

ANALISIS *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH* PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM *OFF GRID* DENGAN PLN

Herman Nauwir¹, Muh. Yusuf Yunus^{2*}, Baso Muh. Agung Anugerah³ dan Gilbert V.N. Pratama⁴

^{1,2} Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

^{3,4} Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

Automatic Transfer Switch is a switch that works automatically. For example, if the power source from PLN goes out, the switch will switch to another power source and vice versa. The purpose of this study is to make the most of the use of *Automatic Transfer Switches* to save electrical energy. In the test in the field of PLTS *Off Grid* during the day, charging was carried out starting from 09.00 – 16.00 WITA without being burdened. At night, the electrical components in consumers' homes of 77 Watts operate starting at 18.00 WITA which are supplied by plts *Off Grid*. In the *Automatic Transfer Switch*, the main supply, namely from plts and PLN, is used for backup. The ability of solar power plants to supply a load of 77 watts ranges \pm 2-3 hours of operating time. When the voltage at *low voltage disconnect* shows the cut *off* voltage value of the battery that has been set before, the *Automatic Transfer Switch* automatically switches the energy source from the solar power plant to an energy source from PLN to further supply the needs of electrical energy for consumers' homes. This is done continuously on a recurring basis so that the savings in the cost of electrical energy obtained are 33.8%.

Keywords: Automatic transfer swicth; PLTS; PLN.

1. PENDAHULUAN

Energi terbarukan adalah energi yang diperoleh dari proses alam yang terus berkelanjutan, dapat diperbaharui secara terus menerus, mampu digunakan dengan bebas, dan ketersediaanya di alam melimpah. Energi terbarukan meliputi energi surya, energi angin, energi air, energi panas bumi, bio energi, energi ombak laut, energi pasang surut air laut, energi arus laut, dan energi panas laut. Energi surya merupakan salah satu energi terbarukan yang menjanjikan untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat di Indonesia. Secara geografis, Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah ekuator tepatnya berada pada 11° LS 6° LU dan 95° BT- 141° BB. Indonesia memiliki iklim tropis yang hanya mempunyai 2 musim sepanjang tahunnya yaitu musim kering (kemarau) dan musim basah (hujan). Letak geografis Indonesia yang berada di ekuator menyebabkan Indonesia adalah salah satu daerah yang memiliki nilai surplus sinar matahari karena mendapat sinar matahari sepanjang tahun [1].

Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 kWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Saat ini pemerintah telah mengeluarkan roadmap pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang [2].

Energi listrik dapat dibangkitkan dengan mengubah sinar matahari melalui sebuah proses yang dinamakan *photovoltaic* (PV). *Photo* merujuk kepada cahaya dan *voltaic* merujuk kepada tegangan. Terminologi ini digunakan untuk menjelaskan sel elektronik yang memproduksi energi listrik arus searah dari energi radian matahari [3]. Terdapat beberapa komponen untuk merancang sistem PLTS *Off Grid*, Solar Charge Kontroler adalah salah satu komponen di dalam sistem PLTS, berfungsi mengontrol atau mengatur aliran arus dan tegangan yang menuju ke baterai [4]. Baterai adalah sebagai penyimpanan energi, baterai yang sesuai pada penggunaan PV adalah jenis baterai *deep cvle lead acid* yang memiliki kapasitas 100 Ah, 12 V dan 24 V_{dc} dengan efisiensi 80%, . Inverter adalah sebuah alat kontrol yang bertujuan untuk mengubah tegangan 12 V_{DC} atau 24 V_{DC} menjadi tegangan 220 V_{AC}. Sehingga tegangan tersebut mampu untuk menjalankan berbagai peralatan listrik dengan standar listrik PLN [5].

Automatic Transfer Switch adalah sakelar elektronik yang mendeteksi saat catu daya atau sumber listrik terputus dan secara otomatis mengoperasikan sumber listrik sekunder (generator) atau sumber lain (energi matahari)[6]. Alat ini berguna untuk menghidupkan dan menghubungkan power inverter ke beban secara

* Korespondensi penulis: Muh. Yusuf Yunus, Telp 082346999002, yunus_it@yahoo.com

otomatis pada saat PLN padam. Pada saat PLN hidup kembali, alat ini akan Memindahkan sumber daya ke beban dari power inverter ke PLN [7].

Asriyadi dkk. [8] telah melakukan penelitian tentang Automatic Transfer Switch pada PLTS dan PLN serta Genset pada Laboratorium Komputer Politeknik Negeri Ujung Pandang. Hasil penelitian ini menunjukkan kinerja dari Automatic Transfer Switch sebagai saklar pengalihan daya bekerja dengan baik dan dengan Sistem PLTH ini memberikan keuntungan finansial berupa penurunan biaya tarif pemakaian listrik PLN dan dimungkinkan pula dapat menjual kelebihan energi listrik yang dibangkitkan dari sistem pembangkit listrik energi terbarukan serta ramah lingkungan.

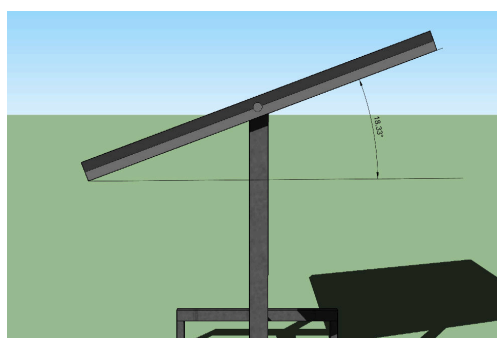
Suatu penelitian lain tentang pengembangan PLTS atap skala rumah tangga untuk penghematan atau mengurangi tagihan energi listrik bulanan. Hasil dari penelitian ini dengan mampu menghemat biaya energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS atap sekitar 31,5 % [9].

Perancangan alat ini bertujuan untuk memaksimalkan kinerja dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sistem *Off Grid*, sebagai usaha untuk penghematan biaya energi listrik. Apabila energi listrik yang tersimpan di baterai tidak cukup untuk memenuhi penggunaan energi listrik, maka *Automatic Transfer Switch* secara otomatis akan mengalihkan penggunaan energi listrik yang berasal dari PLN.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan berlangsung mulai bulan Februari hingga bulan Agustus 2022 dan bertempat di Perumahan Royal Sentraland BTP Cluster Nottingham F8 No.70, Kecamatan Moncongloe, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Alat yang digunakan yaitu solar power meter, gurinda, bor listrik, multimeter, soket terminal dan meteran.

Tahap perancangan konstruksi meliputi: (1) Konstruksi rangka panel surya: perancangan konstruksi rangka panel surya diperlukan ketelitian untuk menentukan sudut kemiringan dari panel surya, hal ini diperlukan agar panel surya mendapatkan pancaran sinar matahari yang optimal di lokasi penelitian. Lokasi penelitian dari alat ini yaitu Laboratorium Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang yang memiliki titik koordinat 5,12° LS, 119,48° BT;



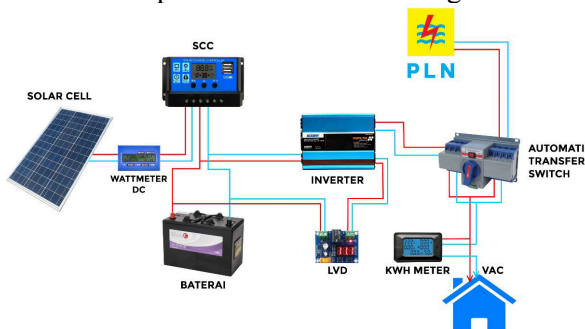
Gambar 1. Rancangan Sudut Kemiringan Panel Surya

(2) Perancangan Automatic Transfer Switch pada PLTS Sistem Off Grid dengan PLN: pada panel box terdapat komponen Automatic Transfer Switch dimana alat ini digunakan sebagai saklar otomatis untuk mengubah suplai energi dari PLTS sistem Off Grid apabila kehabisan energi kemudian akan beralih ke PLN. Jadi, sebelum menuju ke beban terdapat komponen Automatic Transfer Switch;



Gambar 2. Rancangan Automatic Transfer Switch pada PLTS Sistem Off Grid dengan PLN

(3) Perancangan kelistrikan: Perancangan kelistrikan diawali dengan menghitung total energi yang akan digunakan pada saat PLTS beroperasi. Hal ini untuk mengetahui berapa kapasitas dan jumlah panel serta baterai yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik rumah tangga. Berikut ini merupakan skema perancangan Automatic Transfer Switch pada PLTS Off Grid dengan PLN.



Gambar 3. Skema Kelistrikan Automatic Transfer Switch PLTS Sistem Off Grid dengan PLN

Setelah dilakukan pengambilan data pada proses pengujian Automatic Transfer Switch pada PLTS sistem Off Grid dengan PLN, maka terdapat beberapa parameter yang perlu dicatat diantaranya radiasi matahari, tegangan, dan arus.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Sistem Automatic Transfer Switch pada PLTS Off Grid dengan PLN mencakup:

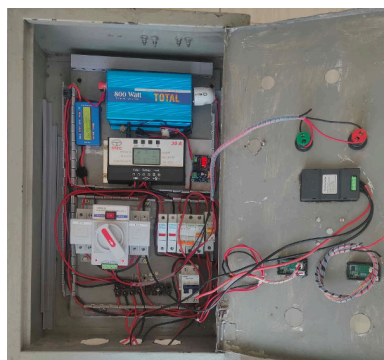
(1) Data beban dan jam operasi: berdasarkan survei lokasi penelitian yang telah, diperoleh data beban pada tabel di bawah ini :

Tabel 1. Data kebutuhan energi listrik

No.	Komponen	Tegangan (Vac)	Arus (Iac)	Waktu (h)	Daya (W)	Energi (Wh)
1.	Lampu Teras	220	0,045	10	5	50
2.	Lampu Ruang Tamu 1	220	0,03	4	4	16
3.	Lampu Ruang Tamu 2	220	0,12	4	12	48
4.	Lampu Kamar	220	0,07	4	9	36
5.	Lampu Toilet	220	0,038	4	5	20
6.	Lampu Dapur	220	0,038	4	5	20
7.	Kipas Angin	220	0,14	10	37	370
Total kebutuhan listrik						
560 Wh/hari \approx 5,6 kWh/hari						

(2) Jumlah panel surya yang dibutuhkan: berdasarkan total jumlah kebutuhan listrik yang ada, jumlah panel surya dibutuhkan adalah 3 atau 4 buah dengan kapasitas 50 WP. Terkait dengan cuaca yang tidak dapat diprediksi, perhitungan jumlah modul dapat mengakomodasi cadangan energi untuk menambah keandalan sistem dengan menggabungkan PLN sebagai backup cadangan untuk suplai beban perumahan; (3) Jumlah baterai dan inverter: berdasarkan total pemakaian harian perumahan, jumlah baterai yang dibutuhkan sebanyak 1 buah dengan kapasitas 100 Ah 12V untuk melayani beban 560Wh. Sedangkan pemilihan inverter berdasarkan total beban dikalikan 25% maka didapatkan jumlah kapasitas inverter yakni 800 Watt.

Pengujian dilakukan dengan tiga jenis pengujian dimana masing-masing sumber energi diuji sendiri-sendiri (PLTS Off Grid dan PLN) selama satu hari yaitu dipagi hari sampai sore dilakukan pengisian baterai dengan menggunakan PLTS, kemudian dibebani langsung dengan komponen-komponen listrik di malam hari. Setelah baterai telah mencapai low baterai, secara otomatis Automatic Transfer Switch akan mengubah sumber energi yang sebelumnya berasal dari PLTS beralih ke PLN untuk melayani beban rumah. Sebelum memulai pengujian, output keluaran masing-masing pembangkit disambungkan pada modul instrumen untuk memudahkan pembacaan parameter-parameter yang diukur. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui daya keluaran yang dihasilkan oleh kedua sumber energi.

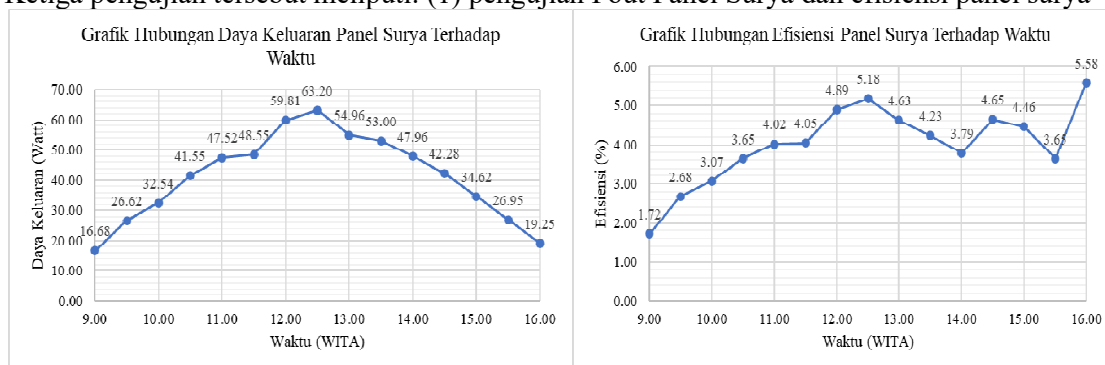


Gambar 4. Modul *Automatic Transfer Switch* pada PLTS Off Grid dengan PLN

Tabel 2. Hasil analisis data panel surya pada hari Sabtu, 28 Mei 2022

No.	Waktu (WITA)	Vp (V)	Ip (A)	G (W/m ²)	A (m ²)	Pin (W)	FF	Pout (W)	η (%)
1	9.00	13.22	1.66	683.9	1.4204	971.41	0.76	16.68	1.72
2	9.30	13.63	2.57	700.5	1.4204	994.99	0.76	26.62	2.68
3	10.00	14.32	2.99	746.2	1.4204	1059.90	0.76	32.54	3.07
4	10.30	13.77	3.97	802.2	1.4204	1139.44	0.76	41.55	3.65
5	11.00	15.25	4.1	832.1	1.4204	1181.91	0.76	47.52	4.02
6	11.30	14.42	4.43	843.9	1.4204	1198.68	0.76	48.55	4.05
7	12.00	15.4	5.11	860.7	1.4204	1222.54	0.76	59.81	4.89
8	12.30	15.93	5.22	858.9	1.4204	1219.98	0.76	63.20	5.18
9	13.00	14.64	4.94	836.5	1.4204	1188.16	0.76	54.96	4.63
10	13.30	14.62	4.77	882	1.4204	1252.79	0.76	53.00	4.23
11	14.00	14.15	4.46	892	1.4204	1267.00	0.76	47.96	3.79
12	14.30	14.12	3.94	640.2	1.4204	909.34	0.76	42.28	4.65
13	15.00	14.06	3.24	546.8	1.4204	776.67	0.76	34.62	4.46
14	15.30	13.85	2.56	519.9	1.4204	738.47	0.76	26.95	3.65
15	16.00	13.69	1.85	242.9	1.4204	345.02	0.76	19.25	5.58

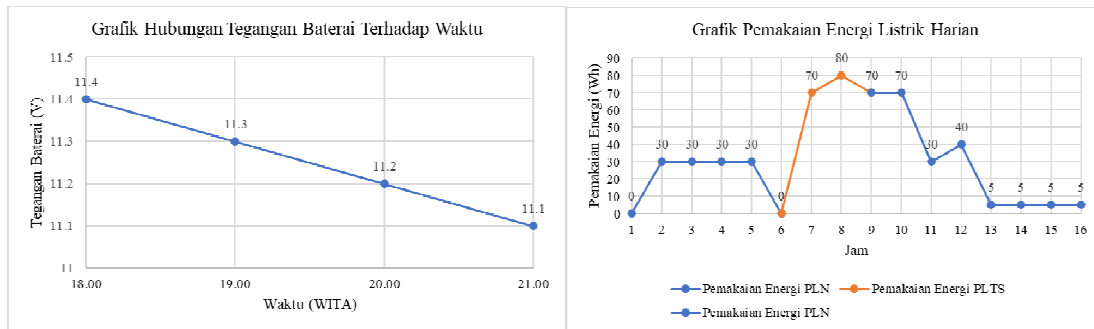
Ketiga pengujian tersebut meliputi: (1) pengujian Pout Panel Surya dan efisiensi panel surya



Gambar 5. (a) Grafik hubungan daya keluaran panel surya terhadap waktu, (b) grafik hubungan efisiensi panel surya terhadap waktu.

Berdasarkan gambar 5(a) diatas daya keluaran panel surya mengalami trend grafik yang fluktuatif dikarenakan kondisi cuaca yang berubah-ubah. Dari kondisi cuaca yang berubah-ubah ini mengakibatkan nilai intensitas cahaya matahari juga ikut berubah – ubah. Nilai tertinggi daya keluaran panel surya adalah 63,2 W pada pukul 12.30 WITA dan nilai terendah adalah 16,68 W pada pukul 9.00 WITA karena PLTS mulai dioperasikan. Sehingga berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa intensitas cahaya matahari (G) berbanding lurus dengan daya keluaran panel surya (W). Semakin tinggi intensitas cahaya matahari maka daya keluaran panel surya akan semakin besar.

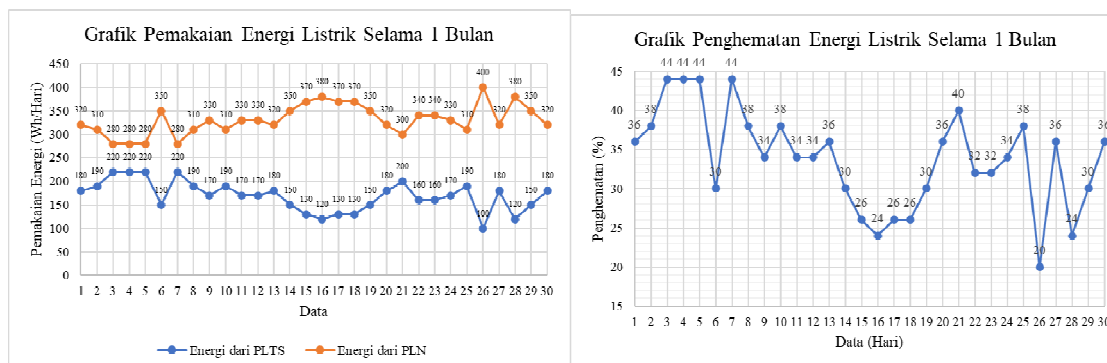
Gambar 5(b) efisiensi panel surya mengalami trend grafik yang fluktuatif dikarenakan kondisi radiasi matahari yang berubah-ubah. Nilai tertinggi efisiensi panel surya adalah 5,58 % pada pukul 16.00 WITA dan nilai terendah adalah 1,72 % pada pukul 9.00 WITA. Nilai efisiensi panel surya ditentukan dari nilai daya keluaran dan daya input panel surya. Intensitas cahaya matahari sangat mempengaruhi tegangan dan arus yang dihasilkan.



Gambar 6.(a) Grafik hubungan tegangan baterai terhadap waktu, (b) Grafik pemakaian energi listrik harian

(2) Pengujian tegangan baterai (V_b) terhadap waktu dan Pengujian pemakaian energi listrik harian: berdasarkan gambar 6(a) diatas menunjukkan hubungan linear antara waktu dan tegangan baterai. Semakin lama penggunaan baterai maka tegangan baterai juga akan semakin turun. Dari grafik diatas tegangan awal baterai pada saat dibebani adalah 11.4 V pada pukul 18.00 dan tegangan akhir adalah 11.1 V pada pukul 21.00 penggunaan baterai berkisar 3 jam.

Pada gambar 6(b) menunjukkan jumlah energi yang digunakan per 1 jam dalam 1 hari. Pada data ke 1-5 merupakan pukul 13.00-17.00 WITA dimana pada jam tersebut beban yang beroperasi adalah kipas angin dan sumber energi berasal dari PLN. Pada saat data ke 6-9 atau pukul 18.00-21.00 WITA digunakan sumber energi yang berasal dari PLTS dengan kondisi beban penuh (6 buah lampu dan 1 kipas angin sedang beroperasi). Pada saat data ke 9 atau pukul 21.00 WITA energi dari PLTS sudah habis sehingga *Automatic Transfer Switch* mengalihkan penggunaan energi yang berasal dari PLTS ke PLN. Pada pukul 22.00-00.00 WITA beban yang beroperasi adalah kipas angin dan lampu 5 watt (lampu teras). Pada pukul 00.00-04.00 WITA beban yang beroperasi adalah lampu 5 watt (lampu teras). Beban digunakan secara konsisten selama 1 bulan sehingga konsumsi energi perharinya mencapai 500 Wh atau 0,5 kWh per hari.



Gambar 7.(a) Grafik pemakaian energi listrik selama 1 bulan, (b) Grafik penghematan energi listrik selama 1 bulan

(3) Pengujian pemakaian energi selama 1 bulan dan penghematan energi listrik. Pada gambar 7(a) diatas menunjukkan perbandingan penggunaan energi yang berasal dari PLTS dan PLN dalam 1 hari dengan total pemakaian energi 500 Wh. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa penggunaan energi PLTS lebih sedikit dari PLN dikarenakan penggunaan energi PLTS tidak cukup untuk menyuplai kebutuhan beban listrik konsumen. Penggunaan PLTS tertinggi adalah 220 Wh dan terendah adalah 100 Wh. Trend grafik penggunaan energi PLTS mengalami fluktuatif dikarenakan kondisi cuaca yang tidak konsisten terik setiap hari. Jadi dapat disimpulkan bahwa kondisi cuaca sangat mempengaruhi jumlah energi dari PLTS.

Gambar 7(b) diatas dapat dilihat penghematan energi yang dihasilkan dalam 1 bulan. Penghematan energi tertinggi terjadi pada hari ke 3,4,5 dan 7 yaitu 44 % sedangkan penghematan terendah berada pada hari 26 yaitu 20 %. Trend grafik yang terjadi adalah fluktuatif dikarenakan kondisi cuaca yang tidak konsisten terik setiap hari.

Untuk menghitung penghematan energi selama 1 bulan, maka diperlukan data Total energi pemakaian PLTS dan Total energi pemakaian selama 1 bulan. Asriyadi dkk.[3] telah melakukan penelitian tentang Automatic Transfer Switch pada PLTS dan PLN serta Genset pada Laboratorium Komputer Politeknik Negeri Ujung Pandang. Sistem PLTH ini memberikan keuntungan finansial berupa penurunan biaya tarif pemakaian

listrik PLN dan dimungkinkan pula dapat menjual kelebihan energi listrik. Tharo dan Hamdani[4] juga telah melakukan penelitian tentang PLTS atap skala rumah tangga, PLTS ini mampu menghemat biaya energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS atap sekitar 31,5 %.

Hasil dari penelitian yang kami lakukan, Automatic Transfer Switch yang difungsikan sebagai saklar pengalihan daya berfungsi dengan baik. Kekurangan dari PLTS kami adalah seluruh energi yang berasal dari PLTS habis terpakai untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Sedanglam kelebihan dari PLTS Off Grid ini mampu menghemat biaya energi listrik sebesar 33,8%. Persentase ini bisa saja berkurang maupun bertambah dikarenakan intensitas cahaya matahari yang tidak konsisten pada tiap harinya.

Penghematan energi listrik ini bergantung seberapa besar pemakaian energi yang kita gunakan serta kemampuan daya dari PLTS untuk menyuplai kebutuhan listrik konsumen. Semakin sering kita menggunakan sumber energi yang berasal dari PLTS, maka semakin besar pula penghematan biaya energi listrik yang kita peroleh, namun hal ini juga bergantung pada jumlah panel surya dan kapasitas baterai yang kita miliki semakin banyak jumlah panel surya dan kapasitas baterainya maka semakin tinggi penghematan biaya energi listrik yang dapat kita peroleh.

Analisis perhitungan biaya ekonomis meliputi: (1) biaya listrik: berdasarkan perhitungan sebelumnya total konsumsi listrik Pada rumah daerah terpencil untuk beroperasi tiap harinya adalah 560 Wh atau 0,56 kWh maka dengan adanya pembangkit tenaga surya ini warga dapat menghemat pengeluarannya sebesar Rp 228.094,63 setiap tahunnya; (2) biaya investasi awal seperti tertera pada table berikut.

Tabel 3. Biaya investasi awal pembangkit tenaga surya

No	Material	Volume	Harga Satuan (Rp)	Nilai (Rp)
1.	Panel Surya 50 Wp	4 unit	350.000,-	1.400.000,-
2.	Solar Charge Controller	1 unit	250.000,-	250.000,-
3.	Battery VRLA solar panel 12V/100Ah	1 unit	2.500.000,-	2.500.000,-
4.	Inverter 800 Watt	1 unit	800.000,-	800.000,-
5.	Automatic Transfer Switch	1 unit	350.000,-	350.000,-
6.	Low Voltage Disconnect	1 unit	50.000,-	50.000,-
7.	Panel Box	1 unit	450.000,-	450.000,-
Sub Total (Rp)				5.800.000,-

(2) Biaya operasional dan pemeliharaan: Jika diperkirakan usia panel surya mencapai 10 tahun, maka total biaya pemeliharaan dan operasional untuk 10 tahun adalah sebesar Rp 580.000. sedangkan total biaya investasi sebesar Rp 5.800.000; (3) Payback Period: Periode pengembalian modal atau payback period untuk PLTS *Off Grid* yang akan dikembangkan di rumah konsumen adalah 28 tahun. Diperoleh dari total investasi pendapatan/permakaian per tahun.

(3)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang telah diperoleh dari hasil pembuatan dan pengujian alat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : (1) salah satu cara pemanfaatan energi surya adalah dengan membangun PLTS *Off Grid* dan di *back up* oleh Jaringan PLN menggunakan *Automatic Transfer Switch* sebagai saklar pengalihan daya listrik yang bekerja secara otomatis; (2) dengan memanfaatkan Automatic Transfer Switch pada PLTS system Off Grid dengan PLN, biaya energi listrik pada rumah konsumen mampu dihemat sebesar 33,8 % menggunakan panel surya sebesar 200 Wp dan Baterai 100 Ah; (3) cara kerja dari Automatic Transfer Switch pada PLTS sistem Off Grid dengan PLN adalah ketika daya dari PLTS habis maka secara otomatis Automatic Transfer Switch mengalihkan suplai daya yang berasal dari PLTS menjadi berasal dari PLN. Pada penelitian ini PLTS digunakan sebagai suplai utama untuk mensuplai kebutuhan beban energi listrik konsumen dan PLN digunakan sebagai back up.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yudistira, S., Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Terpusat Di Pulau Liukang Loe Desa Bira Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba (Doctoral Dissertation, Universitas Negeri Makassar), 2021.
- [2] Kementrian ESDM RI, 2012

- [3] Rif'an, M., Pramono, S. H., Shidiq, M., Yuwono, R., Suyono, H., & Suhartati, F., "Optimasi pemanfaatan energi listrik tenaga matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya", *Jurnal EECCIS*, VI (1): 44-48, 2012.
- [4] Jean-Rostand, F.K., Mustapha, M. M., Adabara, I., & Hassan, A. S., "Design of an automatic transfer switch for households solar Pv System", *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, VI (2): 54-65, 2019.
- [5] Mangapul, J., "Pengaturan tegangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) 1000 WATT", *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, I (1): 79-95, 2016.
- [6] Farhan, B. A., "Design and implementation of an automatic transfer switch for a single phase power generator training bord", *International Journal of Inventions in Engineering & Science Technology*, Vol, VII, 2021.
- [7] Susanto, E. "Automatic transfer switch (suatu tinjauan)", *Jurnal Teknik Elektro*, V (1), 2013.
- [8] Asriyadi, A., Indrawan, A. W., Pranoto, S., Sultan, A. R., & Ramadhan, R., "Analisis automatic transfer switch (automatic transfer switch) pada PLTS dan PLN serta genset", *Jurnal Teknologi Elekterika*, XIII (2), 225-235, 2016.
- [9] Tharo, Z., & Hamdani, H., "Analisis biaya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) atap skala rumah tangga", *Journal of Electrical and System Control Engineering*, III (2), 65-71, 2020

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada Tim pelaksana dan UP3M, yang telah memberikan bantuan dana Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi yang bersumber dari dana DIPA Rutin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Terimakasih juga disampaikan kepada Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang, Ketua Jurusan Teknik Mesin serta Kepala Bengkel Mekanik yang telah mengizinkan penggunaan fasilitas yang sangat mendukung kegiatan pengabdian masyarakat ini.