \times 4 = 194,96 v$$

$$Impp array adalah 9,44 \times 33 = 311,52 A$$

$$= 194,96 \times 311,52 = 60.733,9 w$$

Menghitung Kapasitas Charge controller

Kapasitas Charge controller pada keseluruhan panel yang terpasang adalah sebesar :

$$Kapasitas charger kontroler = \frac{60.733 \times 1,25}{194,96} = 389,3 \text{ amper}$$

Menghitung kapsitas batrai

Pada siang hari baterai secara langsung dan juga dapat melakukan pengisian dari panel surya, sehingga pada malam hari baterai tetap dapat di gunakan untuk jumlah baterai yang akan digunakan yaitu batrai 48v 100ah untuk jumlah batrai nya dapat di lakukan perhitungan pada prsaman (2.16) sebagai berikut :

$$C = \frac{3 \times 209.800}{48 \times 0,8 \times 0,9} = 18.196 ah$$

$$= 182 \text{ batrai } 100ah \text{ } 48v$$

Menghitung Kapasitas Inverter

Untuk lab Terpadu II fakultas Teknik

Kapasitas inverter = Demean Waat x Safty Factor (watt)

$$= 60.733 \times 1,25 = 75.916,25 w$$

Setara dengan inverter 75kw

Dalam penelitian ini digunakan panel surya tipe 390 Wp *Mono chrystalline silicon*, dimana panel mono ini memiliki penyerapan sinar cahaya matahari lebih banyak, karena terbuat dari silikon Kristal tunggal yang berwarna hitam yang berfungsi untuk menyerap sinar matahari secara optimal dengan tingkat efisiensi konversi sinar matahari menjadi energi listrik dari 15% hingga 20%. Adapun spesifikasi panel 390 Wp *Mono chrystalline silicon* dapat dilihat pada Tabel 6. dibawah ini :

TABEL 6
SPESIFIKASI PANEL SURYA 150 WP MONO
CHRYSTALLINE SILICON

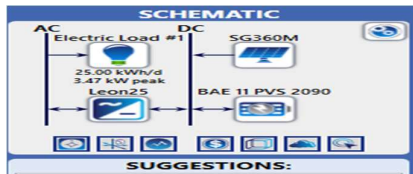
390 wp Mono	
Maximum Power (Pmax)	390 Watt
Voltage at Pmax (Vmp)	48,74 V
Current at Pmax (Imp)	9,44 A
Efficiency	20 %
Open Circuit Voltage (Voc)	41,55 V
Short Circuit Current (Isc)	9,87 A
Power Tolerance	+3%
Maximum System Voltage	1500 DC
Type cell	Mono cristaline

Maka, untuk dapat memasang PLTS dengan beban sebesar 17.496 watt maka memerlukan panel surya sebanyak 133 panel 390 wp , baterai untuk penyimpanan energi sebanyak 182 baterai dengan tegangan 48v 100 Ah, inverter sebagai pengubah tegangan 60.733 watt di tambah safety faktor atau setara 75 Kw, dan solar charge controler 3893 amper .

B. Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Aplikasi *Homer Pro*

1). Skema Sistem PLTS Off Grid Dengan *Homer Pro*

Penelitian ini disimulasikan menggunakan aplikasi *homer pro*, adapun skema dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Gambar 4. merupakan skema sistem pembangkit listrik tenaga surya. Pemodelan sistem PLTS *off grid* dapat dilakukan dengan parameter-parameter yang digunakan berupa *electric load*, *converter* 30kW, SG360M, dan BAE 11 PVS 2090.

C. Hasil Simulasi *Homer Pro*

Hasil simulasi pada penelitian ini terdapat kapasitas yang dihasilkan sebesar 4,67 kWh dan untuk kapasitas yang dapat digunakan sebesar 78,1 kWh. Beban dalam penelitian ini sebesar 59,257 kWh pada saat beban puncak, penentuan besarnya daya beban pada simulasi ini di ambil berdasarkan setengah dari kapasitas daya yang dapat di hasilkan. Hasil simulasi menggunakan panel terdapat hasil produksi sebesar 12.649 kWh dengan jam operasional 4.380 jam/tahun. Terdapat kapasitas sebesar 9.15 kW dengan keluaran 1.44 kW.

1). Sumber Energi *Off Grid*

Sumber energi yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa matahari dan angin, adapun bentuk data homer pada sumber energi matahari dan angin dapat dilihat pada Gambar 5.

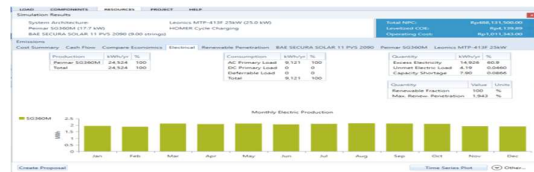


(a)

(b)

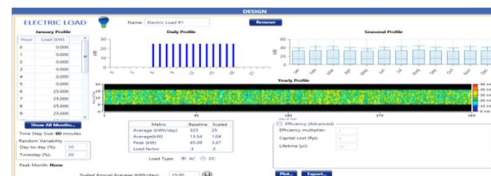
Gambar 5. Simulasi Sumber Energi yang Dihasilkan dengan Homer (a) Matahari (b) Angin

2). Konfigurasi Listrik



Gambar 6. Hasil Simulasi Listrik Yang Dihasilkan dengan Homer

Berdasarkan hasil simulasi listrik menggunakan *software homer* didapat nilai data listrik yang dihasilkan untuk setiap bulannya atau biaya produksi per kWh listrik, dimana data listrik yang dihasilkan sebesar 12.649 kWh. Data simulasi listrik memiliki kelebihan kapasitas sebesar 3.023 kWh dan kapasitas penyimpanan untuk energinya memiliki kekurangan sebesar 8.61 kWh, akan tetapi adanya penetrasi sebesar 1.002% yang dapat membuat penyimpanan energi dapat tersimpan dengan aman. Adapun beban listrik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Simulasi Beban Listrik

Beban listrik dalam simulasi pada penelitian ini sebesar 45.09 kW pada saat beban puncak, penentuan besarnya daya beban pada simulasi ini di ambil berdasarkan setengah dari kemampuan daya yang dapat di hasilkan dari sistem *off grid* berdasarkan analisis sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk memperbesar kehandalan sistem pembangkit.



Gambar 8 Simulasi Biaya Menggunakan Software Homer

Berdasarkan hasil dari simulasi menggunakan *software Homer* di dapat total nilai *cost of energi* atau biaya produksi per kWh listrik pada sistem ini sebesar Rp.4.139,89 dengan Total modal awal dari simulasi PLTH ini sebesar Rp.475.057.377,00 biaya penggantian Rp.48.806,00, biaya operasi dan perawatan Rp.13.026.291,00 dan juga nilai sisa dari pemakaian sistem yang belum berakhir sehingga nilai NPC (*net present value*) keseluruhan dari sistem ini adalah sebesar Rp.488.131.500,00.

3). Daya Maksimal Untuk Lab Terpadu II

Dalam menentukan daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya maka dari data penelitian Gedung lab terpadu II menggunakan MCB 30waat dan 50 waat di setiap lantai nyaa yang terdiri dari empat lantai. Di gedung laboratorium terpadu II, sehingga menghitung daya yang di butuhkan digunakan menggunakan cara berikut:

MCB yang di gunakan

$$30\text{ w} + 50\text{ w} = 80\text{ w}$$

$$80\text{ w} \times 220\text{ v} = 17.600\text{ w}$$

$$17.600 \times 4 = 70.400 = 844,8\text{ kwh}$$

Menghitung Area Array (PV Area)

Seperti diketahui bahwa setiap kenaikan temperatur 1 (dari temperatur standarnya) pada panel surya, maka hal tersebut akan mengakibatkan daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berkurang sekitar 0,5% (rizki julianda). Data temperatur maksimum di wilayah pesisir Penelitian ini dilakukan di wilayah Pesisir Kota Bengkulu dan waktu pelaksanaan pengambilan data dimulai dari 9 Oktober 2021 adalah sebesar 35,2 °C. Data temperatur ini memperlihatkan bahwa ada peningkatan suhu sebesar 10,2 °C dari suhu standar (25 °C) yang diperlukan oleh panel surya. Besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur di sekitar panel surya mengalami kenaikan 10,2 °C dari temperatur standarnya, diperhitungkan sebagai berikut :

$$p \text{ saat } t \text{ naik menjadi } 35,2 \text{ }^{\circ}\text{C} = 0,5 \times p_{\text{mpp}} \times \text{kenaikan suhu tempratur}$$

$$= 0,5\% \times 390\text{ w} \times 10,2 \text{ }^{\circ}\text{C} = 19,89 \text{ w}$$

Untuk daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 35,2°C, diperhitungkan dengan :

P_{mpp} saat suhu naik menjadi 35,2°C = $P_{\text{mpp}} - P_{\text{saat suhu naik } ^{\circ}\text{C}} = 390 - 19,89 = 370,11 \text{ w}$

Berdasarkan hasil perhitungan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperaturnya naik menjadi 35,2°C , maka nilai TCF (Temperature Correction Factor) sebagai berikut :

$$TCF = \frac{P_{\text{saat naik menjadi } t \text{ }^{\circ}\text{C}}}{P_{\text{mpp}}} = 0,94$$

Efisiensi keluaran ditentukan berdasarkan efisiensi komponen-komponen yang melengkapi PLTS. Suatu PLTS yang dilengkapi dengan baterai, charge controller, dan inverter maka nilai untuk out diasumsikan sebesar 0,9

$$PV \text{ AREA} = \frac{844,8\text{ KWH}}{4,8 \times 0,2 \times 0,94 \times 0,9} = 1.042,9 \text{ m}^2$$

Dari data area (PV area) maka besar daya yang di bangkitkan PLTS (waat peak) dapat di hitung dengan :

$$P \text{ Watt peak} = \text{area array} \times PSI \times \eta_{\text{pv}}$$

Dengan areah Peak sun Insolation (PSI) adalah 1000 W/m2 dan efisiensi panel surya adalah 20% maka :

$$P \text{ Watt peak} = 1.042 \text{ m}^2 \times 1000\text{ W/m}^2 \times 0,2$$

$$= 208.400 \text{ Watt peak}$$

Panel surya yang diperlukan sebagai acuan adalah panel surya yang memiliki spesifikasi PMPP sebesar 390 W per panel. Sehingga berdasarkan spesifikasi tersebut maka jumlah panel surya yang diperlukan untuk PLTS yang akan dikembangkan dapat diperhitungkan dengan rumus.

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{208.400 \text{ wp}}{390 \text{ wp}} = 534,3$$

Untuk P_{mpp} array panel surya yang akan di susun nanti nya 4 seri 33 paralel

$$V_{\text{mpp array}} \text{ adalah } 78,74\text{ v} \times 6 = 292,44 \text{ v}$$

$$I_{\text{mpp array}} \text{ adalah } 9,44 \times 89 = 840,16 \text{ A}$$

$$= 245.696,3 \text{ w}$$

Menghitung Kapasitas Charge controller Kapasitas Charge controller pada keseluruhan panel yang terpasang adalah sebesar :

$$\text{Kapasitas charger kontroler} = \frac{245.696 \times 1,25}{292} = 1.051,7 \text{ amper}$$

Menghitung kapsitas baterai

Pada siang hari baterai secara langsung dan juga dapat melakukan pengisian dari panel surya, sehingga pada malam hari baterai tetap dapat di gunakan untuk jumlah baterai yang akan digunakan yaitu batrai 48v 100ah .untuk jumlah batrai nya dapat di lakukan perhitungan pada prsaman (2.16) sebagai berikut :

$$C = \frac{3 \times 844.800}{48 \times 0,8 \times 0,9} = 73.333,3 \text{ ah}$$

$$= 734 \text{ buah batrai } 100\text{ ah } 48\text{ v}$$

Menghitung Kapasitas Inverter

Untuk lab Terpadu II fakultas Teknik

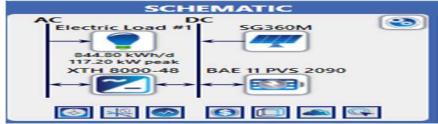
$$\text{Kapasitas inverter} = 245.696 \times 1,25 = 307.120 \text{ watt}$$

Setara dengan inverter 300kw

D. Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Aplikasi *Homer Pro*

1). Skema Sistem PLTS Off Grid Dengan *Homer Pro*

Penelitian ini disimulasikan menggunakan aplikasi *homer pro*, adapun skema dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Skema Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Gambar 9 merupakan skema sistem pembangkit listrik tenaga surya. Pemodelan sistem PLTS *off grid* dapat dilakukan dengan parameter-parameter yang digunakan berupa *electric load*, *converter* 30kW, SG360M, dan BAE 11 PVS 2090.

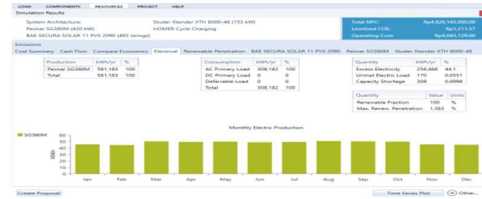
2). Hasil Simulasi *Homer Pro*

Hasil simulasi pada penelitian ini terdapat kapasitas yang dihasilkan sebesar 4,67 kWh dan untuk kapasitas yang dapat digunakan sebesar 78,1 kWh. Beban dalam penelitian ini sebesar 59,257 kWh pada saat beban puncak, penentuan besarnya daya beban pada simulasi ini di ambil berdasarkan setengah dari kapasitas daya yang dapat di hasilkan. Hasil simulasi menggunakan panel terdapat hasil produksi sebesar 12.649 kWh dengan jam operasional 4.380 jam/tahun. Terdapat kapasitas sebesar 9.15 kW dengan keluaran 1.44 kW.

3). Sumber Energi *Off Grid*

Sumber energi yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa matahari dan angin. Energi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi matahari dan angin dimana untuk matahari rata-rata suhu yang dihasilkan sebesar 25 °C untuk setiap bulannya. Temperatur maksimal pada matahari yang bisa dibilang paling panas terdapat pada bulan mei dimana temperatur yang dihasilkan sebesar 26.060 °C dan temperatur terendah terdapat pada bulan januari dimana temperatur yang dihasilkan sebesar 25.210 °C. Untuk energi angin rata rata kecepatan angin yang dihasilkan mencapai 3 m/s untuk setiap bulannya. Udara terkencang dihasilkan pada bulan september dengan kecepatan angin mencapai 3.940 m/s dan udara terkecil dihasilkan pada bulan mei dengan kecepatan angin mencapai 2.770 m/s. Hal ini dikarenakan pada bulan mei matahari berada dipuncak dengan menghasilkan energi yang paling panas dan tidak terdapat angin yang kencang.

4). Konfigurasi Listrik



Gambar 10. Hasil Simulasi Listrik Yang Dihasilkan dengan Homer

Berdasarkan hasil simulasi listrik menggunakan *software homer* didapat nilai data listrik yang dihasilkan untuk setiap bulannya atau biaya produksi per kWh listrik, dimana data listrik yang dihasilkan sebesar 12.649 kWh. Data simulasi listrik memiliki kelebihan kapasitas sebesar 3.023 kWh dan kapasitas penyimpanan untuk energinya memiliki kekurangan sebesar 8.61 kWh, akan tetapi adanya penetrasi sebesar 1.002% yang dapat membuat penyimpanan energi dapat tersimpan dengan aman. Adapun beban listrik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Simulasi Beban Listrik

Beban listrik dalam simulasi pada penelitian ini sebesar 45.09 kW pada saat beban puncak, penentuan besarnya daya beban pada simulasi ini di ambil berdasarkan setengah dari kemampuan daya yang dapat di hasilkan dari sistem *off grid* berdasarkan analisis sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk memperbesar kehandalan sistem pembangkit.

Berdasarkan hasil dari simulasi menggunakan *software Homer* di dapat total nilai *cost of energi* atau biaya produksi per kWh listrik pada sistem ini sebesar Rp.1.211,00dengan Total modal awal dari simulasi PLTH ini sebesar Rp. Rp.4.773.841.258,00 biaya penggantian Rp.214.280,00, biaya operasi dan perawatan Rp.52.207.712,00 dan juga nilai sisa dari pemakaian sistem yang belum berakhir sehingga nilai NPC (*net present value*) keseluruhan dari sistem ini adalah sebesar Rp.4.826.143.000,00.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini berdasarkan data penelitian yang didapat untuk merancang pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) *off-grid* pada gedung laboratorium terpadu dua Universitas Bengkulu untuk menjadi pusat energi terbarukan dengan daya maksimal sebesar 44.000 W. Beban yang terpakai pada gedung mencapai 17.496 W dari ke-empat lantai pada gedung. Dimana pada setiap lantai beban yang digunakan bervariasi, untuk lantai pertama sebesar 2.410 W dengan 28 lampu dan 4 AC yang terpasang, pada lantai dua beban yang digunakan sebesar 3.179 W dengan 56 lampu, 6 AC, dan 4 PC yang terpasang. Lantai tiga beban yang digunakan sebesar 6.744 W dengan 26 lampu, 9 AC, dan 11 PC yang terpasang. Lantai empat beban yang digunakan sebesar 4.164 W dengan 24 lampu, 7 AC, dan 11 PC yang terpasang. Setelah data beban diketahui maka dapat merancang PLTS *off-grid* dengan menggunakan sel surya sebanyak 324 pcs panel dengan posisi yang sejajar terpasang seri dan paralel, baterai 12 v 100 Ah sebanyak 184 pcs, *solar charge controller* 311 A, dan inverter 2 Kw.

6. REFERENSI

- [1] Satria, H. Syafii, S, 2018. "Sistem Monitoring Online dan Analisa /wwwPerformansi PLTS Rooftop Terhubung ke Grid PLN" dalam *Jurnal Rekayasa ElektriKa* (ISSN: 1412-4785, e-ISSN: 2252-620X vol. 14, no. 2 Agustus 2018 hal 136-137). Padang: Universitas Andalas.
- [2] Ma'mun, A.S, 2020. "Optimalisasi Kinerja Panel Solar Photovoltaic (Spv) Menggunakan Reflector Pada Solar Home System". Semarang: Universitas Semarang.
- [3] Pramono, T., J. Erlina, E. Arifin, Z. Saragih, J, 2020. "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Gedung Bertingkat" dalam *Kilat* (ISSN: 2089-1245, e-ISSN: 2655-4925 vol. 9, no.1 April 2020 hal 115-117).
- [4] Prayogi, G. Ekawati, R. Irkhos, 2018. "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Angin – Matahari) Dengan Sistem Pendukung Solar Tracker Studi Kasus Pantai Kualo Kota Bengkulu" dalam *Tesis Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- [5] Michael, P., S., M, 2019. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terpusat Off-Grid System". Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, Riau.
- [6] Carolia, I., R, 2017. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Komunal Sistem Off-Grid Di Pegadungan Kabupaten Lombok Utara". Fakultas Doctoral Dissertation, Universitas Mataram, Mataram.
- [7] Saodah, S. Utami, S., R., I, 2019. "Perancangan Sistem grid tie inverter pada pembangkit listrik tenaga surya" dalam *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika* (vol. 7, no. 2 Maret 2019 hal 339-342). Fakultas Teknik.
- [8] Halim, L. Sudjana, O, 2020. "Perancangan dan Implementasi Awal Solar Inverter Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid". dalam *Jurnal Teknologi* (ISSN: 2085-1669, e-ISSN: 2460-0288 vol. 12, no. 1 Desember 2019 hal 31-38).
- [9] Naim, M, 2020. "Rancangan Sistem Kelistrikan Plts Off Grid 1000 Watt Di Desa Loeha Kecamatan Towuti". dalam *Vertex Elektro* (ISSN: 1979-9772, e-ISSN: 2714-7487 vol. 12, no. 01 Februari 2020 hal 17-21).
- [10] Inron, 2013. "Studi Pemanfaatan Energi Matahari Di Pulau Panjang Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif ". dalam *Jurusan Teknik Elektro* (vol. 2, no. 1 April 2013 hal 7-14). Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [11] Kristiawan, H., Kumara, I., N., S. Giriantari, I., A., D, 2019. "Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap Gedung Sekolah di Kota Denpasar". Dalam *Jurnal Spektrum* (vol. 6, no. 2 Juli 2019 hal 23-25).
- [12] Surface Meteorology and Solar Energi, Agustus, 2021. Available: < <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> > . (diakses pada tanggal 28 September 2021 pukul 19:50 WIB).
- [13] Setiawan, I., A. Kumara, I., S. Sukerayasa, I., W, 2014. "Analisis Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Satu MWP Terinterkoneksi Jaringan di Kayubih, Bangli". dalam *Teknologi Elektro* (vol. 13, no. 1 Januari 2014 hal 27-30). Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bali.
- [14] Suriadi. Syukri, M, 2010. "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan Di Banda Aceh". dalam *Jurnal Rekayasa ElektriKa* (Vol. 9, No. 2, Oktober 2010 hal 77-80). Jurusan Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- [15] Roza, E. Mujirudin, M, 2019. "Perancangan Pembangkit Tenaga Surya Fakultas Teknik Uhamka". dalam *Jurnal Kajian Teknik Elektro*. (e-ISSN: 2505-8464 vol. 4, no.1 Agustus 2019 hal 16-30). Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah, Jakarta.
- [16] Priyono, T, 2019. "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Peternakan Ayam Pedaging (Broiler) Di Gang Karya Tani Pontianak Selatan". dalam *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*. (vol. 1, no. 1 mei 2019 hal 37-41). Fakultas Teknik, Universitas Tanjung Pura, Pontianak.
- [17] Rosyid, A, 2008. "Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Wini". dalam *Jurnal Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*. (vol. 11, No. 2 Desember 2012 hal 81-92)