



(MUDIMA)



Pemanfaatan Sinar Matahari Sebagai Sumber Listrik Mesin Pendingin

Kazman Riyadi^{1*}, Andi Muhammad Hidayatullah²

Politeknik Negeri Ujung Pandang¹, Universitas Cokroaminoto Makassar²

Corresponding Author: Kazman Riyadi kazmanriyadi@poliupg.ac.id

ARTICLE INFO

Kata kunci: Refrigerasi, Energi Sinar Matahari, Energi Listrik

Received : 5 October

Revised : 7 October

Accepted : 26 October

©2022 Riyadi, Hidayatullah: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Attribution 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Semakin tingginya permintaan energi listrik dipengaruhi oleh semakin banyaknya peralatan-peralatan listrik dan elektronik yang membutuhkan sumber listrik. Walaupun pertumbuhan elektrifikasi di Indonesia telah mencapai lebih dari 90% yang berarti telah banyak kemajuan namun beberapa daerah terpencil belum menikmati listrik dan membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya cukup tinggi dalam menanganinya sedangkan sistem refrigerasi untuk mesin pendingin menggunakan energi listrik sebagai sumber utamanya. Potensi energi sinar matahari di berbagai daerah di permukaan bumi dapat mencapai 4,8 kWh/m²/hari dapat dimanfaatkan hingga pada daerah yang belum di jangkau oleh aliran listrik. Tujuan dari penelitian ini untuk menyediakan sistem sumber listrik pada mesin refrigerasi memanfaatkan sinar matahari pada daerah yang belum terjangkau listrik. Dalam Metoda Penelitian ini dilakukan pengujian modul Photovoltaic (PV) pada atap salah satu rumah warga dan mengukur kapasitas daya yang dihasilkan, menganalisa komponen-komponen sumber listrik bertenaga sinar matahari pada mesin refrigerasi berupa freezer box. Hasil yang diperoleh untuk memberi daya listrik pada freezer box kapasitas pendinginan 50 liter dibutuhkan modul Photovoltaik 120 w sebanyak 5 buah pada system *off grid* dengan kelengkapan komponen baterai *charger controller* tipe MPPT 30 A, *inverter sine* 300 W, dan baterai 12 V, 100 Ah.

PENDAHULUAN

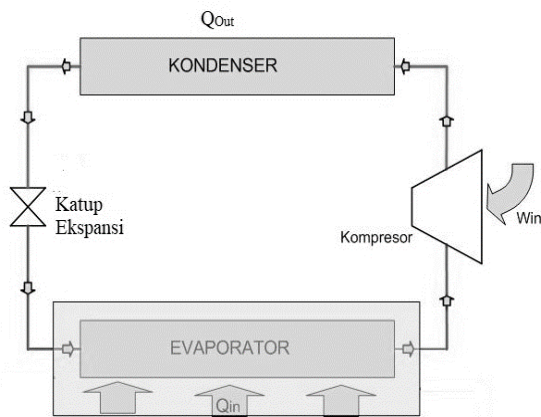
Salah satu bentuk energi yang banyak dibutuhkan oleh masyarakat adalah energi listrik. Energi listrik dinilai lebih mudah dalam pemanfaatan karena fleksibilitasnya untuk dikonversi menjadi bentuk energi lain sehingga perkembangan terhadap penggunaan energi listrik dipakai secara luas sampai saat ini. Secara umum untuk menghasilkan energi listrik hingga ke pengguna maka, energi listrik terlebih dahulu dilakukan Proses pembangkitan, kemudian ditransmisikan, dan didistribusikan ke pelanggan (pengguna) tentunya semua proses tersebut memerlukan biaya yang sangat tinggi dan waktu yang cukup lama dalam membangun jaringan distribusi listrik tersebut sehingga harus dioperasikan dengan baik dan dengan perhitungan yang baik dalam mengendalikan maupun mengoperasikan listrik terhadap kesinambungan permintaan beban, hal ini juga terkait tentang masalah ekonomi (Kalabo & Rahman, 2017).

Semakin tingginya permintaan energi listrik oleh konsumen selain dipengaruhi oleh faktor pertambahan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi di dunia ini, juga dipengaruhi oleh semakin banyaknya peralatan-peralatan listrik dan elektronik yang membutuhkan sumber listrik. laju peningkatan permintaan energi listrik lebih dari 8% per tahun. Walaupun pertumbuhan elektrifikasi di Indonesia telah mencapai lebih dari 90% yang berarti telah banyak kemajuan namun beberapa daerah terpencil belum menikmati listrik dan membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya cukup tinggi dalam menanganinya (Nasional, 2019), (Riyadi & Rizaldy, 2021).

Energi listrik pada umumnya dipasok oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang di dominasi oleh penggunaan energi fosil sebagai bahan bakarnya. Salah satu perangkat listrik yang membutuhkan sejumlah energi listrik adalah mesin pendingin. Mesin pendingin yang dimaksud yakni mesin refrigerasi memainkan peran yang sangat

penting dalam kehidupan manusia saat ini. Mesin-mesin ini telah memberikan kontribusi di bidang kenyamanan dan kesehatan manusia seperti transportasi, manufaktur, pertanian, perikanan, makanan, teknologi informasi dan farmasi (Pratiwi et al., 2021).

Prinsip kerja dari mesin pendingin (refrigerasi) ini dapat dijelaskan dengan melihat gambar 1. Terlihat bahwa mesin refrigerasi terdiri dari beberapa komponen dengan siklus kerja tertentu. Fluida kerja (*refrigrent*) akan bersiklus ke setiap komponen berdasarkan siklus kerjanya. Bagian-bagian tersebut adalah Kompresor, kondensor, Katup Ekspansi, Evaporator dan berulang menuju bagian compressor (Selan & Dwinanto, 2021), (Hendradinata & Mahendra, 2016).



Gambar 1. Sistem Mesin Refrigerasi

Adapun fungsi dari setiap komponen sebagai berikut (Jamal & Firman, n.d.);

- a) Kompresor berfungsi memampatkan fluida kerja sehingga tekanannya meningkat. Hampir seluruh mesin refrigerasi tipe kompresi uap mengandalkan energi listrik untuk proses kerjanya.
- b) Kondensor berfungsi menampung Refrijeran yang telah dimampatkan oleh kompresor untuk di kondensasikan sehingga (berubah fase uap lanjut ke fase cair) sehingga mengeluarkan kalor melalui perpindahan panas (*kalor exchanger*)
- c) Katup ekspansi ini berfungsi untuk mengatur jumlah Refrijeran yang akan masuk ke evaporator dan menurunkan tekanan Refrijeran pada suatu harga tertentu sesuai dengan besarnya beban pendinginan
- d) Evaporator berfungsi menyerap kalor dengan berubahnya fasa cair -campuran ke bentuk gas

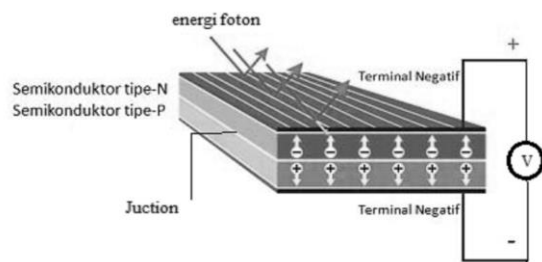
melalui proses perpindahan panas. fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan. Refrijeran dialirkan ke evaporator dari katup ekspansi yang mendapatkan penurunan tekanan.

- e) Fluida kerja Refrijeran yang digunakan terjadi proses secara terus menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan selama komponen berfungsi dengan baik.
- f) W_{in} merupakan energi input yang dibutuhkan untuk melakukan proses compressor (kompresi). Energi ini dapat di peroleh dari energi listrik ataupun energi kalor.

Beberapa sistem refrigerasi untuk mesin pendingin menggunakan energi listrik sebagai sumber utamanya. Namun beberapa daerah seperti tidak dapat menggunakan mesin pendingin sebagaimana fungsinya akibat tidak adanya aliran listrik. Mesin refrigerasi biasanya digunakan untuk mendinginkan makanan, bahkan hewan sebelum di konsumsi. Dampak dari tidak berfungsinya peralatan mesin pendingin pada pendingin tersebut dapat mengakibatkan makanan tidak segar bahkan rusak. Dampak pada skala yang lebih besar adalah kerugian secara makro dalam finansial (Hadi et al., 2019).

Salah satu bentuk energi yang murah bahkan gratis dan berpotensi cukup besar adalah energi sinar matahari atau energi surya. Energi sinar matahari adalah energi solar yang jatuh ke permukaan bumi yang dapat mencapai 4,8 kWh/m²/hari (Riyadi & Rizaldy, 2021). Potensi alternatif pada kisaran garis katulistiwa menggunakan energi matahari karena Indonesia memiliki jumlah radiasi matahari yang cukup besar dan lama penyinaran di berbagai daerah permukaan bumi yang mungkin belum di jangkau oleh aliran listrik. energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi khususnya krisis minyak yang telah berlangsung sejak beberapa decade di berbagai negara di dunia. Selain jumlahnya yang cukup banyak, penggunaannya juga tidak menimbulkan pencemaran yang dapat merusak lingkungan. Cahaya atau sinar matahari dapat diubah menjadi listrik menggunakan sel surya atau teknologi fotovoltaik (Setyawan et al., 2018).

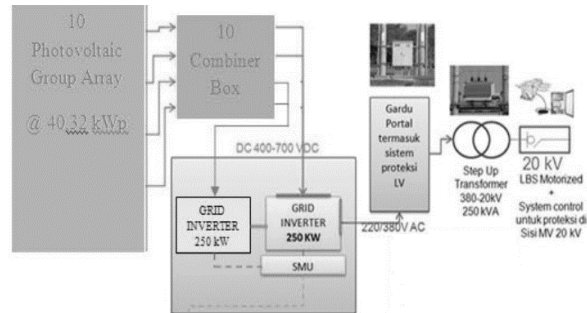
Untuk membangkitkan listrik menggunakan energi sinar matahari maka dibutuhkan alat konversi energi sinar matahari (solar) menjadi energi listrik. Komponen tersebut adalah Sel surya. Sel surya adalah teknologi yang memanfaatkan energi foton cahaya menjadi energi listrik atau disebut juga pembangkit listrik fotovoltaik (Bakhtiar et al., 2019). Gambar 2 memperlihatkan Sel surya yang terdiri dari 2 lapisan semikonduktor tipe N dan tipe P dirakit menjadi modul sel surya dengan perantara *junction*. Dengan adanya energi foton maka *hole* pada semikonduktor tipe P bergerak ke bawah sedangkan *electron* akan mengisi *hole* seolah-olah bergerak ke atas, sehingga perpindahan *electron* dari terminal positif ke terminal negatif. Pergerakan elektron pada modul fotovoltaik akibat sinar matahari menyebabkan tegangan pada polaritas berbeda. Beberapa sel surya dirakit menjadi sebuah modul yang umum disebut modul fotovoltaik untuk menghasilkan tegangan tertentu (Harfi & Hadi, 2021).



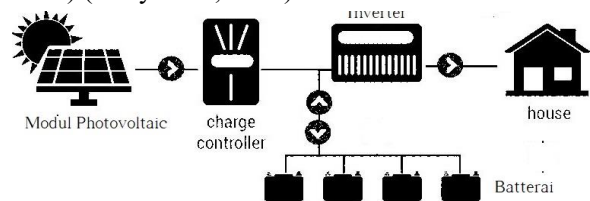
Gambar 2. Sel Surya

Dalam penerapannya untuk menghasilkan energi listrik dari energi sinar matahari, maka beberapa komponen peralatan harus digunakan diantaranya baterai, pengontrolan pengisian baterai dan converter DC ke AC jika beban yang digunakan membutuhkan tegangan bolak balik (Hakim et al., 2018), untuk distribusi energi listrik ke pengguna maka dilakukan penyaluran energi menggunakan beberapa aplikasi diantaranya sistem pembangkitan yang terhubung ke jaringan PLN (*on-grid*) yang dapat berjalan bersamaan dalam sistem jaringan PLN hanya di siang hari karena matahari tidak bersinar di malam hari, bahkan pada skala dengan sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) umum terhubung pada jaringan PLN Tegangan menengah (TM) 20 kV. sejumlah modul panel surya (photovoltaic) dihubungkan secara seri maupun parallel ke dalam bagian *group array photovoltaik* melalui sebuah

combiner box sebagai terminal hubung modul fotovoltaik. Untuk terhubung dengan jaringan PLN Tegangan menengah (TM) 20 kV menggunakan tambahan *grid inverter* untuk dihubungkan ke transformator *step-up*. terlihat pada gambar 3. (Suryanti, 2014).



Gambar 3. Sistem Pembangkit Listrik Bertenaga Sinar matahari konfigurasi on-grid ((Suryanti, 2014) Perbedaan antara sistem *on-grid* terhadap sistem *stand alone* pada pembangkit listrik bertenaga sinar matahari adalah adanya komponen tambahan baterai, *charger controller*. Seperti terlihat pada gambar 4. Untuk dapat memanfaatkan energi listrik mandiri di malam hari, dimana energi sinar matahari tidak dapat diandalkan, maka penyimpanan energi listrik dalam hal ini baterai sangat diandalkan. Baterai adalah perangkat yang menyimpan arus searah (DC) dengan cara mengubah energi kimia menjadi energi listrik melalui sel elektrokimia. Baterai umumnya berbeda struktur siklus dalamnya (*Deep cycle*) bergantung pada aplikasinya pada aplikasi penyimpanan energi listrik bertenaga surya digunakan baterai AGM juga biasa disebut dengan VRLA (Valve Regulated Lead Acid) (Dany et al., 2020).



Gambar 4. Sistem Pembangkit listrik bertenaga Sinar matahari off-grid

Charger controller merupakan peralatan pengatur pengisian baterai dengan cara mengatur tegangan baterai sesuai dengan tegangan aman dari baterai tersebut (Bakhtiar et al., 2020). Peralatan *Charger controller* ini dapat digunakan teknik pengatur tegangan PWM (*Pulse Width Modulation*)

dan MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) (Indrawan et al., 2021), (Mustiadi & Utari, 2022).

Tabel 1 memperlihatkan potensi energi sinar matahari pada permukaan bumi di makassar selama setahun setiap bulannya yang berkisar antara 4,5 hingga 6,7 kWh/m²/ hari sehingga dengan pemanfaatan energi sinar matahari sebagai sumber energi terbarukan dapat menjadi alternatif untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar konvensional sebagai sumber energi listrik mesin pendingin /refrigerasi (Dani & Erivianto, 2022).

Tabel 1. Pengukuran Energi Sinar Matahari di Permukaan Bumi Selama Setahun

Bulan	Energi (kWh/m ² /Hari)
Januari	5,3
Februari	5,47
Maret	5,74
April	5,99
Mei	5,96
Juni	5,92
Juli	6,41
Agustus	6,74
September	6,65
Oktober	5,51
November	4,92
Desember	5,36

Tujuan dari paper ini adalah untuk menyediakan sistem sumber listrik pada mesin refrigerasi memanfaatkan sinar matahari pada daerah yang belum dijangkau oleh energi listrik.

METODOLOGI

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian secara langsung di lokasi pada Modul photovoltaik (PV). jenis *mono-crystalline silicon* yang diletakkan di atap (*roof-top*) salah satu rumah warga.

Pengujian tersebut dilakukan dengan pengukuran terhadap parameter **V** (tegangan) **I** (arus) **P** (daya) dan **w** (energi terpakai). Waktu Pengujian dilakukan pada bulan Februari 2020. Tahap pengujian dilakukan sebagai berikut;

1. Studi literatur tentang pembangkit listrik bertenaga matahari.
2. Menyiapkan modul photovoltaik (PV) 120 Wp (WattPeak) menempatkan di atap.

3. Menyiapkan alat dan bahan (alat ukur, beban 100 W, kabel NYM 4 mm, konektor),
4. Merangkai sesuai gambar 5, dan pengambilan data pengukuran
5. Menganalisa kebutuhan system penyediaan listrik bertenaga sinar matahari.

Data pengukuran diambil setiap tiap jam selama photovoltaic masih menerima cahaya matahari pada masing-masing bagian dengan digital ampere meter dan digital voltmeter. Adapun Spesifikasi dari komponen yang digunakan Modul Photovoltaic dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 2. Spesifikasi Modul Photovoltaic

Merk	GH Solar
Rate Max Power	120Watt peak
Voltage (Vmax)	18,36 Volt
Current (Imax)	6,54 Ampere
Voltage (Open-Circuit)	22,68 Volt
Arus (Short-Circuit)	7,06 Ampere
Operating Temp. Cell	-40 s/d 85 °C
Dimensi (mm)	1200 x 670 x 35
Weight (kg)	9
Efisiensi modul (%)	12%

Gambar rangkaian pengujian modul PV dapat dilihat pada gambar 5 .

Untuk menghitung energi yang mampu diserap oleh sebuah PV digunakan persamaan (Wasistha et al., 2021), (Iskandar et al., 2021), (Away et al., 2019) :

$$P_{in} = G \times A \dots\dots\dots(1)$$

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots(2)$$

$$P_{Out} = P_{in} \times \eta_{PV} \dots\dots\dots(3)$$

$$w_r = \frac{(\sum x_i)}{n} \dots\dots\dots(4)$$

Dimana;

P_{in} =Daya Input dari sinar matahari

G = Radiasi

A = Luasan modul PV

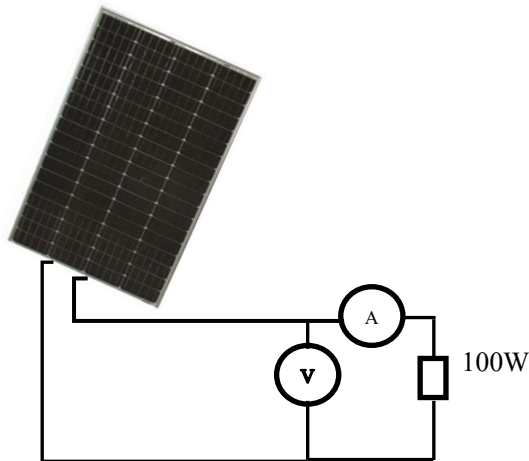
P_{out} = Daya Output

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

η_{PV} = efisiensi modul PV

w_r = energi rata-rata yang di serap



Gambar 5. Rangkaian Pengujian Modul PV

Spesifikasi dan kapasitas daya pada mesin refrigerasi (freezer box)

Spesifikasi;

Merk	: Midea
Model	: HS-65LBK
Daya	: 78 W
Kapasitas Pendinginan	: 50 liter

Untuk menghitung besarnya energi listrik W_{in} yang digunakan pada mesin refrigerasi sesuai persamaan 4 berikut ini (Harfi & Hadi, 2021);

$$W_{in} = P \times h \dots \dots \dots (5)$$

Dimana;

P = Daya freezer box

h = lam jam operasi (\pm 18 jam)

sedangkan pemilihan baterai dan perhitungan kapasitas kemampuan baterai (C_B) tersebut digunakan persamaan (Away et al., 2019);

$$C_B = \frac{N \times P_{Malam}}{V \times DoD \times \eta_B} \dots \dots \dots (6)$$

Dimana ; N = Jumlah lama pengosongan (hari)

V = Tegangan Nominal Baterai (Volt)

DoD = Depth of Discharge 80%

η_B = Efisiensi Baterai (94,5%)

Efisiensi sebuah sistem pembangkit listrik bertenaga sinar matahari dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut (Wasistha et al., 2021), (Suryanti, 2014) ;

$$\eta_{off-grid} = \eta_{PV} \times \eta_{Charger} \times \eta_{Baterai} \times \eta_{Inv} \dots \dots (7)$$

Dimana;

$$\eta_{Charger} = 79 \%$$

$$\eta_{Baterai} = 94,5 \%$$

$$\eta_{Inv} = 94,14 \%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Menentukan Kebutuhan energi listrik mesin refrigerasi

Berdasarkan spesifikasi sebuah freezer box model HS-65LBK membutuhkan daya sebesar 78 Watt sehingga :

$$P = 78 \text{ w beroperasi selama 18 jam/ hari}$$

$$= 78 \text{ watt} \times 18 \text{ jam} = 1.404 \text{ wh.}$$

Jika diasumsikan beroperasi Siang = 11 jam dan malam 9 jam sehingga

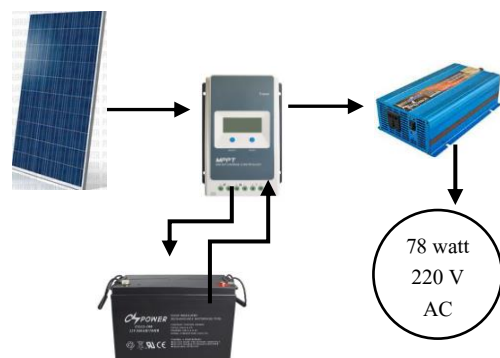
$$P_{siang} = 78 \text{ w} \times 11 \text{ jam} = 858 \text{ wh}$$

$$P_{malam} = 78 \text{ w} \times 7 \text{ jam} = 546 \text{ wh.}$$

jika

2. Menentukan konfigurasi sistem

Berdasarkan tinjauan dan studi literatur maka konfigurasi yang cocok digunakan pada suatu daerah tanpa jangkauan sumber listrik sedangkan peralatan harus beroperasi selama sehari penuh maka digunakan pembangkit listrik bertenaga sinar matahari dengan konfigurasi *stand alone (off-grid)* dengan gambar sebagai berikut;



Gambar 6. Sistem Listrik Bertenaga Matahari Konfigurasi Stand Alone

3. Menentukan Kebutuhan komponen distribusi energi listrik bertenaga sinar matahari .
 - a) Inverter

Jika diasumsikan daya starting sebuah peralatan 2,5 kali daya nominalnya maka dengan efisiensi inverter 94% diperoleh;

Inverter = $2,5 \times 78 = 195 \text{ wh} < (300 \times 0,94 \text{ watt})$
 Inverter yang digunakan 300 Watt gelombang sinus.

b) Baterai.

Fungsi baterai sebagai energi listrik di malam hari berdasarkan penentuan Kebutuhan energi listrik mesin refrigerasi diperoleh $P_{\text{malam}} = 546 \text{ wh}$. Sehingga kapasitas baterai (w_B) digunakan persamaan (6);

$$C_B = \frac{1 \times 546 \text{ wh}}{12 \text{ volt} \times 80 \% \times 94,5 \%}$$

$$C_B = 60,1 \text{ Ah}$$

c) *Solar Charger System*

Pemilihan *Solar Charger system* adalah dengan mempertimbangkan kebutuhan daya. Untuk arus dapat memodifikasi persamaan (2)

$$I_{\text{SCC}} = \frac{P_{\text{maks}}}{V_{\text{Modul PV}}}$$

$$I_{\text{SCC}} = \frac{78 \text{ W}}{12 \text{ volt}} = 6,5 \text{ A}$$

Dengan pertimbangan pengisian daya memaksimalkan sinar matahari sehingga $I_{\text{sc}} \times 2 = 13 \text{ A}$,

Berdasarkan hasil pengujian langsung sebuah modul photovoltaic di atas atap diperoleh data hasil pengukuran seperti pada tabel 2.

Menghitung efisiensi rill modul PV menggunakan pers (3) Berdasarkan tabel 1 rata-rata intensitas matahari (G) dibulan Februari adalah

$$G = 5,47 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$$

$$A = 1200 \text{ mm} \times 670 \text{ mm} = 0,804 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{in}} = 5,47 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$$

$$P_{\text{out}} = 0,314 \text{ kWh/hari}$$

Sehingga

$$\eta_{\text{PV}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} = \frac{0,314 \text{ kWh}}{4,4 \text{ kWh}} = 7,2 \%$$

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kapasitas Riil Modul Photovoltaik

Jam	V _{Rata-rata} (Volt)	I _{rata-rata} (Ampere)	W (Wh)
06.00	9,56	0	0
07.00	15,99	0,46	45,49
08.00	20,7	2,28	213,5
09.00	20,4	4,08	351,52
10.00	19,94	5,42	442,56
11.00	19,78	6,48	520,14
12.00	19,62	6,72	526,55
13.00	19,58	6,7	521,34
14.00	20,14	6,00	471,959
15.00	20,044	4,38	328,09
16.00	20,002	3,02	226,027
17.00	19,86	1,4	99,61
18.00	16,42	0,28	15,71
19.00	6	0,1	0,6
Total Wh = 314,6			

untuk menghasilkan daya 1500 wh = 1,5 kWh maka dapat digunakan simulasi tabel perhitungan berdasarkan energi sinar matahari per bulan selama setahun pada tabel 4 berikut;

Tabel 4. Perhitungan Energi Listrik Perbulan

Bulan	Potensi Energi (kwh/m ² /hari)	Energi listrik riil diperoleh (kwh /hari)	Jumlah modul PV (Buah)
Jan	5,3	0,306806	5
Feb*	5,47	0,314467	4
Mar	5,74	0,332277	4
Apr	5,99	0,346749	4
Mei	5,96	0,345012	4
Jun	5,92	0,342697	4
Jul	6,41	0,371062	4
Agt.	6,74	0,390165	4
Sep	6,65	0,384955	4
Okt	5,51	0,318963	4
Nov	4,92	0,284809	5
Des	5,36	0,31028	5

*) bulan pengujian

Tabel 4 memperlihatkan jumlah minimal modul PV pada sistem kelistrikan bertenaga sinar matahari sebanyak 5 buah sehingga luas lahan yang dibutuhkan $5 \times 0,804 \text{ m}^2 = 4 \text{ m}^2$.

Berdasarkan hasil Analisa maka dapat ditentukan spesifikasi perangkat yang dibutuhkan;

Tabel 5. Spesifikasi Perangkat yang Dibutuhkan pada Sistem Listrik Bertenaga Sinar Matahari

Perangkat	Spesifikasi	Jumlah
Inverter	Input; 12 Volt, 30 A _{Max} Output 220 V, 300 W _{max}	1 buah
Baterai	Jenis VRLA DoD 80 %, η =94,5% Teg. 12 V 65 Ah	1 buah
Solar charger system	Tipe MPPT Output 12 Volt, 20 A	1 buah
Modul Photovoltaic	Output: 120Watt peak 18,36 Volt 6,54 Ampere Dimensi 1200 x 670 x 35mm Efisiensi 12 %	5 buah
Mesin Refrigerasi	Model HS-65LBK-Midea Kapasitas 50 liter Daya 78 W	1 buah

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh bahwa energi sinar matahari dapat digunakan sebagai sumber energi listrik pada mesin refrigerasi (*freezer box*) dengan cara mengubahnya ke energi listrik melalui sistem yang terdiri dari perangkat Inverter, baterai, *Solar Charger Sistem*, dan 5 Modul Photovoltaik.

REFERENCES

Away, Y., Adria, A., Rizal, M. S., Teknik, J., & Kuala, U. S. (2019). Penentuan Kapasitas Baterai pada Sistem Mikro On-Grid dan Photovoltaic dengan Tetrahedron Based Sun Tracker. *Seminar Nasional Dan Expo Teknik Elektro*, 18–22.

Bakhtiar, B., Ruslan, L., & Gunawan, A. (2019). Program pengembangan usaha listrik tenaga

surya. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 76–81.

Bakhtiar, B., Ruslan, L., & Gunawan, A. (2020). DESAIN DAN PRODUKSI LISTRIK TENAGA SURYA. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 302–307.

Dani, A., & Erivianto, D. (2022). Studi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Skala Rumah Tangga pada Daerah Bagan Deli Menggunakan Pvsyst. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 3(9), 961–972. <https://doi.org/10.36418/jist.v3i9.496>

Dany, M. W., Anggriawan, D. O., & Efendi, M. Z. (2020). BATERAI CHARGER VRLA DENGAN METODE CONSTANT CURRENT CONSTANT VOLTAGE BERBASIS KONTROL PI. *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6*, 6(1), 235–243.

Hadi, R., Apih Suparlin, Dian Sutono, & Terry Yuliardi. (2019). Pemanfaatan Refrigerasi Tenaga Surya untuk Menjaga Mutu Hasil Tangkapan Nelayan. *Jurnal Airaha*, 8(02), 045–049. <https://doi.org/10.15578/ja.v8i02.114>

Hakim, A. R., Sarwono, W., & Assadad, L. (2018). Perancangan Sistem Photovoltaic untuk Mesin Pembuat Es di Pelabuhan Perikanan Sadeng. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 7(2), 228–235. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v7i2.427>

Harfi, R., & Hadi, B. N. (2021). Perancangan Cold Storage Portabel Kapasitas 10 Ton Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Jurnal Presisi*, 23(2), 60–72.

Hendradinata, & Mahendra. (2016). Analisis Pengaruh Resirkulasi Udara pada Kabin Evaporator Terhadap Performansi Mesin

- Refrigerasi Kompresi Uap Air Conditioner Dengan Refrigeran R134a. *PETRA*, 2(1), 5–8.
- Indrawan, A. W., Bakhtiar, B., Riyadi, K., & Asri, A. (2021). Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Sumber Listrik Untuk Penerangan Di Lahan Tambak Desa Nisombalia. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 552–556.
- Iskandar, H. R., Elysees, C. B., & Ridwanulloh, R. (2021). Analisis Performa Baterai Jenis Valve Regulated Lead Acid pada PLTS Off-grid 1 kWp. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 13(2), 129–140.
- Jamal, & Firman. (n.d.). Analisis Kinerja Pendingin Udara Alternatif yang Memanfaatkan Energi Laten Es Dengan Dua Heat Exchanger. *Sinergi*, 149–163.
- Kalabo, A. A. A., & Rahman, M. N. (2017). Analisis Pertumbuhan Beban Terhadap Ketersediaan Energi Listrik Di Sistem Kelistrikan Kota Ternate. *Jurnal PROtek Vol*, 04(1), 12–19. <https://core.ac.uk/download/pdf/267889191.pdf>
- Mustiadi, I., & Utari, E. L. (2022). Perbandingan Efektivitas Pengisian Baterai Menggunakan Metode PWM dan MPPT pada Modul Solar Panel 50 WP. *SINTaKS*.
- Nasional, T. S. J. D. E. (2019). Indonesia energy outlook 2019. *J. Chem. Inf. Model*, 53(9), 1689–1699.
- Pratiwi, R. J., Mayub, A., Farid, M., & Nirwana, N. (2021). Penggunaan Wajan Sebagai Cermin Cekung Untuk Mengukur Efisiensi Cahaya Matahari. *Jurnal Multidisiplin Madani*, 1(3), 387–396. <https://doi.org/10.54259/mudima.v1i3.213>
- Riyadi, K., & Rizaldy, N. N. (2021). Teknik Pengambilan Data Praktikum Photovoltaic. *Jurnal Teknologi Elekterika*, 17(2), 30–35.
- Selan, R. N., & Dwinanto, M. M. (2021). Studi Kinerja Dan Konsumsi Energi Air Blast Freezer. *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 6(April), 11–12.
- Setyawan, A., Sutandi, T., & Markus, M. (2018). Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid untuk Catu Daya Sistem Refrigerasi. *ReTII*, 2018(November), 362–368. <https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/938>
- Suryanti, E. M. (2014). Analisis Unjuk Kerja Sistem Fotovoltaik on-Grid Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Gili Trawangan. *Dielektrika*, 1(2), 82–95.
- Wasistha, B. D., Salam, B. E. M., & Wibawa, D. I. (2021). Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid di Laboratorium Teknik Listrik Politeknik Negeri Jakarta. *Prosiding Semnas Teknik Elektro Dan Informatikaektro*, 6(1), 76–82.