

ANALISIS INSTALASI HIBRID SOLAR CELL UNTUK PUSAT PELAYANAN KESEHATAN

- 1) Instruktur pengajar, program keahlian otomotif, Balai Latihan Kerja Pelaihari, Jalan A. Syairani Pelaihari 70813 Telp : (0512) 212143
- 2) Dosen pengajar, Teknik Mesin, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.
- 3) Staf Broadcast Transmisi TransTV Banjarmasin, Jalan Pramuka Komplek semanda I 70238 Telp: (0511) 3262070

Corresponding email ^{1,2,3} :
raliannoorstmt@gmail.com
akhmad.syarief@ulm.ac.id
im.mursalini@gmail.com

Received: 01-08-2021

Accepted: 06-12-2021

Published: 28-12-2021

©2021 Politala Press.
All Rights Reserved.

Raliannoor ¹⁾, Akhmad Syarief ²⁾, Muhammad Wal Mursalin ³⁾

Abstrak. Sel surya berupa alat semi konduktor penghantar listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik secara efisien. Digunakan sebagai alat pendeteksi cahaya, dapat digabung secara seri maupun paralel untuk memperoleh tegangan listrik sebagai penghasil tenaga listrik. Tujuan penelitian untuk optimalisasi suatu pembangkit listrik tenaga surya yang memenuhi kebutuhan listrik Pusat Pelayanan Kesehatan. Dengan metode algoritma cluster yang dihimpun dari data lapangan dan soft drawing gedung diharapkan akan lebih akurat. Nilai tukar dolar terhitung Rp.14.400,00. Diperlukan modul surya Sunpower E19-320W dengan charger baterai Sunny Tower ST42. Baterai US 2200 48V 464ah. Inverter yang dipergunakan Sunny Tower ST 42 dan phase converter Booster D16 untuk daya Pusat Pelayanan Kesehatan sebesar 2200 watt. Membandingkan Biaya investasi peralatan, total biaya perawatan selama 25 tahun serta biaya operasional solar cell selama 25 tahun dengan biaya pembayaran tagihan listrik dalam 25 tahun ke PLN. Perbandingan nilai ekonomis PLTS dengan listrik bersubsidi dari PLN adalah 1: 1.91.

Kata Kunci: sel surya, sunpower, inverter, sunny tower, booster, plts

Abstract. Abstract, Solar cells are semiconductor devices that efficiently conduct electricity that converts solar energy into electrical energy. Used as a light detector, it can be combined in series or parallel to obtain an electric voltage as a generator of electric power. The research objective is to optimize a solar power plant that meets the electricity needs of the Health Service Center. The cluster algorithm method collected from field data and soft drawings is expected to be more accurate. The dollar exchange rate is calculated at Rp. 14,400.00. SunPower E19-320W solar module is required with Sunny Tower ST42 battery charger. US 2200 48V 464ah battery. The inverter used by Sunny Tower ST 42 and phase converter Booster D16 for Health Service Center power of 2200 watts. Comparing equipment investment costs, total maintenance costs for 25 years and solar cell operational costs for 25 years with the cost of paying electricity bills in 25 years to PLN. The comparison of the economic value of solar power S with subsidized electricity from PLN is 1: 1.91.

Keywords: solar cell, sunpower, inverter, sunny tower, booster, solar power

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v8i2.169>

1. Pendahuluan

Permasalahan energi menjadi salah satu bidang yang menjadi perhatian masyarakat dunia di akhir abad ke-20, dimana perhatian untuk mencari dan menemukan energi yang terbarukan (*renewable energy*). Hal ini disebabkan oleh semakin terbatasnya sumber energi yang berasal dari *hydrocarbon* seperti minyak bumi dan batu bara akibat pertumbuhan populasi penduduk bumi. Jumlah konsumsi energi oleh 6 milyar penduduk bumi pada akhir abad ke 21 mencapai 1.3×10^{10} kW [1].

Penggunaan *hibrid solar cell* sebagai pembangkit tenaga listrik masih terkendala dengan mahalny biaya produksi yang berimbas langsung kepada mahalny harga penjualan ke konsumen. Biaya produksi ini sebanding

dengan semakin pesatnya pertumbuhan penduduk bumi yang mencapai 6 (enam) milyar penduduk dimana kebutuhan akan energi akan semakin meningkat.

Berbagai upaya telah dilakukan oleh para peneliti untuk menurunkan biaya produksi sehingga bisa diperoleh harga jual yang sebanding dengan harga listrik konvensional. Dalam tahun 2019, harga jual per kWh listrik solar cell adalah 30 cent dolar berbanding dengan 6 sampai 9 cent dolar harga listrik konvensional. Harga energi listrik dengan *solar cell* masih 5 (lima) kali lebih mahal dari energi listrik konvensional [2].

Penggunaan teknologi *solar cell* sudah merambah ke dunia telekomunikasi seperti pada alat pengisi baterai telepon genggam, satelit luar angkasa serta penggunaan model alat transportasi seperti mobil, sepeda motor, peralatan industri kecil serta untuk penerangan rumah dan gedung.

Permasalahan utama yang dirasa perlu menjadi dasar yaitu mengetahui kebutuhan suplay listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik di gedung Pusat Pelayanan Kesehatan Masyarakat, perbandingan nilai ekonomis penggunaan *solar cell* terhadap suplai listrik PLN.

Pentingnya pengetahuan tentang *renewable energy* bermanfaat untuk menghemat biaya pemakaian listrik untuk jangka panjang, proses pelayanan kesehatan jadi lebih optimal karena tidak hanya bergantung pada suplai listrik dari PLN, mengurangi hambatan teknis yang disebabkan karena padamnya listrik. Nilai efisiensi pemakaian solar energi guna studi kelayakan pelayanan kesehatan bagi masyarakat dan berapa besar kerugian investasi jika digunakan solar energi sebagai pembangkit daya.

2. Tinjauan Pustaka

Definisi Solar cell

Solar cell adalah sebuah alat semikonduktor yang terdiri dari sebuah wilayah besar *diode p-n junction*, dimana dengan hadirnya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik. Perubahan alat semikonduktor ini menjadi medan energi listrik disebut *efek photovoltaic*. *Solar cell* dalam bentuk panel surya dapat dipasang di atap gedung di mana panel *solar cell* berhubungan dengan inverter ke *grid* listrik dalam sebuah pengaturan atau *net metering*.

Potensi Penggunaan Solar Cell di Indonesia.

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia menunjukkan bahwa radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran yang sangat optimal. Energi surya dapat dimanfaatkan melalui dua macam teknologi yaitu energi surya termal dan surya fotovoltaik.

Pemanfaatan energi surya termal banyak digunakan untuk penyediaan air panas rumah tangga, khususnya rumah tangga perkotaan. Jumlah pemanas air tenaga surya (PATS) diperkirakan berjumlah 150.000 unit dengan total luasan kolektor sebesar 400.000 m².

Total kebutuhan energi dunia yang berjumlah 10 TW (Teta Watt) setara dengan 3 x 10²⁰ Joule setiap tahunnya. Sementara total energi matahari yang sampai di permukaan bumi adalah 2,6 x 10²⁴ Joule setiap tahunnya. Sebagai perbandingan energi yang bisa dikonversi melalui proses fotosintesis di seluruh permukaan bumi mencapai 2,8 x 10²¹ Joule setiap tahunnya [3].

abila jumlah energi yang dibutuhkan dibandingkan dengan energi matahari yang tiba di permukaan bumi, maka sebenarnya dengan menutup 0,05 persen luas permukaan bumi dengan total luas permukaan bumi adalah 5,1 x 10⁸ km². *Solar cell* yang digunakan memiliki efisiensi 20 persen maka kebutuhan energi di bumi saat ini sudah dapat dipenuhi.

Jenis Solar cell Photovoltaic.

Bahan semikonduktor seperti *silicon*, *gallium arsenide*, dan *cadmium telluride copper indium desele nide* biasanya digunakan sebagai bahan bakunya. *Solar cell crystalline* biasanya digunakan secara luas untuk pembuatan solar cell.

Jenis-jenis *solar cell* yang banyak dipakai antara lain [4] :

1. *Single crystalline*.

Single crystalline yaitu kristal yang mempunyai satu jenis macamnya, tipe ini dalam perkembangannya mampu menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi.

Jenis single crystalline antara lain:

a. *Gallium arsenide (GaAs) cell*.

Gallium arsenide cell sangat efisien dari semua sel, tetapi harganya sangat mahal. Efisiensi dari sel ini mampu mencapai 25 persen. Hampir semua satelit yang mengelilingi bumi mendapatkan energi listriknya dari sistem *solar cell* ini. Sistem *solar cell* ini dapat bekerja dengan andal untuk jangka waktu yang lama dan hampir tanpa memerlukan perawatan.

b. *Cadmium sulfide cell*.

Cadmium sulfide cell ini merupakan suatu bahan yang dapat dipertimbangkan dalam pembuatan solar cell, karena harga yang murah dan mudah dalam proses pembuatannya.

2. *Polycrystalline cell*.

Polycrystalline cell merupakan kristal yang banyak macamnya, terbuat dari kristal silikon dengan efisiensi 10 sampai 12 persen.

3. Amorphous silikon cell.

Amorphous silikon cell berarti tidak memakai kristal struktur atau non kristal, bahan yang digunakan *solar cell* ini berupa proses film yang tipis dengan efisiensi sekitar 4 sampai 6 persen

4. Copper indium diselenide (CIS) cells.

Bahan semikonduktor yang aktif dalam *solar cell* CIS adalah *copper indium diselenide*. Senyawa CIS sering juga merupakan paduan dengan *gallium* atau belerang. Efisiensi 9 persen sampai 11 persen.

5. Cadmium telluride (CdTe) cells.

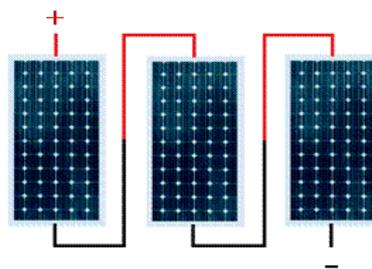
Solar cell CdTe diproduksi pada substrat kaca dengan lapisan konduktor TCO transparan biasanya terbuat dari *Indium Tin Oxide* (ITO) sebagai kontak depan. Efisiensi 1 persen hingga 8,5 persen per efisiensi modul.

6. Dye sensitized.

Prinsip kerja *solar cell Dye sensitized* yaitu menyerap cahaya dalam pewarna organik mirip dengan cara tanaman menggunakan klorofil untuk menangkap energi dari sinar matahari pada fotosintesis. Berdasar teknologi pembuatannya terdiri dari 3 (tiga) macam yaitu monokristal, polikristal dan thin film. Ketiga teknologi itu dapat dibedakan dari tingkat efisiensinya dan monokristal merupakan fotovoltaiik yang memiliki efisiensi tertinggi saat ini, segi ekonomi masih sangat mahal dibandingkan dengan polikristal.

Berikut sistem rangkaian pada solar cell [4]:

a. Rangkaian Seri.



Gambar 1. Rangkaian seri solar cell

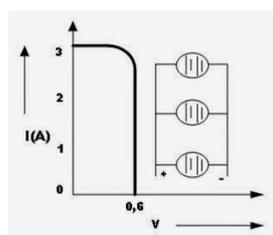
Hubungan seri suatu modul fotovoltaiik didapat apabila bagian depan (+) *solar cell* utama dihubungkan dengan bagian belakang (-) *solar cell* kedua atau sebaliknya. Dari keadaan seri ini tegangan *solar cell* dapat dijumlahkan apabila dihubungkan seri satu sama lain :

$$V_{\text{total}} = V_1 + V_2 + V_3 + \text{dst} \tag{1}$$

Arus *solar cell* sama apabila dihubungkan seri satu sama lain:

$$I_{\text{total}} = I_1 = I_2 = I_3 = \text{dst} \tag{2}$$

b. Rangkaian Paralel.



Gambar 2. Rangkaian paralel solar cell [5].

Rangkaian paralel modul fotovoltaiic di dapat apabila terminal kutub positif dan negatif *solar cell* dihubungkan satu sama lain. Tegangan *solar cell* yang dihubungkan paralel sama dengan satu solar cell. Sehingga dirumuskan:

$$V_{\text{TOTAL}} = V_1 = V_2 = V_3 = V_n \tag{3}$$

Arus yang timbul dari hubungan ini langsung dijumlahkan.

$$I_{TOTAL} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n \quad (4)$$

1. Charge Controller

Charge control atau *charge regulator* merupakan komponen penting pada rangkaian solar cell, dimana *charge control* mempunyai fungsi utama yakni menjaga atau mengamankan komponen penting pada rangkaian *solar cell* yaitu *accumulator*.

Umumnya *solar cell* yang tegangan 12 volt mempunyai tegangan output 16 sampai 21 volt. *Accumulator* 12 volt di charge pada tegangan 14 sampai 14.7 volt [6].



Gambar 3. Charge controller solar cell

Fungsi utama dari *charge control* adalah sebagai berikut :

- a. Mengatur arus untuk pengisian ke *accumulator* , menghindari *over charging* dan *over voltage*.
- b. Mengatur arus yang diambil *accumulator* agar tidak *full discharge* dan *overloading*.
- c. Memonitor temperatur dan suhu *accumulator*.

Solar charge controller biasanya terdiri dari: 1 (satu) *input* yang terhubung dengan *output* solar cell, 1 (satu) *output* yang terhubung dengan *accumulator* dan *output* yang terhubung dengan beban arus DC.

Arus listrik DC *accumulator* tidak mungkin masuk ke panel *solar cell* karena biasanya sudah terpasang *diode protection* yang berfungsi melewatkan arus *solar cell* ke *accumulator* bukan sebaliknya [7].

2. Accumulator

Accumulator atau baterai merupakan peralatan penting pada suatu pembangkit listrik solar cell. *Accumulator* menyimpan energi listrik yang diterimanya pada siang hari dan akan dikeluarkan pada malam hari untuk melayani beban energi listrik.

Accumulator juga berfungsi menyediakan daya pada beban waktu tidak ada cahaya matahari dan harus pula meratakan perubahan yang terjadi pada beban.

Banyak tipe *accumulator* yang beredar dipasaran dengan memiliki kelebihan dan kekurangannya. *Accumulator* biasanya diklasifikasikan menjadi dua tipe, yaitu:

a. Baterai Primer (*primary batteries*).

Jenis ini disebut juga baterai sekali pakai (*single use battery*) yang berarti setelah habis arus listrik baterai tersebut harus dibuang.

b. Baterai sekunder (*secondary batteries*).



Gambar 4. Accumulator sekunder solar cell.

Jenis ini disebut juga baterai yang dapat di *charge* ulang jika telah habis arus listriknya. Sedangkan baterai sekunder terbagi lagi menjadi 2 jenis yakni baterai basah dan baterai kering. Baterai yang biasa digunakan untuk pembangkit listrik *solar cell* adalah baterai sekunder [8].

3. *Inverter.*



Gambar 5. Inverter solar cell.

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). *Output* suatu *inverter* dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus atau gelombang sinus modifikasi. *Inverter* dalam proses konversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penaik tegangan berupa *step up transformer*.

4. *Solar cell dual tracker.*

Solar cell tracker adalah perangkat elektronika yang dipergunakan agar panel dapat bergerak searah dengan arah datangnya sinar matahari. Jumlah panel yang mampu ditampung antara 6 sampai 10 buah panel pada satu buah *solar cell dual tracker*. *Solar cell tracker* ini dapat meningkatkan efisiensi energi solar yang diserap oleh panel dari 8 sampai 9 % lebih optimal dibandingkan yang tanpa *Solar cell tracker*.

5. *Phase Converter.*



Gambar 6. *Phase converter.*

Phase Converter adalah penguat hibrid Linear digunakan untuk mengoptimalkan perubahan arus 1 phase menjadi arus 3 phase. Di dalam *Phase Converter* terdapat piranti *Linear Current Boosters (LCB)* yang berguna untuk menambah input tenaga yang disalurkan ke *inverter* sebelum menuju baterai.

Perhitungan Efisiensi Daya Solar Cell.

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang diterima (daya input), di mana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area PV module dengan persamaan:

$$P_{in} = I_r \times A \tag{5}$$

Keterangan:

P_{in} : Daya Input akibat irradiance matahari (Watt)

I_r : Intensitas radiasi matahari (Watt/m²) nilai tetapan 314 watt/ m²

A : Luas area permukaan photovoltaic module (m²)

Sedangkan untuk besarnya daya pada *solar cell* (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan Fill Factor (FF) yang dihasilkan oleh sel Photovoltaic. Daya yang dibangkitkan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \tag{6}$$

Keterangan:

P_{out} : Daya yang dibangkitkan oleh solar cell(Watt).

V_{oc} :Tegangan rangkaian terbuka pada solar cell(Volt).

I_{sc} : Arus hubung singkat pada *solar cell* (Ampere).

FF : *Fill Factor*.

Efisiensi yang terjadi pada *solar cell* adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh *solar cell* dengan energi input yang diperoleh dari irradiance matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data :

$$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% \quad (7)$$

Sehingga efisiensi yang dihasilkan:

$$\eta_{sesaat} = \frac{P_{output}}{I_r \times A} \times 100\% \quad (8)$$

Keterangan:

η_{sesaat} : Efisiensi *solar cell* (%).

I_r : Intensitas radiasi matahari (Watt/m²).

P : Daya *output* yang dibangkitkan oleh *solar cell* (Watt).

A : Luas area permukaan module photovoltaic (m²).

Menurut teori kuantum Albert Einstein, cahaya dipandang sebagai sebuah paket energi atau *photon* yang besar energinya bergantung pada frekuensi cahaya. Pada *solar cell* energi *photon* akan diserap oleh elektron sehingga elektron akan terpental keluar menghasilkan arus dan tegangan listrik. Arus (I) dan tegangan (V) yang dihasilkan. Dirumuskan dengan:

$$P = I \times V \quad (9)$$

P : Daya *output* yang dibangkitkan oleh *solar cell* (Watt)

I : Kuat arus listrik (Ampere)

V : Tegangan Listrik (Volt)

Sedangkan untuk menghitung energi listrik yang terpakai dalam satu satuan waktu digunakan rumus:

$$W = P \times t \quad (10)$$

W : Energi listrik (Watt jam / Joule)

P : Daya Listrik (Watt)

t : Waktu pemakaian listrik (jam)

3. Metodologi

Waktu dan Tempat Penelitian.

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan mengikuti estimasi jadwal yang telah disusun selama beberapa bulan. Tempat Penelitian yaitu Pusat Pelayanan Kesehatan Kecamatan Bumi Makmur adalah bagian dari wilayah Kabupaten tanah laut, yang terletak pada 114,513° – 114,712° bujur timur dan 3,51217° – 3,59036° lintang selatan.

Dengan batas-batas sebelah utara adalah Kabupaten Banjar, sebelah timur adalah Kecamatan Bati-Bati, sebelah barat adalah Laut Jawa dan sebelah selatan adalah Kecamatan Kurau. Luas wilayah 141,00 Km², dengan jumlah desa 11 (sebelas) desa [9].

Langkah Penelitian.

Dengan analisis *algoritma cluster* untuk mengkaji luasan gedung dan pemakaian listrik multivarian yang tujuan utama mengelompokkan objek-objek berdasarkan karakteristik yang dimilikinya. Beberapa variabel yang dapat menjadi peubah dalam pengguna energi listrik sebuah gedung yaitu ukuran ruangan yang berbeda, peralatan listrik yang dipakai didalam tiap ruangan, waktu penggunaan tiap ruangan dan jumlah orang yang menggunakan ruangan secara kontinue. Untuk perhitungan jumlah pemakaian daya diperhitungkan dengan rumusan menggunakan model aplikasi proyek.

Alat dan Bahan Penelitian.

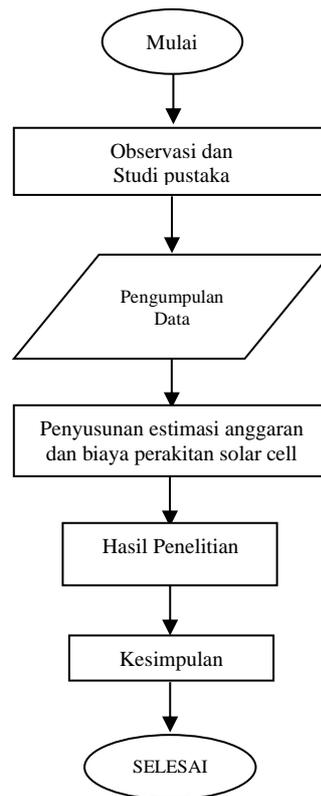
Alat dan bahan yang keperluan sesuai estimasi. *Bahan utama yang menjadi obyek*, yaitu :

1. Sinar matahari dan data penyinaran matahari dari BMKG untuk daerah Kalimantan Selatan.
2. Rangkaian jaringan kelistrikan pada gedung.
3. Sumber data dari gambar *master plan* dan desain di lapangan.

Beberapa peralatan simulasi yang akan digunakan, yaitu:

1. Panel *Solar cell* (merk Sunpower E19-320E).
2. Solar Charger Controller (merk Sunny Island 2224 Solar Controller).
3. Accumulator atau baterai (merk US 2200 48V 464ah Deep Cycle Dual Solar Battery Bank).
4. Inverter (merk Sunny Tower ST 42).
5. Phase Converter (merk Booster D16).
6. *Solar cell* Dual Tracker 200 W (merk *Sunlight Tracker Kits*).
7. Stopwatch untuk mengukur lama waktu pengukuran tegangan dan arus listrik tiap ruangan.

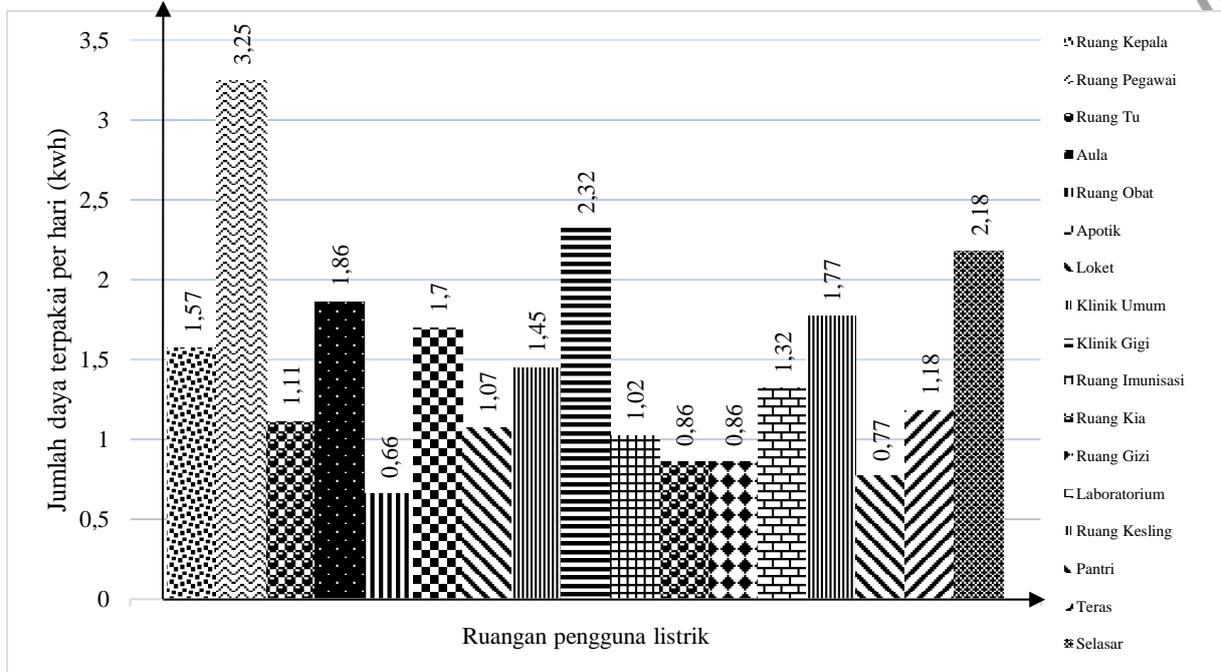
Diagram alir aktifitas dalam estimasi penelitian *hibrid solar cell* berdasar rencana waktu yang ditetapkan, yaitu :



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Data pemakaian listrik pusat kesehatan masyarakat di kecamatan didapat dari hasil observasi lapangan dan membuat data setiap ruangan.



Gambar 8. Pemakaian Energi Listrik Puskesmas.

Jumlah perkiraan keperluan operasional puskesmas tanpa menambahkan ruang IGD adalah

sebesar 24.980 watt per jam kerja jika semua peralatan dioperasikan selama jam kerja pegawainya.

Kebutuhan Daya Listrik Puskesmas.

Kebutuhan daya listrik dihitung dari daya listrik PLN yang terpasang, baik untuk penerangan maupun untuk kegiatan pelayanan pasien. Dimana kebutuhan daya listriknya adalah 2200 watt saat penelitian dilakukan dari meter listrik terpasang di Puskesmas Kecamatan Bumi Makmur.

Untuk menghindari kerugian-kerugian yang terjadi pada sistem maka perlu ditambahkan *safety factor* (SF) sebesar 20%, P adalah 2640 KW. Total keseluruhan daya listrik Pusat Kesehatan Masyarakat adalah 2640 KW. Kebutuhan daya listrik dihitung dari daya listrik PLN yang terpasang. Baik untuk penerangan maupun untuk kegiatan pelayanan masyarakat sebesar 24,890 wh, maka daya yang dibutuhkan adalah 26,400 watt.

Biaya yang diperlukan untuk merealisasikan perencanaan Instalasi ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Komponen Rencana dan Harga

No	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Harga Keseluruhan (US Dolar)	Harga Keseluruhan (Rp)
1	Sun Power-E19-320W	70	\$ 999	\$ 69,930.00	Rp 979,020,000
2	Sunny Island 2224	5	\$ 679.2	\$ 3,396.00	Rp 47,544,000
3	Battery US 2200 48V 464ah	10	\$ 4,160.00	\$ 41,600.00	Rp 582,400,000
4	Inverter Sunny Tower ST42	1	\$21,508.63	\$ 21,508.63	Rp 301,120,820
5	Booster D16	2	\$ 3,735.31	\$ 7,470.62	Rp 104,588,680
6	Solar cell dual tracker 200 Wp	10	\$ 1,425.00	\$ 14,250.00	Rp 199,500,000
7	Biaya Instalasi	70	\$ 47.60	\$ 3,332.00	Rp 46,648,000
Total Biaya				\$ 161,487.25	Rp 2,260,821,500,-

Dari perhitungan tabel dapat diketahui bahwa biaya investasi awal yang dibutuhkan sebesar \$ 161,487.25 atau Rp 2.260.821.500,- (*kurs Rp. 14.000/dolar*).

Tabel 2. Biaya Operasional dan Pemeliharaan per Tahun

Tahun ke-	Biaya pemeliharaan per tahun (Rp)	Kenaikan Biaya Operasional (Rp)	Total Biaya Operasional per tahun (Rp)	Biaya Operasional per tahun (Us dolar)
1		Rp 2.260.821.500	Rp 2.260.821.500	\$ 161.487,25
2	Rp 2.061.321.500	Rp 144.292.505	Rp 4.466.435.505	\$ 319.031,11
Ke-				
25	Rp 9.771.756.128	Rp 684.022.929	Rp 12.716.600.557	\$ 908.328,61

Tabel 3. Pengeluaran Tagihan Rekening Listrik dalam 25 Tahun

Tahun ke-	Biaya pemakaian listrik per tahun (Rp)	Kenaikan pembayaran listrik 32% per tahun (Rp)	Total Biaya Pemakaian Listrik per tahun (Rp)	Total Biaya Pemakaian Listrik per tahun (Us dolar)
1	Rp 58.359.700	Rp -		\$ 4.168,55
2	Rp 58.359.700	Rp 18.675.104	Rp 77.034.804	\$ 5.502,49
Ke-				
25	Rp 34.618.916.278	Rp 11.078.053.209	Rp 45.696.969.487	\$ 3.264.069,25

Tabel 4. Biaya Operasional dan Pemeliharaan PLTS

Tahun ke-25	Biaya investasi awal (Rp)	Biaya Pergantian baterai sampai tahun ke-25 (Rp)	Biaya operasional / perawatan tahun ke 25 (Rp)	Biaya Pemeliharaan & Pergantian baterai sampai 30 tahun (Rp)
1	Rp 2.260.821.500	Rp 8.984.016.048	Rp 12.716.600.557	Rp 23.961.438.105
Jumlah Pembulatan				Rp 23.961.438.200

Biaya operasional dan pemeliharaan diprediksi akan menurun sebesar 7% pertahun berjalan. Biaya belum termasuk biaya mobilisasi.

Komponen yang digunakan yaitu :

1. Panel Solar Cell.

Adapun spesifikasi panel *solar cell* yaitu:

- Merk : **Sunpower E19-320W**
- Power peak : 320 watt
- Efisiensi: 19,6 %
- Tegangan modul : 54,7 V (Maksimal)
- Arus modul : 5,76 A (Maksimal)
- Dimensi : p x l x t (1559x1046x46) mm
- Dengan jumlah : 70 buah

2.Charger Control Baterai.

Adapun *charger control battery* yang dipakai yaitu **Sunny Island 2224**, dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Maximum output current: 80 - 90 Amp
- Battery voltages : 24 Volt (16.8 V – 13.5 V)
- Dengan jumlah : 5 buah



Gambar 9. Charger controller.

3.Baterai.

Untuk perencanaan dengan baterai US 2200 48V 464ah *Deep Cycle Dual Solar Battery Bank* banyaknya baterai yang dibutuhkan adalah 10 buah. 9 buah dirangkai paralel dan 1 buah dirangkai seri. Waktu charging baterai selama 10,18 jam, sedangkan waktu operasional baterai 40,47 jam.

4.Inverter.

Untuk inverter yang direncanakan adalah **Sunny Tower ST 42**, banyaknya inverter yang dibutuhkan adalah 1 buah.

5.Phase Converter.

Untuk *Phase converter* yang direncanakan adalah **Booster D16**, banyaknya booster yang dibutuhkan adalah 2 buah.



Gambar 10. Phase Converter.

6. Solar cell Dual Tracker 200 Wp.

Untuk solar cell dual tracker 200 Wp yang dipergunakan adalah Sunlight Tracker Kits, banyaknya solar tracker yang dibutuhkan adalah 10 buah. Dengan 1 buah dual tracker mampu ditempati oleh 7 buah panel solar.

5. Kesimpulan

Untuk membuat sebuah pembangkit listrik tenaga surya yang dapat memenuhi kebutuhan listrik Puskesmas Kecamatan sebesar 2200 Watt diperlukan modul surya Sun Power-E19-320W sebanyak 70 buah dengan charger battery Sunny Tower ST42 sebanyak 1 buah. Sedangkan baterai US 2200 48V 464ah (kapasitas 464 Ah, voltase 48 Volt) yang diperlukan sebanyak 10 buah (9 buah dirangkai parallel dan 1 buah dirangkai seri). Waktu charging baterai selama 10,18 jam, sedangkan waktu operasional baterai 40,46 jam. Inverter yang dipergunakan untuk mengubah arus dari aru DC ke AC adalah Sunny Tower ST42 sebanyak 1 buah dan phase converter yang digunakan yaitu Booster D16 sebanyak 2 buah. Biaya investasi awal yang diperlukan sebesar Rp 2.260.821.500,00 Sedangkan total biaya perawatan selama 25 tahun Rp 21.700.616.605,00. Sehingga biaya operasional solar cell selama 25 tahun Rp 23.961.438.200,00. Biaya untuk membayar tagihan rekening listrik dalam 25 tahun ke PLN sebesar Rp. 45.696.969.487,00. Perbandingan nilai ekonomis antara PLTS dengan listrik bersubsidi dari PLN adalah 1: 1.91, dimana masih lebih efisien pemakaian listrik PLN.

Daftar Pustaka

- [1] Alyasin, S. *Elektric Power Quality, Edisi Kesatu*, Indiana, USA: Purdue University. 1993.
- [2] Lubis Abu bakar. *Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Berkelanjutan*. Jakarta. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2007
- [3] Muchammad, Yohana E. *Pengaruh Suhu Permukaan Photovoltaic Module 50 Watt Peak Terhadap Daya Keluaran yang Dihilangkan Menggunakan Reflektor dengan Variasi Sudut Reflektor 0°, 50°, 60°, 70°, 80°*. Yogyakarta. UNDIP.2010.
- [4] Prihandoko, B, Dr.Ir .MT. *Pembuatan Nanomaterial sebagai Bahan Komponen Baterai Lithium*, Jakarta. LIPI. 2010
- [5] BPS. *Luas Daerah Kabupaten Tanah Laut* Edisi 1 hal 4-5. Pemerintah Daerah Tanah Laut. 2018.
- [6] Hashim A. Hussain , Qusay Jawad , Khalid F. Sultan. *Experimental analysis on thermal efficiency of evacuated tube solar collector by using nanofluids Vol. 4, No. 3-1, 2015, pp. 19-28. doi: 10.11648. IJRSE, Baghdad. 2015.*
- [7] Kevin R. Anderson , Maryam Shafahi , Arthur Artounian , Adam Chrisman. *Analysis of solar heating system for an aquaponics food production system Vol. 4, No. 1, 2015, pp. 1-11. doi: 10.11648. IJRSE.Fontana, CA, USA.2015.*
- [8] H. Yatimi dan El. H. Aroudam. *A Detailed Study and Modeling of Photovoltaic Module under Real Climatic Conditions Vol. 3, No. 3. Physics department, Tetouan, Morocco. 2015.*
- [9] Jasim Abdulateef . *Simulation of solar off- grid photovoltaic system for residential unit. Vol. 4, No. 3-1 pp. 29-33. doi: 10.11648. IJRSE. Diyala University, Iraq. 2014.*
- [10] Ramadan Abdiwe, Markus Haider. *Investigations on Heat Loss in Solar Tower Receivers with Wind Speed Variation Vol.4, No. 4, 2015, pp. 159-165. doi: 10.11648. IJRSE. Vienna University of Technology,Austria. 2015*
- [11] PT.PLN Persero.com. *Tetapan Harga Listrik Nasional*. PT PLN Persero. 2020.