

Perancangan Sistem Solar Concentrator Sebagai Pemanen Energi Listrik Skala Kecil

AKHMAD MUSAFA, NIFTY FATH, HERLANGGA PRATAMA CHAN, CHEISA KURNIA AZZAHRA, DICKY KHAIRDUIN, SUWASTI BROTO

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur, Indonesia
Email : akhmad.musafa@budiluhur.ac.id

Received 30 November 2023 | Revised 30 Desember 2023 | Accepted 30 Januari 2024

ABSTRAK

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk pembangkit energi listrik pada umumnya dilakukan dengan menggunakan panel fotovoltaik. Pada penelitian ini dirancang sistem solar concentrator sebagai pemanen energi listrik skala kecil. Daya keluaran sistem solar concentrator ini nantinya akan digabung daya keluaran system fotovoltaik yang akan digunakan sebagai sumber energy untuk pompa air irigasi pertanian. Sistem solar concentrator dirancang dengan menggunakan antena parabola dengan diameter horizontal 70 cm dan diameter vertikal 80 cm yang bagian permukaannya dilapisi kertas cermin agar dapat memantulkan pancaran sinar matahari matahari. Pancaran iradasi matahari akan dikonsentrasikan pada satu titik fokus pada plat besi berukuran 375 cm² dengan jarak 50 cm dari titik tengah parabola untuk menghasilkan panas. Panas pada plat besi selanjutnya akan dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan perangkat Thermo Electric Generator (TEG) yaitu Peltier SP-1848 yang diletakkan menempel pada plat besi. Tegangan keluaran yang dihasilkan (TEG) Peltier SP-1848 yang masih kecil dinaikkan menggunakan boost converter agar mencapai tegangan 12 VDC agar dapat digunakan untuk pengisian baterai. Energi listrik yang disimpan di baterai akan dikonversi menjadi tegangan AC untuk selanjutnya digunakan oleh beban. Hasil pengujian menunjukkan energi listrik yang dihasilkan solar concentrated sebesar 3,8V untuk temperatur ambient rata-rata 20°C.

Kata kunci: *Solar concentrator, pemanen energi, peltier, panas iradasi matahari.*

ABSTRACT

The utilization of solar energy as an alternative energy source for the generation of electrical energy is typically accomplished through the use of photovoltaic panels. The objective of this research was to design a solar concentrator system as a small-scale electrical energy harvester. The output power of the solar concentrator system will subsequently be integrated with that of the photovoltaic system, which will serve as an energy source for agricultural irrigation water pumps. The solar concentrator system is designed with a parabolic antenna measuring 70 cm in diameter horizontally and 80 cm vertically. The antenna's surface is covered with mirror paper, enabling it to reflect the sun's rays. The solar irradiation rays will be concentrated at a single focal point on an iron plate measuring 375 cm² at a distance of 50 cm from the center of the parabola, thereby producing heat. Subsequently, the thermal energy generated on the iron plate will be transformed into electrical energy through the utilization of a thermoelectric generator (TEG), specifically the Peltier SP-1848, which is affixed to the iron plate. The

output voltage (TEG) of the compact Peltier SP1848 is augmented via a boost converter, reaching a voltage of 12 VDC and thereby enabling its utilization for battery charging. The battery's stored electrical energy will be converted into alternating current (AC) voltage for subsequent utilization by the load. The results of the test demonstrate that the electrical energy generated by concentrated solar energy is 3.8 volts, with an average ambient temperature of 20°Celsius.

Key words: *Solar concentrator, energy harvesting, peltier, heat from solar irradiation*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi terbarukan kini dapat menjadi solusi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Konsumsi energi yang diperlukan sejauh ini masih diisi oleh sumber energi dari bahan bakar fosil seperti batubara, minyak, dan gas bumi. Sehingga banyak pertanyaan yang muncul tentang hal apa yang harus dilakukan saat cadangan bahan bakar fosil dunia menipis. Salah satu dari solusi masalah yang muncul ketika sumber bahan bakar fosil habis adalah dengan memaksimalkan dan menggunakan energi terbarukan secara efisien. Energi surya adalah salah satu sumber energi yang gratis dan dapat digunakan secara massal. Indonesia adalah negara yang berada di bawah garis khatulistiwa sehingga indonesia mendapatkan sinar matahari hingga 12 jam lamanya. Besar intensitas radiasi matahari dengan rata-rata radiasi perhari sekitar 4.8 kWh/m², sehingga energi matahari menjadi potensi energi yang besar untuk digunakan sebagai sumber energi terbarukan [1].

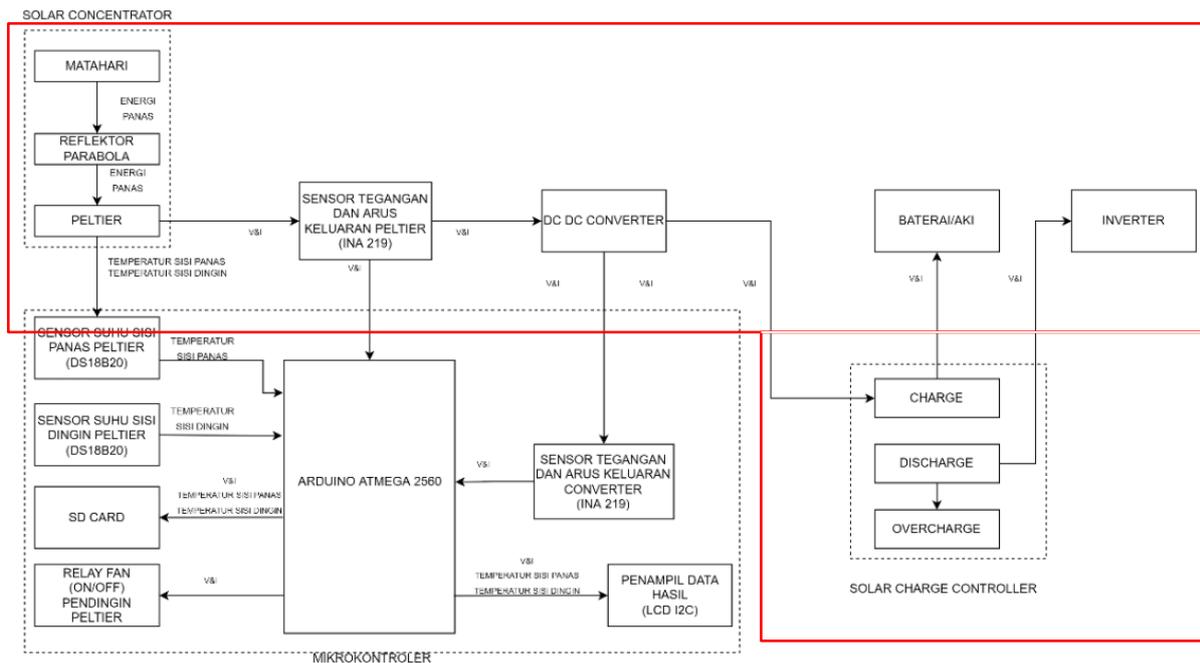
Pemanfaatan energi matahari pada umumnya dilakukan dengan menggunakan panel fotovoltaik yang menggunakan komponen sel fotovoltaik untuk mengubah radiasi cahaya matahari menjadi energi listrik. Cara lain yang dapat dilakukan untuk memanen energi listrik dari energi matahari adalah dengan menggunakan sistem *solar concentrator*. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan dari radiasi matahari untuk diubah menjadi energi listrik. Perangkat yang digunakan untuk mengubah energi dari panas radiasi matahari menjadi energi listrik adalah *thermo electric generator* (TEG). Jika Sel photovoltaik menyerap cahaya matahari, termoelektrik generator menyerap panas matahari, namun kedua sistem bertujuan sama yaitu membangkitkan listrik [2]. Untuk memanfaatkan energi panas matahari secara efisien, maka diperkenalkan sistem energi matahari terkonsentrasi (Solar Concentrated). pengkonsentrasi energi matahari dilakukan dengan menggunakan kolektor surya yang bisa berbentuk seperti solar tower, piring parabola dan parabola memanjang (*parabolic trough*). Jenis kolektor surya bertipe piringan parabolic mengkonsentrasikan pantulan sinar matahari pada titik fokus parabola dengan memanfaatkan lempengan besi sebagai media penangkapan panas. Suhu pada lempengan besi akan naik, perubahan suhu di lempengan ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh *thermo elektrik generator*, jika semakin besar perbedaan suhu pada elemen termoelektrik maka semakin besar energi listrik yang dihasilkan [3].

Sistem *solar concentrator* berbeda dengan panel surya (PV). Solar concentrator dirancang untuk memantulkan cahaya matahari yang berupa sinar UV ke sebuah generator untuk menghasilkan energi listrik. Solar Concentrated mempunyai berbagai macam bentuk salah satunya seperti parabola dish yang mempunyai permukaan cekung, pada bagian permukaan tersebut harus memiliki sifat refleksi untuk membuat cahaya yang terpantul menjadi suatu titik pusat agar menghasilkan panas. Refleksi yang terjadi karena penggunaan kertas cermin satu arah atau yang lebih dikenal dengan BoPET. dalam pemantulan cahaya kertas cermin satu arah mempunyai refleksifitas sekitar 92% - 97%. Luas permukaan reflector dapat

mempengaruhi besar efisiensi yang dihasilkan, jika luas permukaan reflector besar maka hasil efisiensi yang didapat menjadi lebih besar. Penempatan Solar Concentrated harus tepat agar alat berfungsi secara maksimal, salah satunya ditempatkan pada permukaan yang luas sehingga tidak ada penghalang cahaya ke parabola dish [4].

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini dibagi dalam dua tahapan, yaitu perancangan dan pengujian sistem. Pada perancangan perangkat keras sistem dibuat purwarupa sistem solar concentrator dengan sistem kontrol elektronik menggunakan mikrokontroler. Diagram blok rancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem Pemanen Energi Listrik dengan Solar Concentrator

Saat matahari bersinar, piringan parabola berbentuk cermin cekung yang bagian permukaannya sudah dilapisi dengan kertas cermin akan menangkap radiasi sinar matahari dan memantulkannya menuju satu titik plat besi yang sudah dipasang komponen *thermo electric generator* (TEG). Panas yang diserap oleh plat besi diteruskan ke komponen TEG untuk diubah menjadi tegangan DC. Tegangan DC keluaran TEG relatif kecil maka level tegangan perlu dinaikkan dengan menggunakan perangkat *boost converter*. Tegangan keluaran *boost converter* selanjutnya akan digunakan untuk melakukan pengisian (*charging*) batere sebagai perangkat penyimpanan energi listrik melalui perangkat *solar charge controller* yang umum digunakan pada system fotovoltaik. *Solar charge controller* juga berfungsi untuk melakukan proses pelepasan energi (*discharging*) dari batere ke beban. Karena beban yang digunakan adalah beban AC maka tegangan Dc dari batere terlebih dahulu diubah menjadi tegangan AC oleh perangkat *inverter*. Skema kerja ini sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1 yang diberi kotak warna merah.

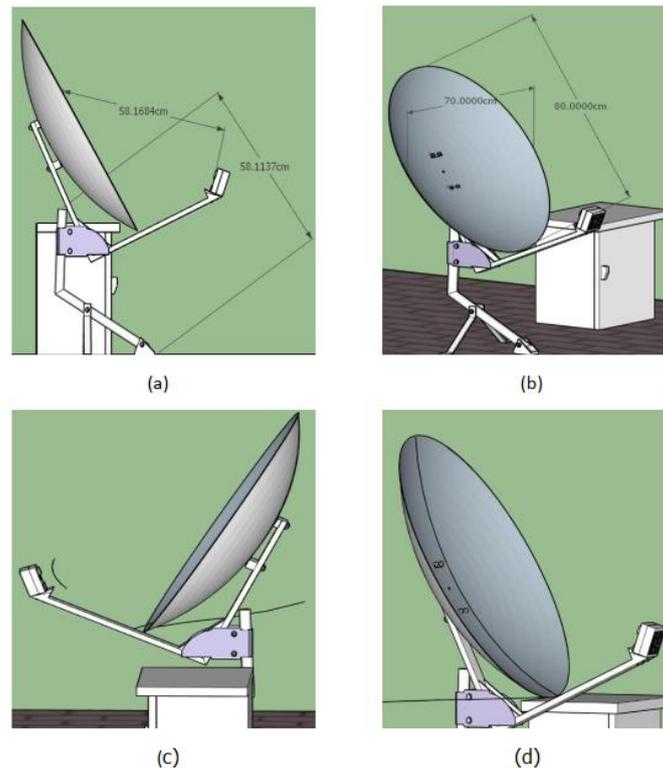
Pada sistem *solar concentrator* ini dilengkapi dengan sistem akuisisi data untuk pembacaan arus dan tegangan yang dihasilkan, dan menampilkannya pada LCD. Algoritma program pada mikrokontroler juga digunakan untuk mengatur kondisi on/off dari pendingin TEG. Sensor

INA219 digunakan untuk membaca arus dan tegangan yang telah dihasilkan oleh TEG dan tegangan keluaran boost converter.

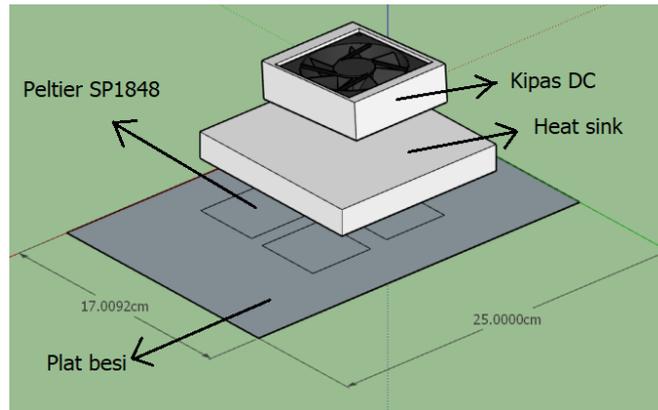
2.1 Perancangan Mekanik Solar Concentrator

Rancangan mekanik solar concentrator ditunjukkan pada Gambar 2. Mekanik *solar concentrator* dirancang menggunakan bahan yang terbuat dari plat dan pipa besi. *Parabola dish* dirancang dengan memanfaatkan antena parabola TV dengan bahan dasar dari plat besi yang berbentuk oval dan permukaannya dirancang cekung ke dalam. Pada bagian penerima pengumpul sinar matahari digunakan plat besi yang direkatkan dengan kipas, penyerap panas (*heatsink*), dan TEG menggunakan Peltier SP-1848 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Pada bagian penopang alat menggunakan bahan yang berbentuk pipa besi yang dirancang dapat diatur posisi kemiringannya.

Diameter parabola dish yang digunakan yaitu dengan diameter vertikal 80 cm dan diameter horizontal 70 cm. Panjang kaki penopang adalah 59 cm, tinggi tiang penopang dudukan TEG adalah 100 cm, jarak plat besi TEG ke permukaan parabola dish 58 cm, luas permukaan plat besi dudukan TEG 25 cm x 17 cm, tebal plat besi dudukan TEG 1 mm. Sudut kemiringan titik tengah 45° dan sudut kemiringan plat besi 35° mengarah ke parabola dish. Kipas pendingin yang digunakan adalah kipas DC 12V. Bahan yang digunakan untuk memantulkan cahaya menuju plat besi adalah stiker kaca satu arah dengan material PET yang menghasilkan daya pemantulan sinar UV 99% [14]. Ukuran box panel yang digunakan yaitu 40 cm x 30 cm.



Gambar 2. Rancangan Mekanik Sistem Solar Concentrator; (a) Tampak Samping Kanan Solar Concentrated, (b) Tampak Depan Solar Concentrated, (c) Menunjukkan Kemiringan Dudukan Plat Besi, (d) Menunjukkan Lengkungan Permukaan Parabola Dish

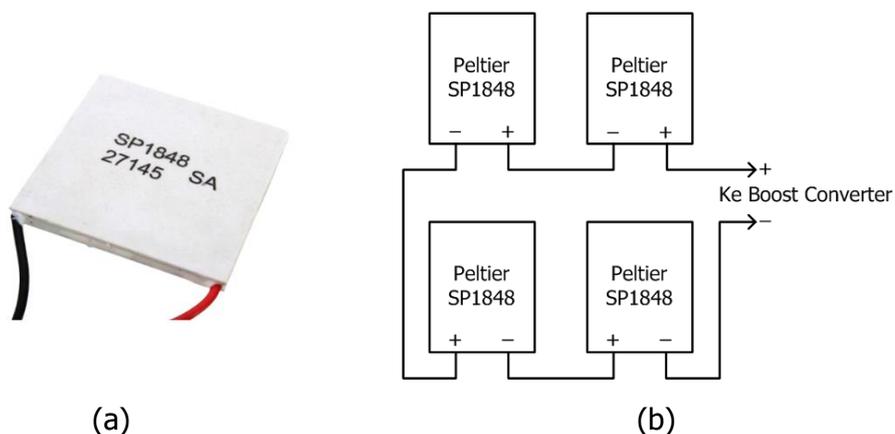


Gambar 3. Rancangan Plat Besi Penerima/Pengumpul Sinar Matahari

2.2 Perancangan Sistem Elektronik

Sistem elektronik yang digunakan pada sistem pemanen energi menggunakan *solar concentrator* terdiri dari rangkaian TEG (Peltier), rangkaian *boost converter*, *solar charge controller*, inverter, rangkaian sensor arus dan tegangan, rangkaian relay, dan rangkaian LCDI2C.

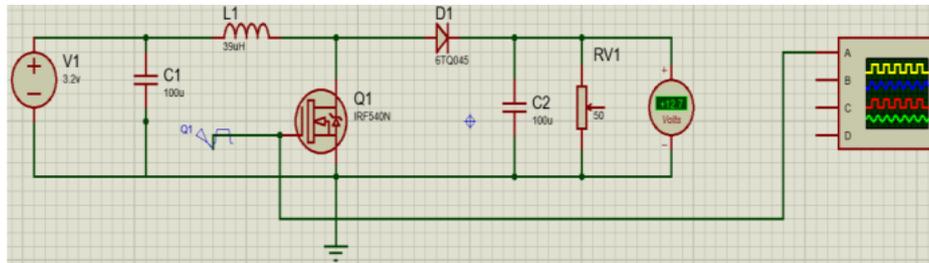
Komponen TEG yang digunakan pada sistem *solar concentrator* ini adalah Peltier SP1848 dengan bentuk fisik ditunjukkan pada Gambar 4(a). Peltier SP1848 bekerja menghasilkan tegangan keluaran DC dengan memanfaatkan selisih suhu (ΔT) pada sisi panas dan sisi dingin Peltier sehingga dapat menghasilkan tegangan dan arus. Dalam perancangan, Peltier menerima panas dari iradiasi matahari melalui plat besi dan menerima pendinginan dari kipas DC.



Gambar 4. (a) Bentuk fisik Peltier SP1848, (b) Rangkaian TEG dengan Peltier SP1848

Peltier SP1848 memiliki ukuran 40 mm x 40 mm dan dapat menerima panas sampai dengan 150°C. Pada perancangan ini digunakan 4 buah Peltier SP1848 yang dirangkai secara seri yang bertujuan untuk memperbesar tegangan keluaran. Berdasarkan datasheet [5], satu buah Peltier Sp1848 mampu menghasilkan tegangan maksimal 4.8 V jika selisih suhu antara sisi panas dan sisi dingin mencapai 100°C. Dalam penelitian ini, karena tegangan keluaran Peltier SP1848 hanya mencapai 3,2V (kurang dari 12 V) yang dibutuhkan untuk pengisian baterai, maka tegangan keluaran rangkaian Peltier perlu dinaikkan sampai 12 V dengan menggunakan *boost converter*.

Rangkaian boost converter mendapatkan tegangan input dari rangkaian Peltier SP1848 sebesar 3,2V. Rangkaian ini dirancang agar dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar 12 V. Skematik rangkaian boost converter ditunjukkan pada Gambar 5. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang diinginkan, maka pada komponen switching boost converter perlu diberikan duty cycle (D) yang sesuai yang dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1, dengan V_o dan V_s masing-masing adalah tegangan keluaran dan masukan boost converter.

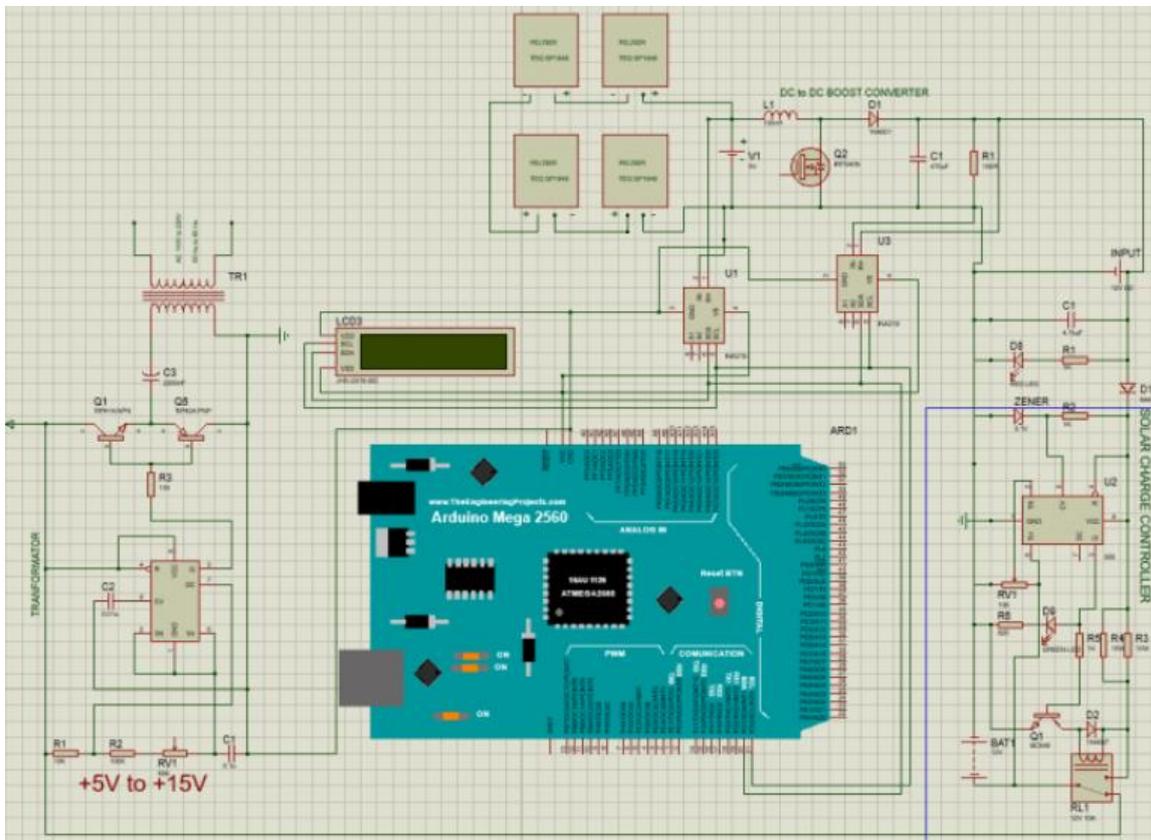


Gambar 5. Rangkaian Boost Converter

$$V_o = \frac{V_s}{1-D} \quad (1)$$

Dengan $V_s = 3,2V$ dan $V_o=12V$, maka nilai duty cycle D yang dihasilkan adalah 73%.

Rangkaian sistem solar concentrator keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 6. Sensor INA219 pada rangkaian ini digunakan untuk membaca tegangan yang telah dihasilkan oleh Peltier dan Boost Converter. Hasil pembacaan sensor INA219 dikirim ke mikrokontroler untuk di tampilkan di LCD.



Gambar 6. Skematik Rangkaian Elektronik pada Sistem Solar Concentrator

Solar charge controller berfungsi sebagai pusat kontrol pengisian dan pemutus tegangan baterai. Tegangan masukan pada solar concentrator bersumber dari tegangan keluaran peltier yang telah dinaikkan levelnya oleh boost converter. Ketika baterai sudah terisi penuh maka solar charge controller akan menghentikan proses pengisian ke baterai untuk menghindari terjadinya overcharge. Pada saat baterai mengalirkan energi listrik ke beban terjadi proses pengosongan (*discharging*) baterai, solar charge controller akan mengatur agar proses pengosongan baterai berhenti pada saat kapasitas baterai mencapai 20% dari kapasitas total agar baterai tidak terlalu kosong yang bertujuan untuk menjaga ketahanan baterai.

Pada sistem solar concentrator ini, baterai yang digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh Peltier dan untuk mengeluarkan energi listrik yang akan digunakan oleh beban memiliki kapasitas 12V 5Ah. Batas maksimum penggunaan baterai umumnya adalah 75% dari kapasitas dan jika telah mencapai batas tersebut harus segera dilakukan pengisian. Untuk melakukan pengisian biasanya baterai membutuhkan tegangan 2.15V pada tiap cell yang berarti baterai membutuhkan tegangan 13V DC dengan kekuatan arus pengisian yang bergantung pada kebutuhan. Proses pengisian baterai umumnya dilakukan secara lambat untuk mengurangi resiko terjadinya overheat pada baterai, yaitu dilakukan dengan menggunakan kekuatan arus pengisian sekitar 10% dari kapasitas. Sedangkan untuk pengisian cepat dilakukan dengan menggunakan kekuatan arus pengisian sekitar 40% dari kapasitas baterai. Berdasarkan kondisi ini, maka waktu pengisian baterai (T_{charge}) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Cap_{bat} adalah kapasitas baterai dan I_{charge} adalah arus pengisian baterai.

$$T_{charge} = (Cap_{bat}/I_{charge}) + 20\% \times (Cap_{bat}/I_{charge}) \quad (2)$$

$$T_{charge} = (5Ah/(10\% \cdot 5Ah)) + 20\% \times (5Ah/(10\% \cdot 5Ah))$$

$$T_{charge} = (5Ah/0.5Ah) + (20\% \times 5) = 11 \text{ jam}$$

Sedangkan waktu pengosongan baterai ($T_{discharge}$) dihitung dengan persamaan (4). Waktu pengosongan ini bergantung pada besar arus ($I_{discharge}$) yang dialirkan baterai ke beban, yang dihitung dengan persamaan (3). Jika diasumsikan beban yang digunakan adalah 50 watt, maka:

$$I_{discharge} = \frac{P_{load}}{V_{bat}} \quad (3)$$

$$I_{discharge} = \frac{50W}{12V} = 4,1A$$

Dengan demikian, waktu pengosongan/pemakaian baterai adalah:

$$T_{discharge} = (Cap_{bat}/I_{discharge}) - \text{defisiensi baterai (20\%)} \quad (4)$$

$$T_{discharge} = (5Ah/4,1A) - 0.2 = 1 \text{ jam}$$

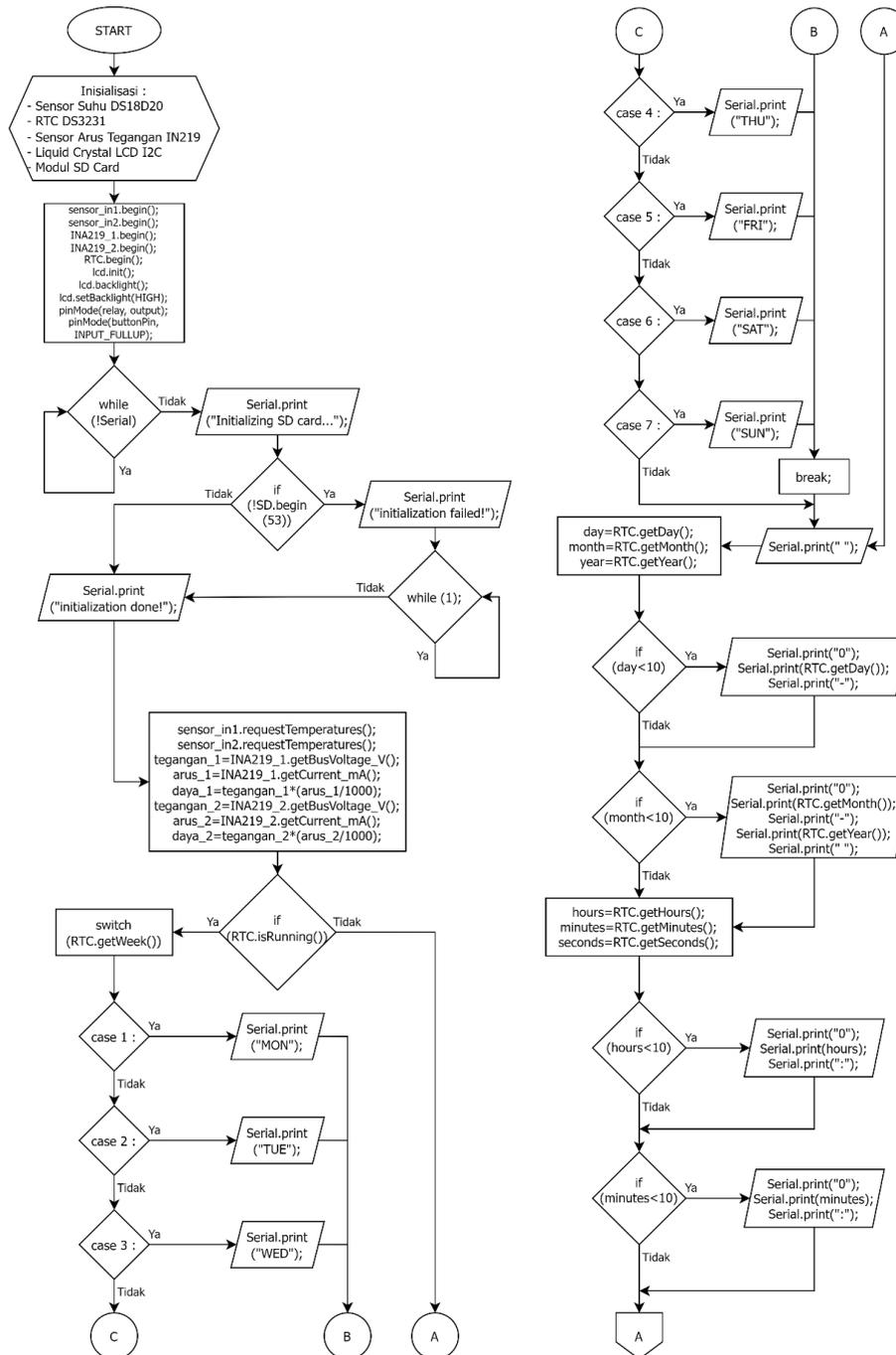
Tegangan keluaran baterai sebesar 12 VDC akan terlebih dahulu diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter. Inverter yang digunakan dalam penelitian ini mampu mem backup beban sampai 500W dan daya yang dihasilkan oleh baterai sebesar 60W, yang berarti baterai dapat mencatu daya ke inverter sebesar 60W/jam.

Rangkaian relay pada Gambar 6 digunakan untuk mengatur kondisi on dan off kipas yang berfungsi untuk mendinginkan sisi dingin peltier. Pengaturan on dan off kipas dilakukan berdasarkan hasil pembacaan tegangan keluaran peltier SP-1848. Ketika tegangan yang dihasilkan oleh peltier lebih besar atau sama dengan 3V maka kipas akan on, sedangkan jika tegangan yang dihasilkan peltier kurang dari 3V maka kipas akan off.

Pada system juga terdapat sensor suhu DS18B20 yang digunakan untuk membaca suhu permukaan yang terdapat pada sisi panas dan sisi dingin peltier, kemudian hasil pembacaan dikirim ke mikrokontroler, untuk mengetahui selisih suhu antara sisi panas dan sisi dingin peltier. Seluruh data hasil pembacaan sensor dan hasil pengolahan mikrokontroler akan ditampilkan pada LCD dan disimpan pada SD Card.

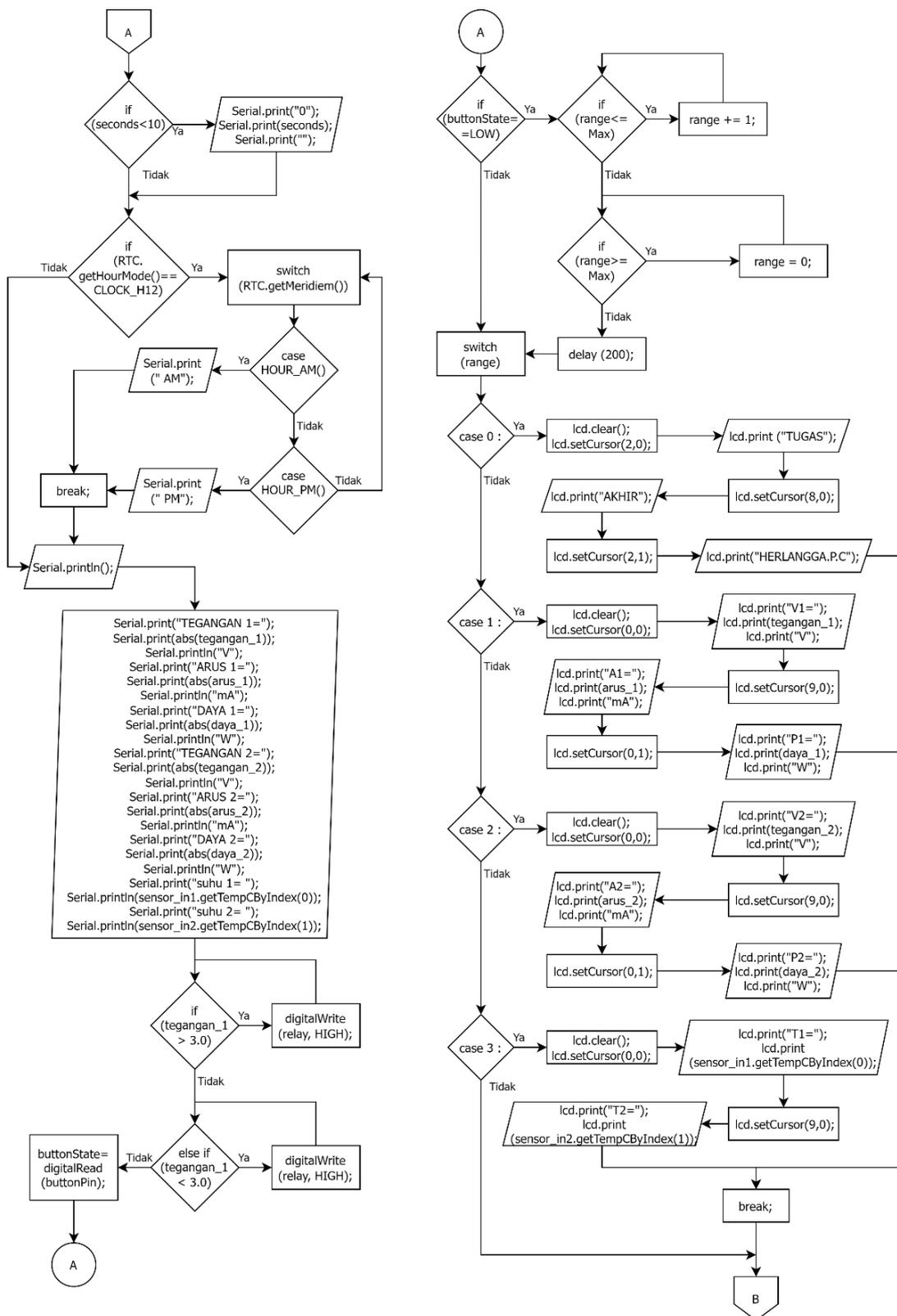
2.3 Algoritma Program

Algoritma program sistem akuisi data dan kontrol pada sistem pemanenan energi dengan solar concentrator ditunjukkan pada diagram alir Gambar 7.

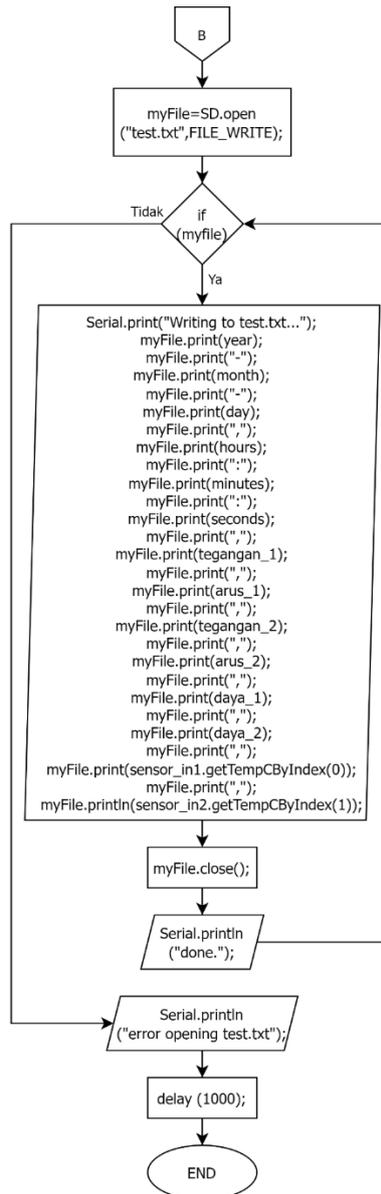


Gambar 7. Diagram Alir Proses Akuisi Data dan Kontrol pada Sistem Solar Concentrator

Rancang Bangun Sistem Solar Concentrator Sebagai Pemanen Energi Listrik Skala Kecil



Gambar 7. Diagram Alir Proses Akuisi Data dan Kontrol pada Sistem Solar Concentrator (lanjutan)



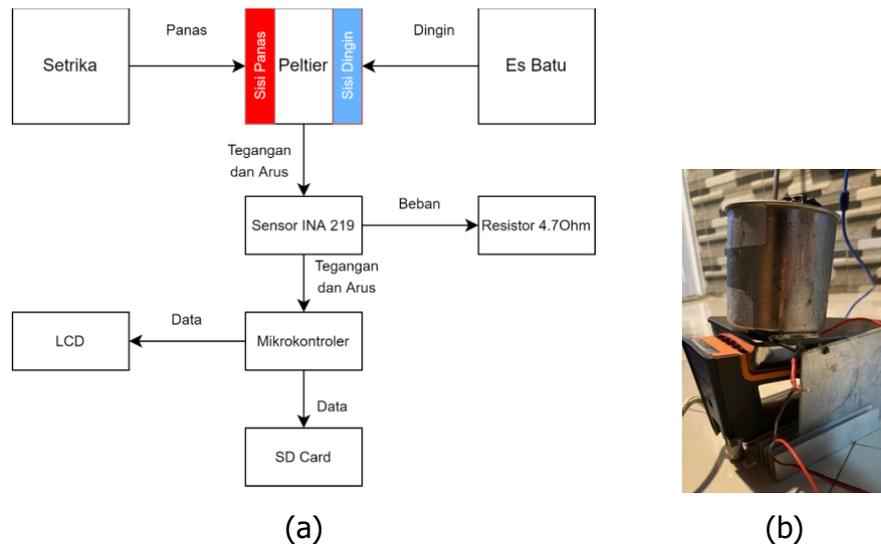
Gambar 7. Diagram Alir Proses Akuisi Data dan Kontrol pada Sistem Solar Concentrator (lanjutan)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Karakteristik Peltier SP-1848 dan Analisa Hasil

Berdasarkan perancangan yang dilakukan, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat. Tahap awal yang dilakukan adalah melakukan pengujian terhadap perangkat Peltier SP1848 untuk mengetahui karakteristik tegangan yang dihasilkan berdasarkan selisih suhu yang terjadi (ΔT) pada sisi dingin dan sisi panas peltier dan membandingkannya dengan datasheet. Dalam pengujian dilakukan pengamatan pada input yang digunakan Peltier berupa ΔT dan output yang dihasilkan berupa tegangan dan arus. Skema pengujian peltier ditunjukkan pada Gambar 8. Peralatan yang digunakan adalah 1 buah Peltier SP-1848, setrika, gelas yang diisi es batu, 2 buah sensor suhu DS18B20, 1 buah sensor INA219, mikrokontroler, sd card, dan lcd. Dengan bebab resistor 4.7 ohm.

Rancang Bangun Sistem Solar Concentrator Sebagai Pemanen Energi Listrik Skala Kecil

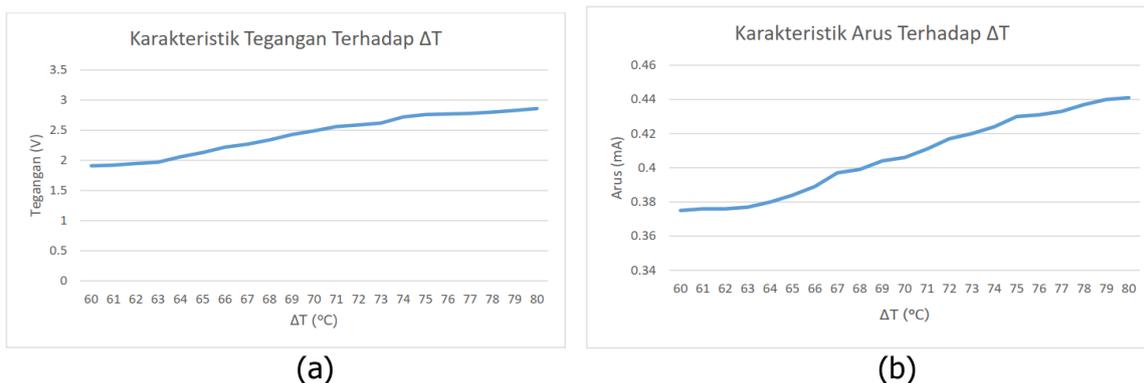


Gambar 8. Pengujian Peltier SP-1848, (a) diagram pengujian, (b) dokumentasi pengujian

Pengujian dilakukan dengan cara memanaskan sisi panas Peltier dengan setrika dan mendinginkan sisi dingin Peltier dengan bongkahan es. Pengujian dilakukan selama 60 menit. Suhu pada sisi panas dan sisi dingin dibaca oleh sensor suhu DS18B20, hasil pembacaan suhu dikirim ke mikrokontroler. Tegangan dan arus keluaran Peltier-DS1848 diukur menggunakan sensor INA219 dan hasilnya dikirim ke mikrokontroler. Semua data hasil pengukuran oleh sensor diolah di dalam program untuk selanjutnya ditampilkan pada LCD dan disimpan di SD card. Hasil pengujian karakteristik Peltier SP-1848 disajikan pada Tabel 1, Gambar 10 dan 11.

Tabel 1 Hasil Pengujian Karakteristik Peltier SP-1848

No	Suhu sisi Panas Peltier (°C)	Suhu sisi Dingin Peltier (°C)	Selisih Suhu Peltier (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	80	20	60	1.91	0.375	0.72
2	81	20	61	1.92	0.376	0.72
3	82	20	62	1.95	0.376	0.73
4	83	20	63	1.97	0.377	0.74
5	87	23	64	2.06	0.38	0.78
6	89	24	65	2.13	0.384	0.82
7	89	23	66	2.22	0.389	0.86
8	92	25	67	2.27	0.397	0.9
9	93	25	68	2.34	0.399	0.93
10	96	27	69	2.43	0.404	0.98
11	99	29	70	2.49	0.406	1.01
12	100	29	71	2.56	0.411	1.05
13	101	29	72	2.59	0.417	1.08
14	102	29	73	2.62	0.42	1.1
15	104	30	74	2.72	0.424	1.15
16	104	29	75	2.76	0.43	1.19
17	105	29	76	2.77	0.431	1.19
18	106	29	77	2.78	0.433	1.2
19	107	29	78	2.8	0.437	1.22
20	109	30	79	2.83	0.44	1.25
21	111	31	80	2.86	0.441	1.26
Rata-Rata				2.42	0.407	0.99



Gambar 8. Grafik Karakteristik Peltier SP-1848, (a) Tegangan Terhadap ΔT , (b) Arus Terhadap ΔT

Dari data pada Tabel 1 dapat dihitung rata-rata perubahan ΔT pada peltier akan mengakibatkan perubahan tegangan keluaran sebesar 2,42 V dan arus sebesar 0,407 A dengan daya sebesar 0,99 Watt. Jika hasil pengujian dibandingkan dengan karakteristik berdasar datasheet maka perubahan yang terjadi tiap 20°C ditunjukkan pada Table 2.

Tabel 2 Perbandingan karakteristik Peltier SP-1848 berdasarkan datasheet dan hasil pengujian

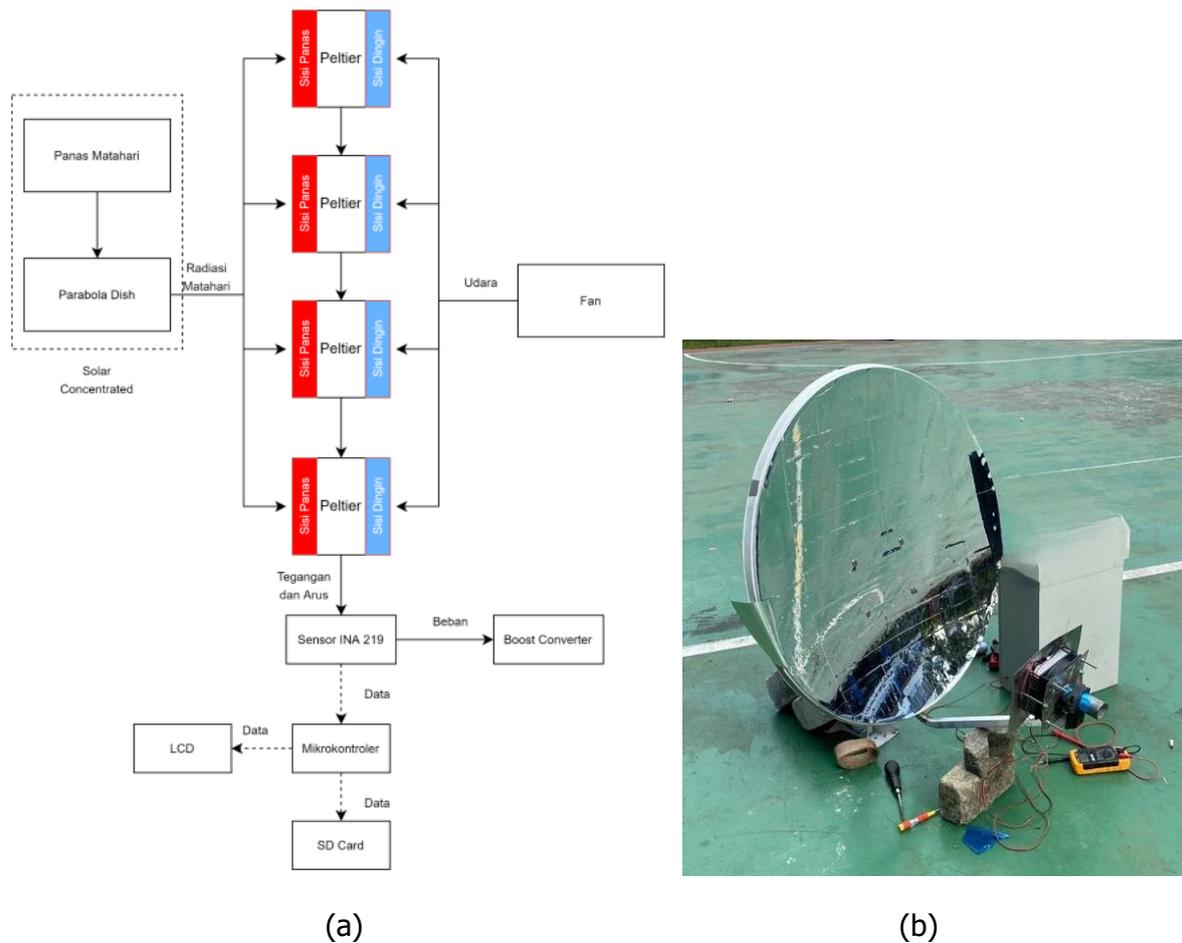
ΔT (°C)	Datasheet			Pengujian		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
60	2.9	0.590	1.71	1.9	0.375	0.71
80	3.9	0.730	2.84	2.8	0.441	1.23

Dari data yang disajikan pada Tabel 2 diketahui bahwa daya yang terdapat pada datasheet lebih besar dibandingkan nilai dari hasil pengujian. Perbedaan terjadi akibat cara yang dilakukan, dan beban yang digunakan oleh pabrikan untuk menghasilkan nilai pada datasheet berbeda. Selisih daya yang terjadi berdasar datasheet dan hasil pengujian yaitu sebesar 1 Watt dengan persentase selisih 58.4%.

3.2 Pengujian Sistem Keseluruhan dan Analisa Hasil

Pengujian keseluruhan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari keseluruhan alat yang digunakan. Pengujian berlokasi di dalam wilayah Universitas Budi Luhur dengan waktu pengujian 60 menit yang dimulai pada pukul 10.00 sampai dengan 11.00. Pengujian bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya yang dihasilkan oleh 4 buah peltier yang dirangkai seri dan dibandingkan dengan 4 buah peltier berdasar datasheet yang dirangkai seri dengan nilai selisih suhu (ΔT) yang sama, kemudian dalam pengujian juga bertujuan untuk memperhatikan seberapa besar perubahan daya yang dihasilkan setiap perubahan selisih suhu (ΔT) yang terjadi. Input yang digunakan pada pengujian yaitu menggunakan panas radiasi matahari dan kipas DC 12V. Pengujian dilakukan dengan kondisi cuaca cerah yang diketahui dari aplikasi cuaca pada smartphone. Pengujian menggunakan 4 buah Peltier SP-1848, Solar Concentrated, kipas DC 12 V, sensor INA219, SD card, mikrokontroler, dan LCD. Skema pengujian ditunjukkan pada Gambar 9 dengan data hasil disajikan pada Tabel 3.

Rancang Bangun Sistem Solar Concentrator Sebagai Pemanen Energi Listrik Skala Kecil

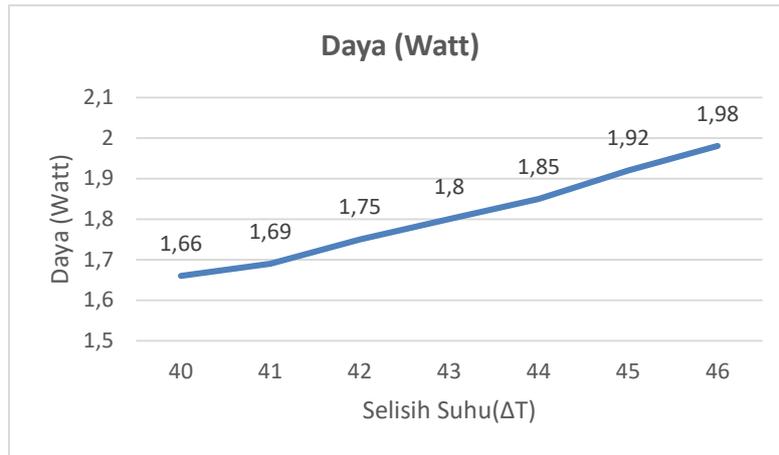


Gambar 9. Pengujian Sistem Solar Concentrator, (a) diagram pengujian, (b) dokumentasi pengujian

Tabel 3 Hasil Pengukuran Solar Concentrator

No	Kondisi Cuaca	Intensitas Cahaya (lux) x100	Sisi Panas (°C)	Sisi Dingin (°C)	Selisih Suhu (°C)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)
1	Cerah	1145	108	68	40	5.64	0.294	1.66
2	Cerah	1143	106	65	41	5.68	0.298	1.69
3	Cerah	1139	101	59	42	5.8	0.302	1.75
4	Cerah	1127	92	49	43	5.88	0.306	1.80
5	Cerah	1124	91	47	44	5.96	0.311	1.85
6	Cerah	1124	91	46	45	6.08	0.315	1.92
7	Cerah	1147	111	65	46	6.2	0.319	1.98

Dari data pada Tabel 9 dapat dilihat nilai yang disajikan didapat merupakan sampel dari pengujian yang dilakukan selama 60 menit berdasarkan perubahan selisih suhu (ΔT). Karakteristik perubahan daya system solar concentrator yang dipengaruhi oleh perubahan suhu (ΔT) setiap 1°C ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Perubahan Daya Sistem Solar Concentrator Setiap Perubahan Selisih Suhu 1°C

Besarnya jumlah perubahan daya berdasarkan selisih suhu (ΔT) setiap 1°C pada peltier system solar concentrator dapat dihitung dengan persamaan (5).

$$\sum P (\Delta T)1^{\circ}C = (n2 - n1) + (n3 - n2) + (n4 - n3) + (n5 - n4) + (n6 - n5) + (n7 - n6) \quad (5)$$

Dengan menggunakan data yang ada pada Tabel 3, maka dari persamaan (5) diperoleh:

$$\begin{aligned} \sum P (\Delta T)1^{\circ}C &= (1.69 - 1.66) + (1.75 - 1.69) + (1.80 - 1.75) + (1.85 - 1.80) + (1.92 - 1.85) \\ &\quad + (1.98 - 1.92) \\ \sum P (\Delta T)1^{\circ}C &= 0.35 \text{ watt} \end{aligned}$$

Nilai rata rata perubahan daya dari selisih suhu (ΔT) yang terjadi setiap 1(°C) adalah:

$$\text{Average } (\Delta T) 1^{\circ}C = \frac{\text{Nilai Perubahan Daya}}{6} \quad (6)$$

$$\text{Average } (\Delta T) 1^{\circ}C = \frac{0.35}{6}$$

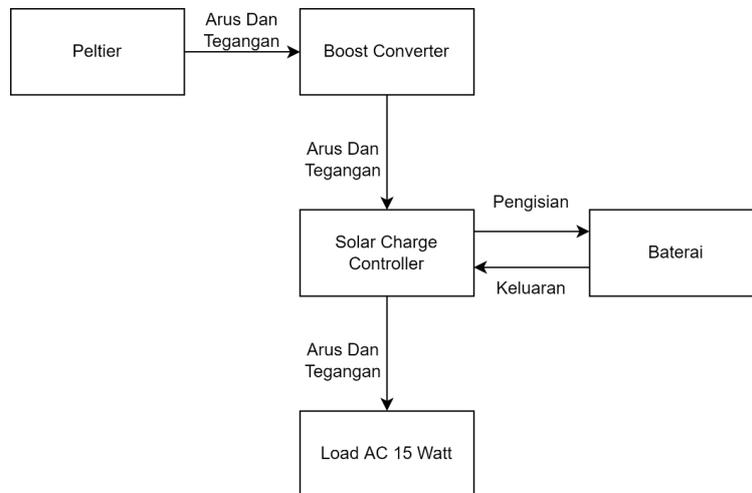
$$\text{Average } (\Delta T) 1^{\circ}C = 0.058 \text{ watt}$$

Dari hasil perhitungan ini dapat diketahui bahwa total perubahan daya yang dihasilkan dari setiap perubahan selisih suhu (ΔT) 1°C sebesar 0.35 Watt dan rata rata yang daya yang dihasilkan dari setiap perubahan selisih suhu (ΔT) 1°C sebesar 0.058 Watt.

3.3 Pengujian Pengisian Baterai

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk pengisian baterai dan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan baterai untuk mengeluarkan energi listrik ke beban sampai baterai harus melakukan proses pengisian kembali. Pengujian menggunakan arus dan tegangan yang dihasilkan Peltier dan kemudian tegangan dinaikan menjadi 13V untuk pengisian. Pengisian akan diatur oleh *Solar Charge Controller*. Dalam proses pengisian baterai menggunakan arus pengisian yang bersumber dari keluaran Peltier. Sedangkan beban yang digunakan untuk mengetahui seberapa lama Baterai dapat mengeluarkan energi listrik yaitu dengan menggunakan beban sebuah lampu AC dengan daya

15 watt. Skema pengujian pengisian batere ditunjukkan pada Gambar 11. Hasil pengujian menunjukkan arus yang dihasilkan untuk pengisian batere adalah 0,3 A.



Gambar 11. Skema pengujian pengisian batere

Untuk batere dengan kapasitas 5Ah dan dengan arus pengisian batere sebesar 0,3A maka waktu pengisian batere jika dihitung dengan persamaan (2) adalah 17,6 Jam. Pada proses pengosongan batere, arus pengosongan yang mengalir untuk beban lampu AC 15 watt jika dihitung dengan persamaan (3) adalah sebesar 1,25A. Dengan demikian waktu pengosongan batere jika dihitung dengan persamaan (4) adalah 3,8 jam.

4. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dirancang system pemanen energy listrik skala kecil dengan menggunakan system solar concentrator. Hasil pengujian Peltier SP-1848 menunjukkan nilai yang didapat melalui memiliki ketidaksamaan dari nilai yang terdapat pada *datasheet*. Pada saat selisih suhu (ΔT) 60°C nilai yang diketahui melalui *datasheet* menghasilkan tegangan 2.9 V, arus 0.590 A, daya 1.12 Watt. Sedangkan pada pengujian nilai yang didapat berupa tegangan 1.9 V, Arus 0.375 A daya 0.71 Watt. Pada selisih suhu (ΔT) 80°C nilai yang diketahui pada *datasheet* menghasilkan tegangan 3.9 V, arus 0.730, daya 2. Sedangkan pada pengujian didapat berupa tegangan 2.8 V, arus 0.441, daya 1.23 Watt. Daya saat selisih suhu (ΔT) 60°C pada *datasheet* dan hasil pengujian memiliki selisih 1 Watt dengan persentase 58.4%, dan daya saat selisih suhu (ΔT) 80°C memiliki selisih 1.61 Watt dengan persentase 56.6%. Total dari setiap perubahan daya berdasarkan selisih suhu (ΔT) setiap 1°C yaitu sebesar 0.35 Watt dan rata rata perubahan daya berdasarkan selisih suhu (ΔT) setiap 1°C yaitu sebesar 0.058 Watt. Untuk selisih daya yang dihasilkan pada selisih suhu (ΔT) 40°C yang bersumber pada *datasheet* dan hasil pengujian didapat sebesar 0.99 Watt dengan persentase selisih yang terjadi sebesar 37.3%. Waktu yang dibutuhkan Baterai untuk mengeluarkan energi listrik menuju beban tegangan AC dengan daya 15watt yaitu dapat diketahui Baterai menghasilkan waktu pemakaian selama 3.8 Jam.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] E. Roza and M. Mujirudin, "PERANCANGAN PEMBANGKIT TENAGA SURYA FAKULTAS TEKNIK UHAMKA," 2019.
- [2] "A. P. Pratama, 'STUDI EKSPERIMENTAL TERMoeLEKTRIK GENERATOR TIPE SP 1848 27145 SA DAN TEC1-12706 DENGAN VARIASI SERI DAN PARALEL PADA SUPRA X 125 CC,' p. 16, 2018.pdf."
- [3] C. Lertsatitthanakorn, J. Jamradloedluk, and M. Rungsiyopas, "Electricity Generation from a Solar Parabolic Concentrator Coupled to a Thermoelectric Module," *Energy Procedia*, vol. 52, pp. 150–158, 2014, doi: 10.1016/j.egypro.2014.07.065.
- [4] B. Mardwianta, A. H. Subarjo, and S. Si, "PENGOLAHAN LIMBAH CERMIN DATAR UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI KOMPOR BERBENTUK PARABOLA UNTUK MENUNJANG KETAHANAN ENERGI".
- [5] C. Y. Sirait and H. Matalata, "PERANCANGAN BOOST CONVERTER DENGAN LDR SEBAGAI PENGENDALI SINYAL PWM UNTUK MENAIKAN TEGANGAN PANEL SURYA," *JEPKA*, vol. 1, no. 2, p. 39, Dec. 2018, doi: 10.33087/jepca.v1i2.9.
- [6] M. E. Setiawan, C. A. Putra, and E. P. Mandyartha, "OPTIMASI POSISI ARAH PANEL SURYA UNTUK MENDAPATKAN INTENSITAS CAHAYA TERBAIK MENGGUNAKSN ARDUINO ARDUINO MEGA 2560," *santika*, vol. 2, pp. 165–170, Nov. 2021, doi: 10.33005/santika.v2i0.111.
- [7] A. Oo, "Design, simulation and implementation of an Arduino microcontroller based automatic water level controller with I2C LCD display," *IJAAS*, vol. 9, no. 2, p. 77, Jun. 2020, doi: 10.11591/ijaas.v9.i2.pp77-84.
- [8] D. Erivianto, A. Dani, and H. Gunawan, "SISTEM KONVERSI ENERGI LISTRIK SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF UNTUK KEBUTUHAN RUMAH TANGGA," 2020.
- [9] F. I. Pasaribu and M. Reza, "Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 2, 2021.