

OPTIMASI PEMASANGAN BATERAI UNTUK RUMAH TINGGAL BER-FOTOVOLTAIK (LEVEL PELANGGAN 4400VA DI INDONESIA)

BATTERY INSTALLATION FOR PHOTOVOLTAICS STAY HOUSE (4400VA ELECTRICITY CUSTOMER LEVEL IN INDONESIA)

Siti Halimah¹, Muhamad Reza², Cahyantari Eka Putri³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹sitihalimah251197@gmail.com, ²muhamad.reza@gmail.com, ³cahyantari@gmail.com

Abstrak

Indonesia merupakan negara yang berada di garis khatulistiwa menyebabkan energi surya menjadi salah satu energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan. Energi surya adalah energi yang berasal dari matahari. Sel surya mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Pola pemakaian beban rumah tangga akan meningkat saat malam hari sedangkan energi listrik yang diperoleh pada siang hari. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah baterai untuk dapat menyimpan energi yang dihasilkan agar dapat memenuhi kebutuhan listrik pada malam hari

Tugas akhir ini membahas mengenai optimasi pemasangan baterai untuk rumah rumah tinggal berfotovoltaik agar dapat memenuhi kebutuhan listrik dengan mengacu pada pola pemakaian beban. Untuk rumah tinggal berdaya 4400VA menghabiskan 44.298 Wh setiap harinya dengan memasukkan panel 100 WP yang menghasilkan daya 278,82 watt. Maka dibutuhkan panel sebanyak 159 buah panel dengan proses *scaling* menghasilkan daya sebesar 44.372,38 watt. Diperoleh dari hasil diatas agar tujuan dapat tercapai maka membutuhkan baterai dengan kapasitas 37KWh

Kata Kunci : Panel surya, beban listrik baterai

Abstract

Indonesia is a country on the equator causing solar energy to be one of the potential renewable energies to be developed. Solar energy is the energy originating from the sun. Solar cells turn sunlight into electrical energy directly. The pattern of household load will increase during the night of electricity obtained during the day. Therefore it takes a battery to be able to store the energy produced in order to

Can meet the needs of electricity at night

This final task discusses the optimization of the battery installation for a photovoltaic residential house in order to meet the needs of electricity by referring to load-usage patterns. For a 4400VA power house spends 41,140 Wh per day by entering a panel of 100 WP that generates 278,82 watts of power. The panel is required to 159 panels with the scaling process generating power of 44.372 watts. Based on the results above it is needed as energy storage 37 KWh.

Keywords: solar panel, electrical load, battery

1. Pendahuluan

Pembangkit listrik tenaga surya telah menjadi pembangkit listrik favorit di dunia. Berdasarkan data global, kapasitas panel surya dipasang lebih banyak dibanding teknologi pembangkit listrik lainnya. Diseluruh dunia sekitar 73 gigawatt listrik dihasilkan dari panel surya yang dipasang pada 2016. Selain itu juga energi surya merupakan energi yang sedang giat dikembangkan saat ini karena menjadi salah satu alternatif pembangkit yang sangat baik untuk masa kini dan masa depan. Alat yang digunakan untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik adalah fotovoltaik. *Photovoltaic* (*Photo* berarti cahaya, dan *voltaic* berarti tegangan) merupakan alat untuk mengkonversi cahaya menjadi listrik. Itu artinya listrik yang dihasilkan berdasarkan intensitas cahaya matahari.

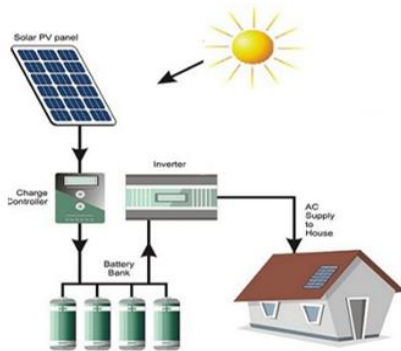
Maraknya pgunan fotovoltaik tidak hanya digunakan oleh perusahaan perusahaan saja melainkan untuk skala rumah tangga yang digunakan untuk mengganti listrik yang berbahan bakar fosil menjadi listrik yang lebih bersih. Namun terdapat kendala yang dihadapi untuk mengoptimalkan penggunaan panel surya dirumah. Hal itu dikarenakan pola pemakaian beban rumah tangga khususnya di Indonesia mengalami beban puncak pada malam hari. Sedangkan panel surya bekerja berdasarkan intensitas cahaya matahari.

Oleh karena itu dibutuhkan sistem penyimpanan energi yang optimal agar penggunaan panel surya dapat optimal. Sistem penyimpanan energi yang digunakan adalah baterai. Baterai adalah alat yang terdiri atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai dapat digunakan sebagai media

penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Tugas akhir ini akan membahas analisis mengenai optimasi pemasangan baterai (kapasitas) yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik harian rumah tinggal berfotovoltaik level tegangan 4400VA dengan menganalisis pola beban yang digunakan dan listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2. 1 Sistem PLTS



Gambar 2.1 Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya off grid.

Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor, merupakan bahan semi logam yang memiliki partikel yang disebut elektron-proton, yang apabila digerakkan oleh energi dari luar akan membuat pelepasan elektron sehingga menimbulkan arus listrik dan pasangan elektron hole. Modul surya mampu menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton ini. Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron-elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dari matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga surya yang diserap bumi ada sekitar 120.000 terra Watt. Jenis logam yang digunakan juga akan menentukan kinerja daripada sel surya. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya.

Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4 - 5 jam per hari. Produksi energi surya pada suatu daerah dapat dihitung sebagai berikut:

$$E = I \times A \dots \dots \dots (1)$$

dimana,

E = Energi surya yang dihasilkan (W)

I = Isolasi/Intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama satu jam (W/m)

A = Luas area (m²)

Komponen Sistem PLTS :

- a. Modul Surya
Komponen utama dari PV yang dapat menghasilkan energi listrik DC disebut panel surya atau modul surya. Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor (umumnya silikon) yang apabila disinari oleh cahaya matahari dapat menghasilkan arus listrik.
- b. Charge Controller
Alat yang mengatur pengisian arus listrik dari modul surya ke baterai/aki dan sebaliknya. Saat isi baterai tersisa 20% sampai 30%, maka regulator akan memutuskan dengan beban. Regulator baterai juga mengatur kelebihan mengisi baterai dan kelebihan tegangan dari modul surya. Manfaat dari alat ini juga untuk menghindari full discharge dan overloading serta memonitor suhu baterai. Kelebihan tegangan dan pengisian dapat mengurangi umur baterai. Regulator baterai dilengkapi dengan diode protection yang menghindarkan arus DC dari baterai agar tidak masuk ke panel surya lagi.
- c. Baterai
Baterai atau aki adalah penyimpan energi listrik pada saat matahari tidak ada. Baterai yang cocok digunakan untuk PV adalah baterai deep cycle lead acid yang mampu menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian baterai/aki selama 12 jam - 16 jam. Baterai yang digunakan terdiri dari sel-sel dengan setiap sel memiliki tegangan sebesar 2,1 V, artinya aki mobil dan aki motor yang memiliki tegangan 12 V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri (12,6 V = 6 x 2,1 V) (Andri, 2010).
- d. Inverter

Inverter adalah alat yang mengubah arus DC menjadi AC sesuai dengan kebutuhan peralatan listrik yang digunakan. Alat ini mengubah arus DC dari panel surya menjadi arus AC untuk kebutuhan beban-beban yang menggunakan arus AC.

2.2 Perancangan PLTS

Langkah-langkah perancangan teknologi PV adalah sebagai berikut:

1. Mencari total beban pemakaian per hari. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:
 $Beban\ pemakaian\ (Wh) = Daya \times Lamapemakaian.....(2)$
2. Menentukan ukuran kapasitas modul surya yang sesuai dengan beban pemakaian. Rumus yang digunakan adalah:

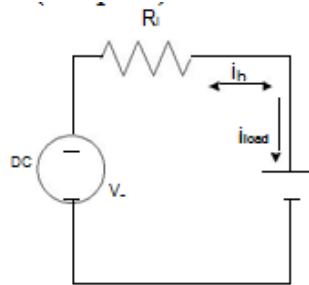
$$kapasitas\ modulsurya = \frac{total\ beban\ pemakaian\ harian}{insolasi\ surya\ harian}(3)$$

Insolasi surya harian adalah ketersediaan energi surya rata-rata di Indonesia sekitar 4,8 kWh/m2.

3. Menentukan kapasitas baterai/aki. Rumus yang digunakan adalah:

$$kapasitas\ baterai = \frac{total\ kebutuhan\ energi\ harian}{tegangan\ sistem} \times 1,2.....(4)$$

Sebagai pembuktian untuk indikator suatu baterai penuh maka dibuat pemodelan rangkaian ekuivalen baterai seperti pada Gambar 2.2 Persamaan yang digunakan pada rangkaian tersebut adalah:



Gambar 2.2 Rangkaian Ekuivalen Baterai

$$V_{bat} = V_0 - R_i I_b.....(5)$$

- Dengan : V_{bat} = Tegangan baterai (Volt)
- V_0 = Tegangan internal baterai (Volt)
- R_i = Hambatan dalam (Ohm)
- I_b = Arus baterai (Ampere)

Rangkaian tersebut terdiri dari tegangan sumber, hambatan dalam dari baterai, dan baterai. Dengan rangkaian tersebut, dapat diketahui berapa tegangan charging yang digunakan untuk mengisi baterai bermuatan kosong dengan tegangan 11 Volt, mengisi baterai sampai penuh dengan tegangan 12,8 Volt (Butterworth, 1998).

Apabila baterai akan diisi dengan muatan listrik, maka ditentukan terlebih dahulu tahanan dalam dari baterai. Tahanan dalam baterai dapat dicari dengan persamaan :

$$rd = \frac{E-V}{I}.....(6)$$

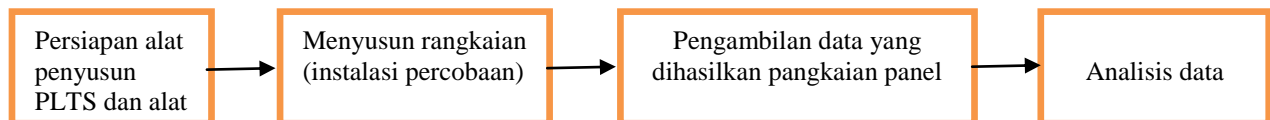
- Dengan: rd = Hambatan dalam (Ohm) .
- E = Sumber tegangan baterai (Volt).
- V = Tegangan luar (Volt).
- I = Arus listrik yang timbul dalam rangkaian (Ampere).

3. Perancangan sistem

3.1. Blok Digram sistem

Desain Sistem

Dalam rancangan optimasi pemasangan baterai dilakukan dengan cara menganalisis pola beban rumah tangga yang berlangganan listrik 4400VA, lalu mencari data daya yang yang dihasilkan oleh panel surya. Menganalisis tegangan serta arus yang yang dibutuhkan untuk dapat memenuhi daya listrik langganan 4400VA berdasarkan data diatas kemudian menganalisis kapasitas baterai yang diperlukan agar kebutuhan beban.



4. Hasil Percobaan dan analisa

Analisis penggunaan listrik level pelanggan 4400 VA. Berikut hasil grafik beban harian yang digunakan berdasarkan jumlah tagihan listrik yang dibayar pelanggan listrik 4400VA berdasarkan hasil survei untuk pola pemakaian perharinya. Diperoleh data sebagai berikut :

Total tagihan listrik dalam sebulan = RpRp 1.949.927,08

Tarif dasar listrik rumah tangga daya 4400VA (Rp/KWh) = Rp 1.467,28

Data diambil bulan september = 30 Hari

$$total\ pemakaian\ beban = \frac{total\ tagihan}{tarif\ dasar\ listrik}$$

$$= \frac{Rp\ 1.949.927,08}{1.467,28}$$

$$= 1.329.12KWh/bulan$$

$$pemakaian\ beban = \frac{total\ pemakaian\ (1\ bulan)}{jumlah\ hari\ dalam\ (1\ bulan)}$$

$$= \frac{1.329.12}{30}$$

$$= 44,304KWh/hari$$

Berikut tabel penggunaan daya beban rumah tangga

Tabel 4.1 penggunaan daya listrik setaip jam

Jam	Total Daya (Wh)
01.00	2.162
02.00	2.162
03.00	2.162
04.00	2.162
05.00	2.422
06.00	4.322
07.00	757
08.00	807
09.00	507
10.00	907
11.00	507
12.00	1.017
13.00	1.017

Jam	Total daya (Wh)
14.00	1.017
15.00	617
16.00	617
17.00	1.617
18.00	2.887
19.00	3.172
20.00	3.172
21.00	3.142
22.00	2.822
23.00	2.162
24.00	2.162
Total	44.298



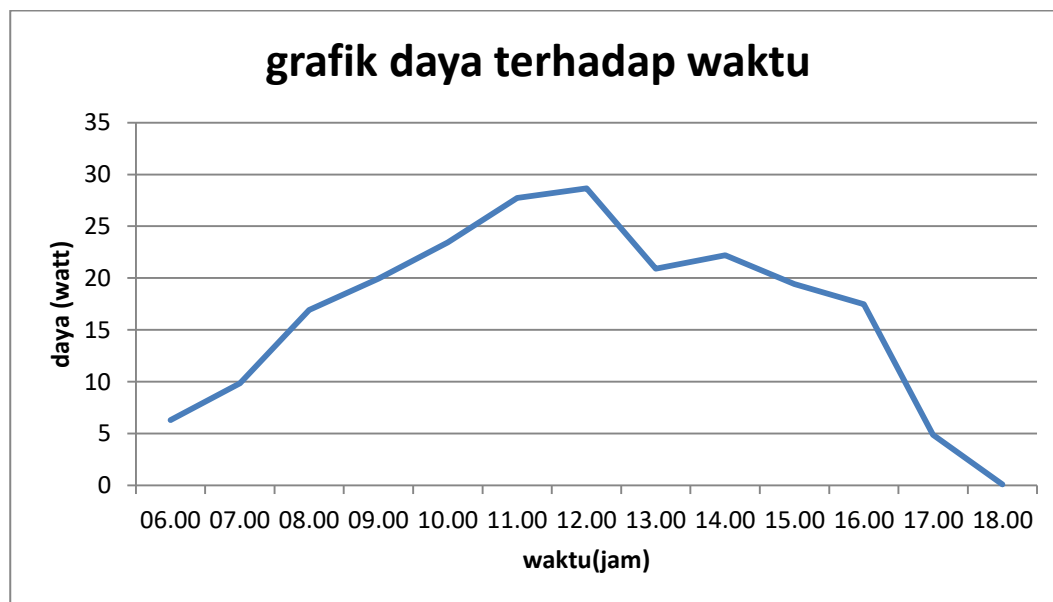
Gambar IV.1 grafik daya terhadap waktu 1

Berdasarkan grafik di atas diketahui bahwa penggunaan listrik berada pada beban puncaknya di malam hari sedangkan penggunaan minimum beban rumah tangga berada pada siang hari.

4.2 Pengujian Panel Surya

Pengujian tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan oleh panel surya 100 WP
Tabel 4.2 keluaran yang dihasilkan panel 100 Wp

No.	Waktu	V _{oc}	V	I	P	Pscal (W)
1	06.00	12,7	5	0,5	2,5	397,5
2	07.00	20,65	14	1,1	15,4	2.488,6
3	08.00	20,90	14,1	1,6	22,56	3.587,04
4	09.00	20,60	14,6	1,4	20,44	3.249,96
5	10.00	20,18	14,8	2,1	31,08	4.941,72
6	11.00	19,93	13,4	2	26,8	4.261,2
7	12.00	20,15	15,3	2,8	42,84	6.811,56
8	13.00	20,3	15,7	2,4	37,68	5.991,12
9	14.00	19,84	15,6	2	31,2	4.960,8
10	15.00	20,09	14,8	1,5	22,2	3.529,8
11	16.00	19,56	14,9	1,1	16,39	2.606,01
12	17.00	18,74	13,9	0,7	9,73	1.547,07
13	18.00	0,01	0,01	0	0	0
Total					278,82	44.372,38



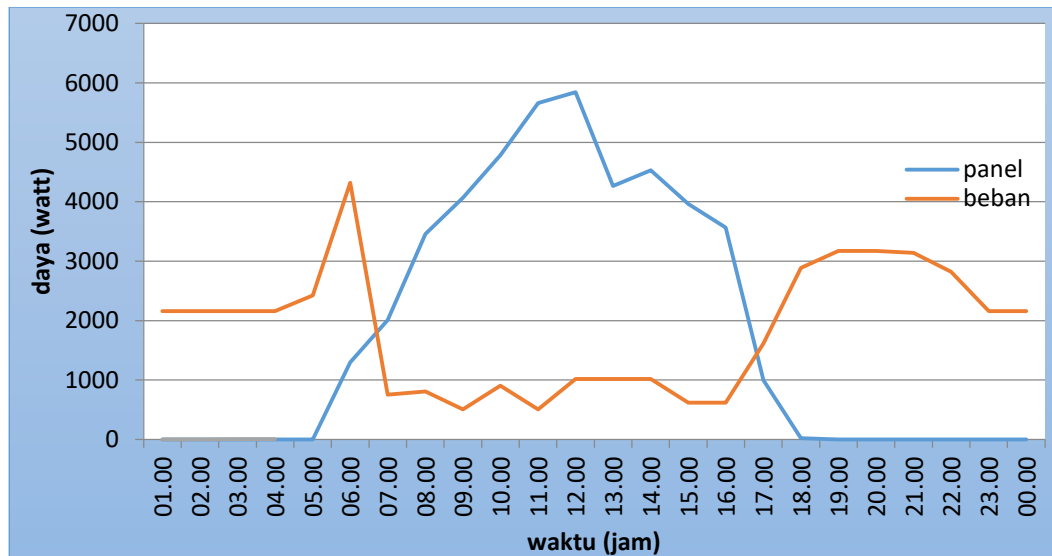
Gambar IV.2 Grafik Pout PV

Menurut pengujian diatas, grafik daya yang dihasilkan oleh panel surya terhadap waktu serta grafik pemakaian daya beban rumah tangga berkebalikan. Dimana waktu puncak yang dihasilkan oleh panel surya berada pada siang hari sedangkan daya yang dibutuhkan oleh beban rumah tangga banyak berada pada malam hari.berikut jumlah panel yang dibutuhkan untuk dapat memenuhi kebutuhan daya beban listrik perharinya.

$$\begin{aligned}
 \text{kebutuhan panel surya} &= \frac{\text{total kebutuhan beban}}{\text{keluaran panel}} \\
 &= \frac{44.298}{278,82} \\
 &= 159 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan grafk diatas diketahui bahwa penggunaan listrik berada pada beban puncaknya di malam hari sedangkan penggunaan minimum beban rumah tangga berada pada siang hari.

IV.4.1 analisis kapasitas baterai dengan metode sebagian trcover baerai



Untuk menghitung kapasitas baterai yang digunakan, analisis ini menggunakan sistem dimana beban yang digunakan saat masa pengisian panel langsung terhubung dari sistem panel tanpa baterai sedangkan sisa pengisian nya dihubungkan kedalam baterai

jumlah penghematan = daya beban listrik saat panel beroperasi(jam 6 – 18)

$$\begin{aligned}
 &= 4.322 + 757 + 807 + 507 + 907 + 507 + 1.017 + 1.01 + 1.017 + 617 + 617 \\
 &\quad + 617 + 1.617 + 2.887 \\
 &= 16.596 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{kapasitas baterai} &= \left(\frac{\text{total kebutuhan energi harian}}{\text{tegangan sistem}} \times 1,2 \right) - \text{Penghematan} \\
 &= \left(\frac{44.372,38}{12} \times 1,2 \right) - \text{penghematan} \\
 &= 4.437,238 \text{ Ah} - \text{penghematan} \\
 &= 53.246 \text{ Wh} - 16.596 \text{ Wh} \\
 &= 36.650 \text{ Wh} \approx 37 \text{ KWh}
 \end{aligned}$$

IV.4.2 Analisis kapasitas baterai dengan cara mengcover semua beban dengan baterai

Kapasitas baterai yang dibutuhkan adalah kapasitas yang dapat memenuhi kebutuhan listrik tersebut dalam satu hari, agar saat malam hari kebutuhan beban rumah tangga dapat terpenuhi.

$$\begin{aligned}
 \text{kapasitas baterai} &= \frac{\text{total kebutuhan energi harian}}{\text{tegangan sistem}} \times 1,2 \\
 &= \frac{44.372,38}{12} \times 1,2 \\
 &= 4.437,238 \text{ Ah} \\
 &= 54 \text{ KWh}
 \end{aligned}$$

IV.5 analisis perbandingan rincian biaya serta perbandingan keuntungan yang didapatkan

Perbandingan keuntungan yang ditawarkan

Untuk membandingkan keuntungan Investasi dari segi harga listrik yang dibeli dari PLN dengan listrik yang dihasilkan oleh Panel Surya. Dengan ketentuan Alat yang digunakan mampu bertahan 10 tahun. Berikut adalah perbandingan investasi yang dihasilkan

$$\begin{aligned}
 \text{Tagihan listrik yang dibayar dalam 1 bulan} &= \text{Rp Rp } 1.949.927,08 \\
 \text{Tagihan listrik yang dibayar dalam 10 tahun} &= \text{Rp } 1.949.927,08 \times 12 \times 10 \\
 &= \text{Rp } 233.991.240
 \end{aligned}$$

IV.5.1 Rincian biaya untuk metode daya beban listrik semua tercover baterai

Tabel 4.3 Tabel rincian untuk sistem kebutuhan *tercover* semua baterai

Nama Barang	Harga	Jumlah	Total
Panel Surya 100 Wp	Rp 750.000	159 Buah	Rp 119.250.000
Baterai 55KWh	Rp 15.400.000	2	Rp 30.800.000
Inverter 5 KWh	Rp 19.000.000	1	Rp 19.000.000
SCC	Rp1.400.000	1	Rp.1.400.000
Instalasi (kabel dll)	Rp 5.000.000		Rp 5.000.000
Total			Rp 175.450.000

Berdasarkan Tabel 4.7 diperoleh jumlah investasi yang dibutuhkan untuk sistem semua *tercover* oleh baterai adalah Rp 175.450.000. Dimana untuk sistem ini dibutuhkan panel sebanyak 159 buah 100 Wp yang sudah disesuaikan dengan kebutuhan beban rumah tangga. Baterai yang dibutuhkan adalah baterai 55 KWh sebanyak 2 buah, hal ini dikarenakan investasi yang diperhitungkan selama 10 tahun. Umumnya baterai sistem PLTS direncanakan untuk DOD 25% hingga 30% sehingga umur baterai sekitar 5 tahun maka dari itu diperlukan 2 buah baterai untuk siklus 10 tahun. Selain itu juga dibutuhkan sebuah *solar charge controller* dan sebuah inverter 5 KWh. Inverter dengan spesifikasi 5 KWh ditentukan karena pada penggunaan beban rumah tangga terdapat kebutuhan beban puncak rumah tangga 4.322 dalam sejam. Oleh karena itu diperlukan inverter yang lebih besar untuk dapat menoperasikannya maka dipilih inverter dengan spesifikasi 5 KWh yang terdapat dipasaran.

IV.5.2 Rincian biaya untuk metode daya beban listrik semua *tercover* baterai

Tabel 4.4 Tabel rincian untuk sistem kebutuhan sebagian *tercover* baterai

Nama Barang	Harga	Jumlah	Total
Panel Surya 100 Wp	Rp 750.000	159 Buah	Rp 119.250.000
Baterai 35KWh	Rp 9.800.000	2	Rp 19.600.000
Inverter 5 KWh	Rp 19.000.000	1	Rp 19.000.000
Solar Charge Controller	Rp1.400.000	1	Rp.1.400.000
Instalasi (kabel dll)	Rp 5.000.000		Rp 5.000.000
Total			Rp 164.250.000

Berdasarkan Tabel 4.8 diperoleh jumlah investasi yang dibutuhkan sistem sebagian *tercover* baterai yaitu Rp 164.250.000. Dimana perbedaan investasi pada masing masing sistem hanya terletak pada kebutuhan baterai yang berbeda. Untuk sistem pada Tabel 4.7 dibutuhkan baterai 2 buah dengan kapasitas 55 KWh, sedangkan untuk sistem pada Tabel 4.8 dibutuhkan baterai sebanyak 2 buah dengan kapasitas 35 KWh.

Dari perhitungan yang sudah di dapatkan dapat dibandingkan bahwa listrik yang dibayar pelanggan PLN 10 tahun adalah Rp 233.991.240 dan listrik yang dibayarkan oleh pengguna listrik menggunakan panel surya semua *tercover* baterai adalah Rp 175.450.000 dan listrik yang dibayarkan untuk pemasangan yang sebagian *tercover* oleh baterai adalah Rp 164.250.000. Pengguna listrik memiliki keuntungan investasi sebesar Rp 58.541.240/10 tahun atau Rp 487.843/ bulan untuk daya yang *tercover* semua baterai dan untuk seluruh daya sebagian *tercover* baterai adalah Rp 69.741.240/10 tahun atau Rp 581.177/ bulan. Oleh karena itu dari segi harga yang ditawarkan penggunaan panel surya lebih menguntungkan dengan potensi yang ada. Untuk dari segi optimasi metode penggunaan daya *tercover* sebagaimana baterai dianggap lebih optimal hal

itu dikarenakan daya yang dihasilkan oleh panel surya digunakan untuk memenuhi kebutuhan daya beban rumah tangga dahulu sisanya yang tidak digunakan dapat digunakan untuk *mencharge* baterai yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik saat tidak dapat pasokan dari panel surya. Selain itu juga listrik yang dihasilkan oleh panel surya lebih ramah lingkungan.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa penggunaan daya listrik rumah tangga pada malam hari lebih banyak dibandingkan pada malam hari. Dimana pada pengujian diperoleh data bahwa penggunaan beban pada jam 6 pagi sampai jam 6 sore adalah sebesar 16.322 Wh sedangkan penggunaan beban pada malam hari yaitu pada jam 7 malam sampai jam 5 pagi adalah 27.976. Pola ini berbanding terbalik dengan listrik yang dihasilkan oleh panel dimana pada saat jam 6 pagi sampai jam 6 sore panel menghasilkan daya sebesar 44.372,38 dari 159 panel 100 Wp. Agar sistem panel surya dapat digunakan saat malam hari untuk memenuhi daya beban maka dibutuhkan baterai. Sistem baterai yang dapat digunakan adalah kebutuhan daya tercover baterai dan sebagian tercover baterai. Dari segi efisiensi kapasitas dan harga, penggunaan sistem kebutuhan daya sebagian tercover baterai lebih optimal digunakan.

Tabel 5.1 perbandingan penggunaan listrik PLN dengan listrik surya

Keterangan	Biaya PLN	Biaya listrik surya
Investasi dalam 10 tahun	Rp 233.991.240 (flat tanpa kenaikan tarif)	Rp 165.250.000 (minimum perawatan dan kerusakan)
Biaya listrik perbulan	Rp 1.949.927 (asumsi rata rata konsumsi)	Rp 1.377.083
Tantangan	Kenaikan tarif Stabilitas jaringan PLN	Stabilitas radiasi matahari

Saran

Untuk pemasangan sistem rumah tinggal berfotovoltaik setara 4400VA off grid maka diperlukan sebuah rancangan yang memiliki sebuah cadangan baterai dengan mempelajari potensi radiasi dalam setahun agar pemenuhan kebutuhan daya selalu terpenuhi. Selain itu juga untuk dapat mengoptimalkan penggunaan baterai rumah tinggal berfotovoltaik sebaiknya membuat *scheduling* penggunaan daya beban rumah tangga. Dimana kebutuhan daya sebaiknya dioptimalkan saat panel mendapatkan cahaya matahari. Jadi kebutuhan listrik yang digunakan didapatkan dari panel dan dapat memperkecil kapasitas penyimpanan baterai. Hal itu dapat menghemat biaya pembelian baterai.

6. Daftar Pustaka

- [1] Surjadi., Mahdi Syukri (2010). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu menggunakan Software PVSYST pada Komplek Perumahan di Banda Aceh.
- [2] Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRKT) (2012), Volume 10, No. 2. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi.
- [3] Budi santoso (2016), Volume 10, No.73.Study Kapasitas Battery Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
- [4] Hasyim Asy'ari, Jatmiko, Angga (2012). Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya.

- [5] Unggul Wibawa., Andi Darmawan (2008). Penerapan Sistem PV sebagai Daya Suplai Listrik Beban Pertamanan.
- [6] Safira Kusuma Ramdhanti, Dr.Muhamad Reza, S.T.,M.Sc.,Cahyantari Ekaputri, S.T.,M.T. Desain Sistem Penggunaan Panel Off Grid untuk Lampu Belajar Siswa Berbasis Baterai di Sekolah yang Terletak di Desa Terpencil(2018).
- [7] Dania Chairunissa, Ir.Porman Pangaribuan,M.T.,Cahyantari Ekaputri, S.T.,M.T. Sistem Suplai Energi Listrik Untuk Penggerak Jemuran Otomatis dengan Memanfaatkan Solar Cell.