

Analysis of Solar Power Generation Needs for Weather Stations based on ESP32

Article History:

Received
2 January 2025
Revised
22 January 2025
Accepted
28 January 2025

**FIRDAUS, RIKKI VITRIA, SILFIA RIFKA, LIFWARDA,
RATNA DEWI**

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang, Indonesia
Email : mrdauz@yahoo.com

ABSTRAK

Stasiun cuaca yang berada di daerah terpencil membutuhkan sumber energi dari PLTS. Oleh karena itu perhitungan kebutuhan daya yang dikonsumsi perangkat stasiun cuaca perlu dilakukan. Analisis kebutuhan PLTS diaplikasikan pada stasiun cuaca berbasis mikrokontroler ESP32 bersama modul sensor berdaya rendah agar PLTS yang dibuat biayanya lebih murah. Tahap yang dilakukan adalah dengan menyediakan stasiun cuaca dan PLTS tanpa ada analisis kebutuhan, lalu studi literatur kemudian mengumpulkan data pengukuran arus dan tegangan output SCC selanjutnya melakukan analisis dan akhirnya mendapatkan rekomendasi perangkat PLTS yang diperlukan. Setelah dikalkulasi diperoleh kebutuhan baterai tegangan 12V berkapasitas 4,375 Ah, daya panel surya 14,255 Wp dan SCC berarus baterai 0,46 A dan berarus beban 0,306 A. Jika komponen tersebut disesuaikan dengan produk yang tersedia di pasar maka baterai VRLA 12V/6Ah, panel surya 20 Wp dan Modul SCC 5A dapat digunakan. Ini menggantikan baterai 12V/7Ah, panel surya 50Wp dan SCC 10A yang sebelumnya digunakan.

Kata kunci: *PLTS, Stasiun Cuaca, ESP32, Analisis kebutuhan daya*

ABSTRACT

A remote weather station requires solar power system (PLTS), hence making power consumption calculation is very essential. PLTS analysis is applied to an ESP32-based weather station with low-power sensors to reduce costs. The process starts with setting up the station and PLTS without prior analysis, followed by a literature review, data collection of current and voltage from the SCC, conducting an analysis, and finally determining components recommendations. Calculations determine the need for a 12V, 4.375 Ah battery, 14.255 Wp solar panel, and a SCC with 0.46 A battery current and 0.306 A load current. Adjusted to market availability, a VRLA 12V/6Ah battery, 20 Wp solar panel, and 5A SCC module can replace the previously used 12V/7Ah battery, 50 Wp solar panel, and 10A SCC.

Keywords: *Solar Power Plant, Weather Station, ESP32, Power Requirement Analysis*

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



1. PENDAHULUAN

Stasiun cuaca adalah instrumen yang mengukur dan merekam parameter meteorologi menggunakan sensor tanpa perlu intervensi manusia **(Kiran, dkk, 2018)**. Stasiun cuaca memiliki banyak manfaat penting dalam kehidupan, selain memantau keadaan lingkungan, data yang dihasilkan dapat digunakan untuk memprediksi cuaca di waktu yang akan datang sehingga hal yang baik dapat segera dilaksanakan sebaliknya sesuatu yang tidak menguntungkan dapat dihindari. Stasiun cuaca yang dibuat sendiri dengan sensor yang sudah dikalibrasi dengan jumlah parameter yang juga ada di stasiun cuaca standar tentu sangat membantu untuk mengetahui cuaca di daerah tertentu yang mungkin tidak bisa diwakilkan oleh data cuaca yang dimiliki Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Beberapa parameter penting tersebut adalah suhu udara, tekanan udara, kelembaban udara, dan curah hujan **(Kodali, dkk, 2016)**.

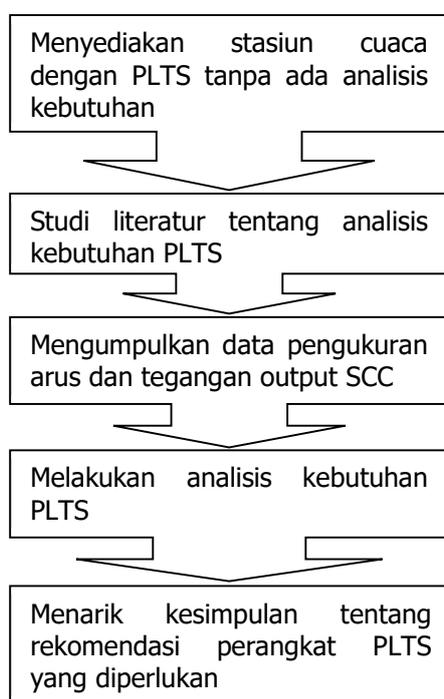
Sudah banyak penelitian yang menghasikan prototipe stasiun cuaca namun penempatan stasiun tersebut mayoritas diletakkan di area yang tidak terjangkau jaringan listrik milik pemerintah sehingga sumber daya listrik mandiri harus disediakan seperti Pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS). Oleh karena itu perhitungan kebutuhan daya yang dikonsumsi perangkat stasiun cuaca perlu dilakukan agar pemanfaatan PLTS lebih efisien. Hasil penelitian yang berkaitan dengan stasiun cuaca itu adalah sebagai berikut, Rancang Bangun Sistem Telemetri Stasiun Cuaca Berbasis Atmega8a, dengan hanya menggunakan baterai 3400mAh sebagai sumber energi listrik dimana arus beban *standby* 4,8mA yang diperkirakan sistem bisa bertahan selama 31 hari **(Ismail, dkk, 2017)**. Penelitian berikutnya adalah *Low cost smart weather station using Arduino and ZigBee*, dimana data suhu, kelembaban, hujan, tekanan udara, ditransmisikan secara *wireless* lalu disimpan dalam *card* memori **(Zaid, dkk, 2020)**. Selanjutnya ada *High-Resolution and Secure IoT-Based Weather Station Design* yang mengakuisisi data suhu, kelembaban, tekanan dan curah hujan yang di simpan di web server **(Farah, dkk, 2024)**.

Penelitian yang sudah dilakukan yang berhubungan dengan analisis kebutuhan daya PLTS beberapa diantaranya adalah desain, analisa dan simulasi menggunakan *software* untuk mendapatkan konsumsi yang optimal pada rumah tinggal berbeban listrik 3,6 kW. Diperoleh hasil kebutuhan perangkat adalah 20 buah 245W panel surya, baterai 24V/530Ah dan inverter 5 kVA **(Ronay, dkk, 2015)**. Penelitian berikutnya yaitu analisa penghematan daya pada *smarthome* yang memiliki PLTS *on-grid* dengan kesimpulan dapat mereduksi biaya konsumsi listrik PLN dengan memakai 300 Wp panel surya untuk daya rumah 2200 VA **(Nurfaidah, dkk, 2019)**. Analisa daya di gedung kantor PT. Energi Listrik Batam dengan hasil daya maksimum 30 kW dengan penurunan efisiensi sebesar 15,4% **(Gunoto, dkk, 2022)**. Sementara analisa untuk stasiun pengisian baterai di Politeknik Negeri Samarinda memberikan kesimpulan bahwa diperlukan 60 unit modul surya 120 Wp yang bertegangan 71,2 V dan arus 103 A dengan daya maksimum yang dihasilkan 7333 Wp sehingga arus Solar Charger Controller (SCC) yang diperlukan minimal 128,73 A serta 60 unit baterai 12V/50 Ah **(Sayudi, dkk, 2022)**. PLTS yang dibuat untuk rumah tinggal tipe 45 berdaya 8108 W di kota Banjarbaru membutuhkan 8 unit 300 Wp panel surya, SCC berarus minimal 48,52 A dan jumlah baterai 12V/200Ah sebanyak 4 buah **(Rahman, dkk, 2021)**. Analisis untuk rumah tinggal yang lain berdaya 2,069 kWh memerlukan solar panel 450 Wp, baterai 27,6V/45Ah dan SCC 60 A **(Sihombing, dkk, 2023)**. Masih dengan rumah tinggal dengan daya 2,2 kWh, membutuhkan 7 unit baterai 12V/100Ah, 9 unit panel surya 100 Wp dan 1 buah SCC 24V/60A **(Suprianto, dkk, 2021)**. Objek lain yang menggunakan PLTS adalah penerangan jalan umum dengan lampu 40 W dimana setelah dianalisa didapatkan keperluan 4 buah panel surya 40 Wp dengan 4 buah baterai 12V/50Ah dan 1 buah SCC 24V/10A **(Yamato, dkk, 2021)**.

Berbeda dengan penelitian yang telah dikerjakan di atas, analisis kebutuhan PLTS justru dilakukan di stasiun cuaca berbasis mikrokontroler ESP32 bersama beberapa modul sensor berdaya rendah yang notabene tidak membutuhkan konsumsi daya total yang besar. Ini perlu dilakukan karena stasiun cuaca ini letaknya jauh dari sumber listrik negara kemudian karena sistemnya berdaya rendah maka kemungkinan besar PLTS yang dibuat biayanya jauh lebih murah.

2. METODE PENELITIAN

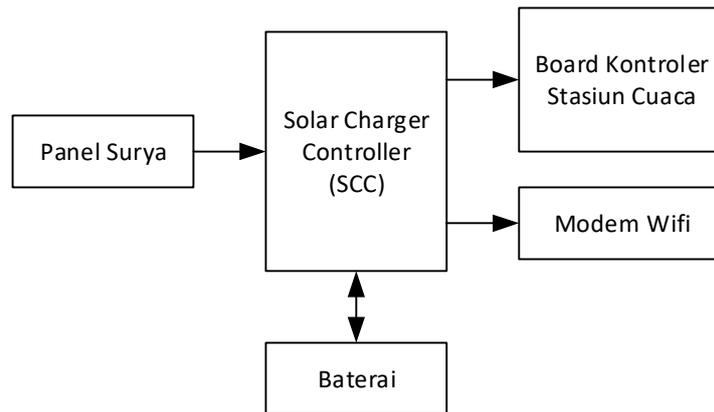
Solusi untuk menyelesaikan masalah adalah dengan melakukan beberapa tahap pekerjaan yang dideskripsikan di Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penyelesaian Masalah

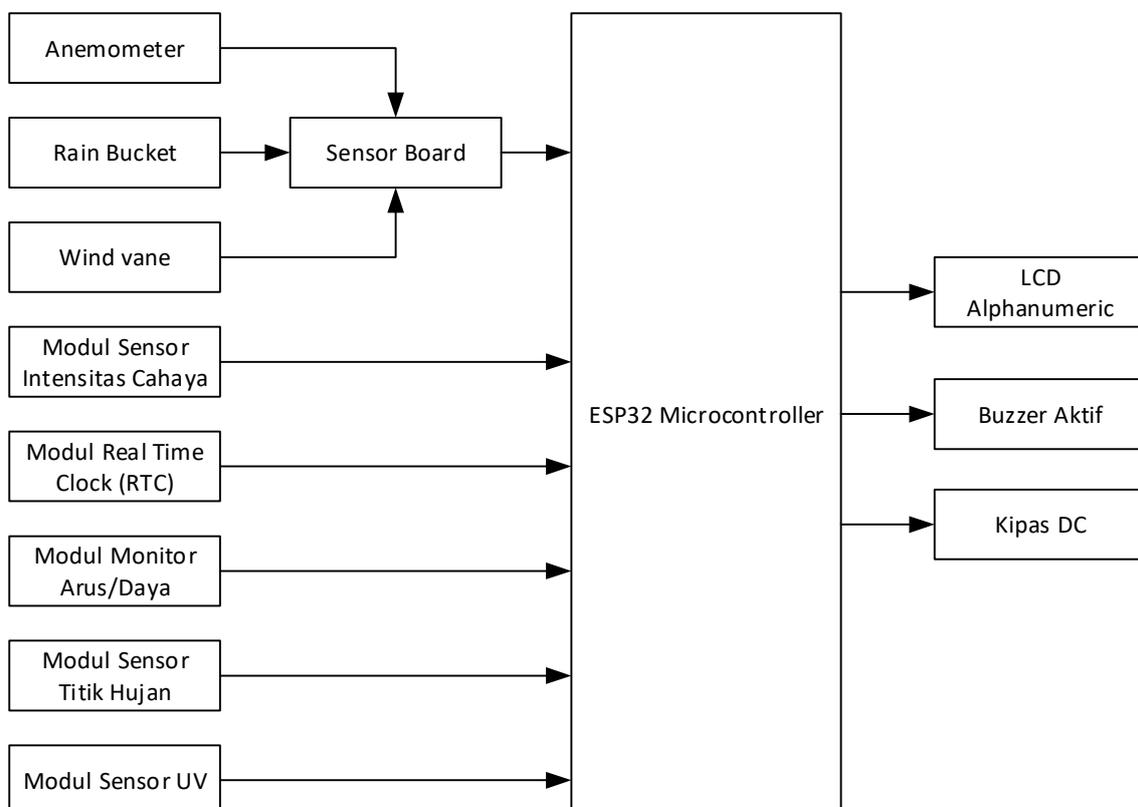
2.1 Penyediaan Stasiun Cuaca dan PLTS

Stasiun cuaca yang digunakan sudah tersedia dengan bagian *hardware* seperti terlihat pada Gambar 2 dimana panel surya dengan daya 50 Wp mengisi baterai 12V/7Ah melalui SCC berarus maksimum 10 A. Sementara SCC juga menyuplay arus ke *board* kontroler stasiun cuaca dan modem wifi Telkomsel 4G LTE 500 Mbps. Komponen-komponen PLTS-nya sengaja tidak dipilih berdasarkan perhitungan tertentu jadi hanya diperkirakan saja sesuai kebutuhan *board* stasiun cuaca dan modem untuk dapat bertahan selama baterai tidak diisi oleh panel surya.



Gambar 2. Diagram Blok *Hardware* Stasiun Cuaca

Sementara itu pada *board* kontroler stasiun cuaca bagian *hardware*-nya secara rinci ditunjukkan di Gambar 3. Dengan menggunakan Mikrokontroler ESP32, *board* ini berfungsi untuk meng-akuisisi data dari sensor *board* WS3 yang terdiri dari *anemometer* (kecepatan angin), *Rain bucket* (intensitas hujan) dan *Wind vane* (arah angin) kemudian modul sensor intensitas cahaya BH1750, modul sensor UV GUVA-S12SD, modul sensor titik hujan FR-04, modul sensor arus/daya INA219 serta modul RTC DS3231. Seluruh data ditampilkan pada layar LCD alphanumeric 4 x 20 karakter dan dikirimkan ke server penyimpanan data googlesheet melalui modem wifi yang terhubung ke internet. Sedangkan *fan* dc 12V/0,2A berguna untuk mensirkulasi udara dalam kotak panel penyimpanan *hardware* jika suhu di dalamnya melebihi 33°C.



Gambar 3. Diagram Blok *Board* Kontroler Stasiun Cuaca

2.2 Studi Literatur Tentang Analisis Kebutuhan PLTS

Selain mencari perbedaan dengan penelitian sebelumnya, di tahap ini juga mencari cara kalkulasi untuk mendapatkan spesifikasi panel surya, SCC dan baterai yang diperlukan.

2.2.1 Kalkulasi Kebutuhan Baterai

Parameter penting baterai adalah kapasitasnya yang memiliki satuan Ampere-hour atau disingkat Ah. Kapasitas ini dapat ditentukan dari berapa besar tegangan baterai dan daya yang hasilnya untuk beban listrik dalam waktu tertentu termasuk efisiensi dari jenis baterai yang digunakan baik *lead acid* (80%) atau *lithium* (99%) (**Seghers, 2020**). Baterai *lead acid* ketika digunakan direkomendasikan hanya 50% dari kapasitasnya namun *lithium* bisa mencapai 20% dan parameter ini disebut *Deep of Discharge*. Satu lagi yang perlu diperhitungkan adalah ketika ada kondisi dimana matahari dalam beberapa hari tidak memberikan sinar yang maksimal ke panel surya untuk mengisi baterai maka hal ini dapat mempengaruhi kapasitas baterai tersebut, periode ini dikenal dengan *Autonomy Day* (**Syamsudin, dkk, 2018**). Relasi parameter tadi dengan kapasitas baterai ditunjukkan pada Persamaan (1).

$$C_B = \frac{P \cdot t \cdot AD}{V \cdot DOD \cdot \eta} \quad (1)$$

Dimana, C_B : kapasitas baterai (Ah), P : daya beban listrik (W), t : durasi beban listrik terhubung ke baterai (Jam), V : tegangan baterai (V), AD : *autonomy day*, DOD : *deep of discharge* baterai(%), η : efisiensi baterai (%).

2.2.2 Kalkulasi Kebutuhan Panel Surya

Saat sinar matahari cukup untuk menghasilkan tegangan dan arus di output panel surya, maka baterai dan beban listrik akan disupply dayanya melalui SCC seperti yang diilustrasikan oleh Gambar 2. Daya panel surya harus sesuai dengan kebutuhan pengisian baterai dan daya beban selama penyinaran matahari dalam keadaan maksimal (*Peak Sun Hour*) (**Hutajulu, dkk, 2020**). Untuk mengantisipasi kekuarangan daya dari panel surya maka perlu diberikan indeks faktor keamanan dan efisiensi SCC yang sekaligus ditunjukkan oleh Persamaan (2).

$$P_S = \frac{E_T \cdot SF}{PSH \cdot \eta} \quad (2)$$

Dimana, P_S : daya panel surya (W), E_T : energi total output SCC (Wh), PSH : *peak sun hour* (Jam), η : efisiensi SCC (%), SF : *safety factor*.

Jumlah panel surya ditentukan dari hasil menghubungkan seri atau paralel atau kombinasi antara keduanya dengan tujuan daya total hasil konfigurasi tetap sama dengan daya yang diperoleh dari Persamaan (2).

2.2.3 Kalkulasi Kebutuhan SCC

Tegangan dan arus input beserta output maksimum SCC menjadi hal yang vital untuk diperhatikan. Parameter ini dapat dilihat di datasheet yang menyertakan spesifikasi SCC-nya. Sebagai contoh adalah spesifikasi salah satu SCC di Tabel 1. Sesuaikan tegangan baterai dengan *nominal system voltage* yaitu 12 V atau 24 V. Arus yang menuju ke baterai saat pengisian tidak boleh melebihi *Rated Battery Current*. Selain itu SCC memiliki terminal khusus untuk dihubungkan ke beban listrik dan arus beban ini tidak boleh melewati *Rated Load Current*. Tegangan panel surya disesuaikan juga dengan *Max Solar Input Voltage* termasuk daya maksimumnya jangan sampai melewati nilai *Max. Solar Input Power* (**Seghers, 2020**).

Tabel 1 Datasheet Parameter Elektrik SCC Merk Renogy Rover (Seghers, 2020)

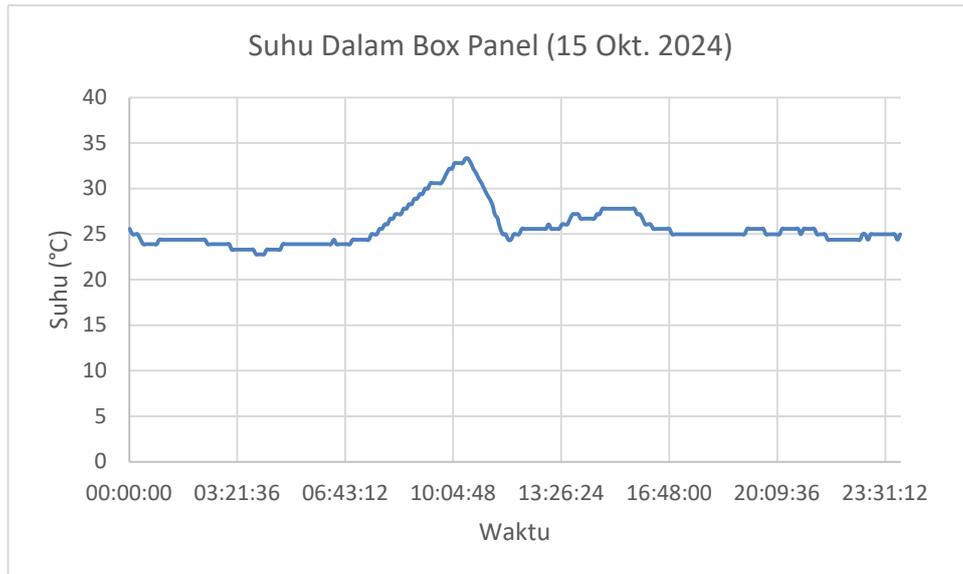
Model	RVR-20	RVR-30	RVR-40
Nominal system voltage	12V/24V Auto Recognition		
Rated battery current	20A	30A	40A
Rated Load Current	20A	20A	20A
Max. Battery Voltage	32V		
Max. Solar input Voltage	100V DC		
Max. Solar Input Power	12V @ 250W 24V @ 520W	12V @ 400W 24V @ 800W	12V @ 520W 24V @ 1040W
Self-Consumption	≤ 100mA @ 12V ≤ 58mA @ 24V		
Charge circuit voltage drop	≤ 0.26V		
Discharge circuit voltage drop	≤ 0.15V		
Temp. Compensation	-3mV/°C/2V (default)		

2.3 Pengumpulan Data Pengukuran Arus dan Tegangan Output SCC

Langkah awal untuk analisis kebutuhan PLTS adalah menghitung konsumsi energi dan pemilihan tegangan pada beban listrik (**Hankins, 2021**). Energi listrik ditentukan oleh daya yang terpakai dalam waktu tertentu sementara daya ditentukan oleh arus dan tegangan beban (**Shany, 2021**). Beban itu sendiri adalah *board* kontroler stasiun cuaca dan modem wifi yang ada di *output* SCC. Oleh karena itu data arus dan tegangan yang keluar dari SCC disimpan secara kontinyu dalam rentang waktu tertentu. Selain arus dan tegangan, parameter suhu di dalam box panel juga dimonitor untuk mengendalikan kipas agar ada sirkulasi udara ketika suhu naik ke 34°C. semua parameter tersebut disampling setiap 5 menit sekali dalam kurun waktu kurang lebih 10 hari mulai dari jam 0:0 hingga 23:59.

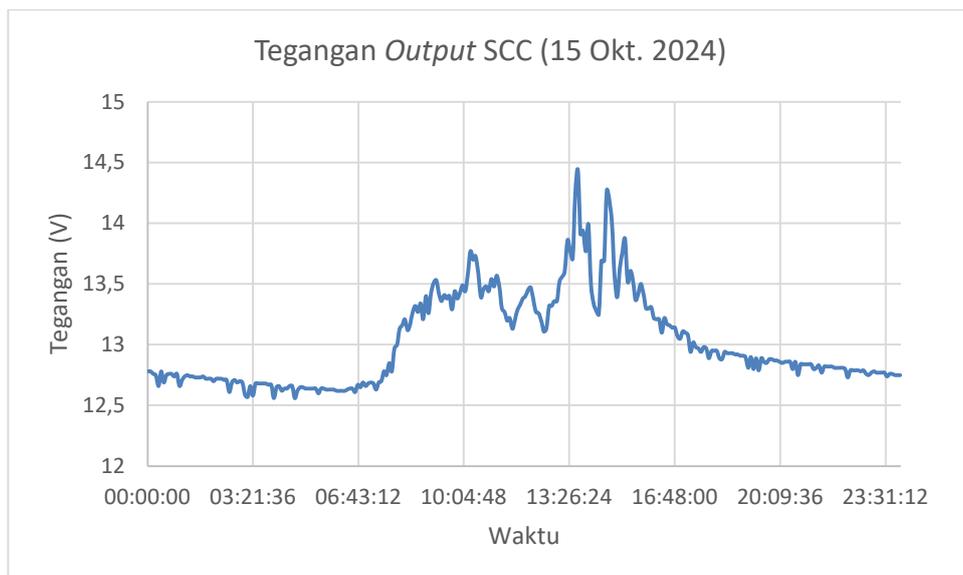
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dipilih beberapa data penting saja yang dapat mewakili untuk mendukung analisis kebutuhan PLTS. Seperti parameter suhu yang setiap harinya memiliki data kurang lebih 285 sampel. Dari 10 hari data yang dikumpulkan maka dipilih satu hari untuk suhu rata-rata paling rendah dan satu hari untuk suhu rata-rata paling tinggi seperti pada Gambar 4 adalah grafik suhu dalam box panel di hari yang memiliki suhu rata-rata terendah. Pada masing-masing hari itu juga dapat diperoleh data tegangan, arus dan daya beban.



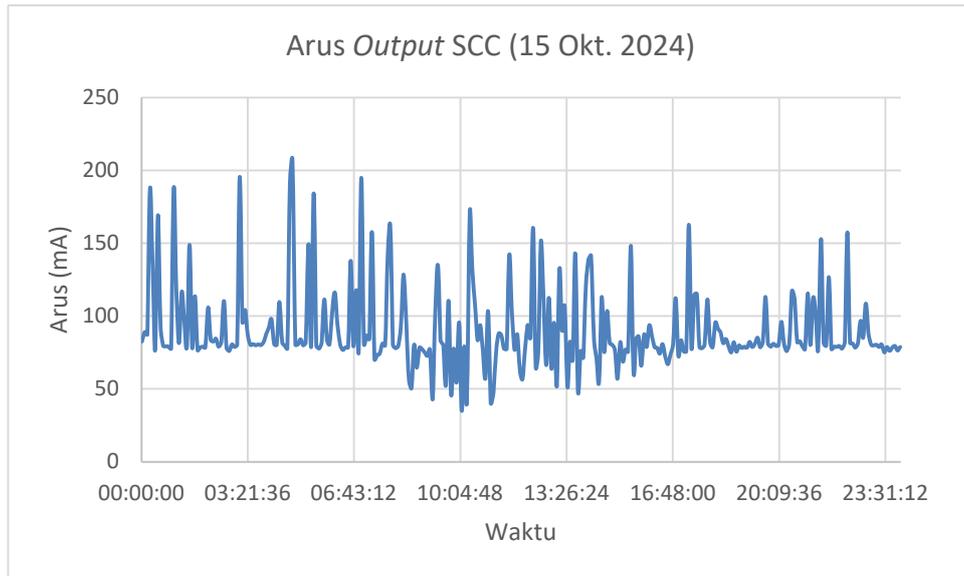
Gambar 4. Grafik Suhu di Hari yang Memiliki Suhu Rata-rata Terendah

Gambar 5 merupakan grafik tegangan output SCC di hari yang memiliki suhu rata-rata terendah.



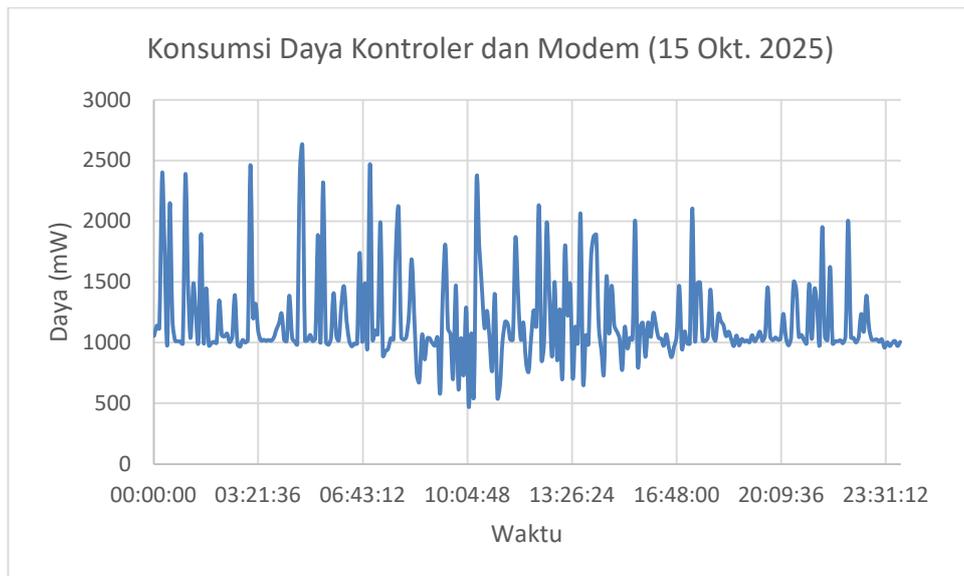
Gambar 5. Grafik Tegangan *Output* SCC di Hari yang Memiliki Suhu Rata-rata Terendah

Gambar 6 menunjukkan grafik arus output SCC di hari yang memiliki suhu rata-rata terendah.



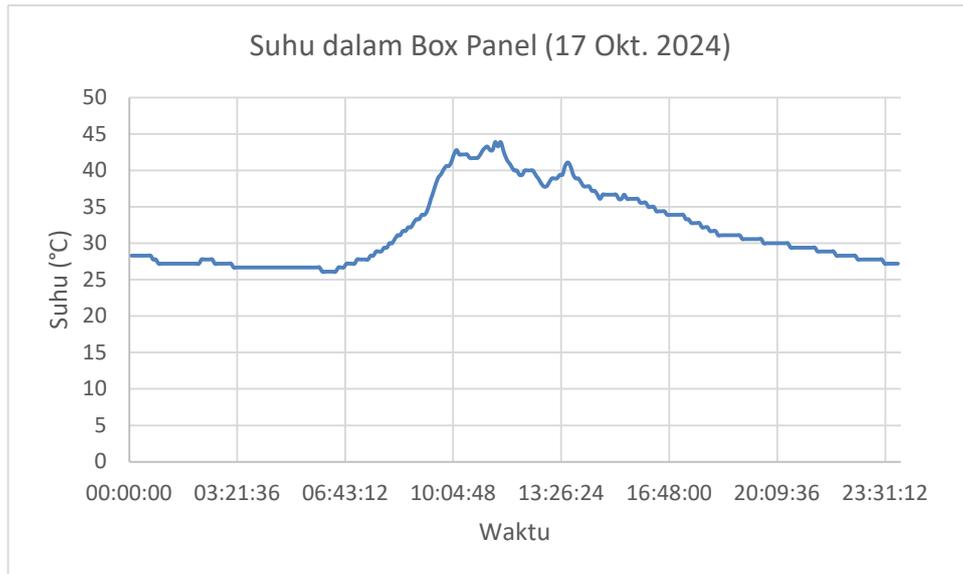
Gambar 6. Grafik Arus *Output* SCC di Hari yang Memiliki Suhu Rata-rata Terendah

Gambar 7 adalah grafik besarnya daya yang dikonsumsi oleh beban SCC yaitu *Board* kontroler dan modem wifi ketika hari itu memiliki suhu rata-rata terendah.



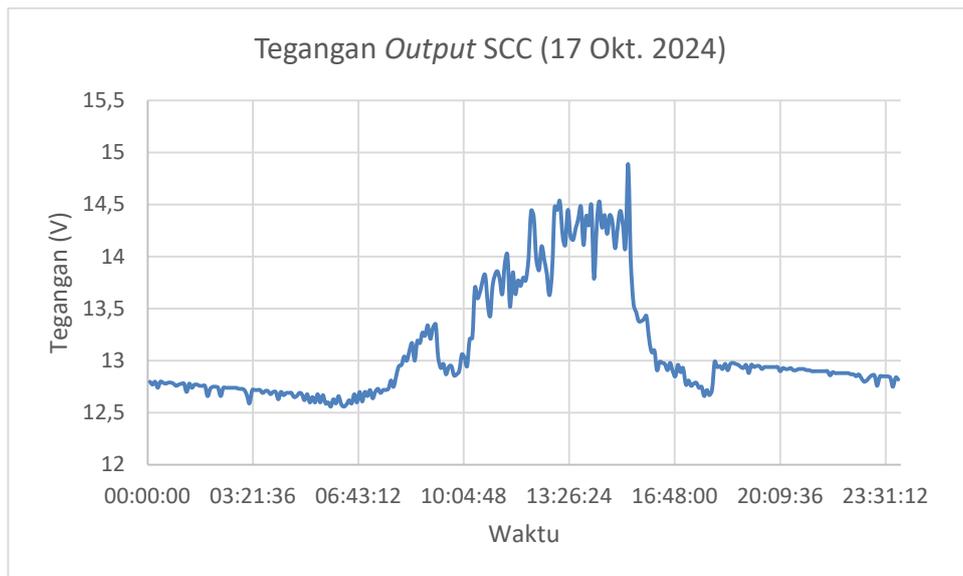
Gambar 7. Grafik Konsumsi Daya Kontroler dan Modem di Hari yang Memiliki Suhu Rata-rata Terendah

Gambar 8 menampilkan grafik suhu dalam box panel di hari yang memiliki suhu rata-rata tertinggi.



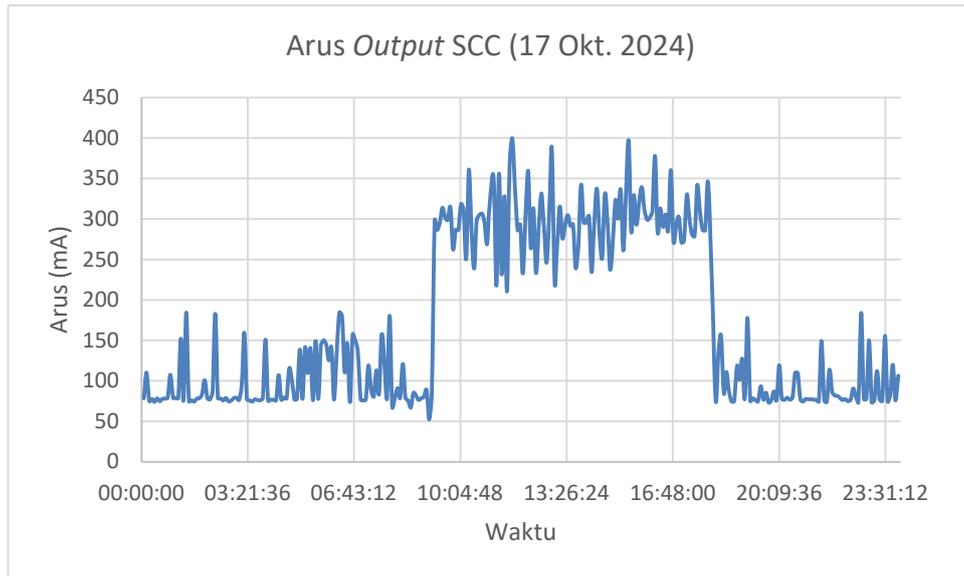
Gambar 8. Grafik Suhu di Hari yang Memiliki Suhu Rata-rata Tertinggi

Gambar 9 adalah grafik tegangan output SCC di hari yang memiliki suhu rata-rata tertinggi.



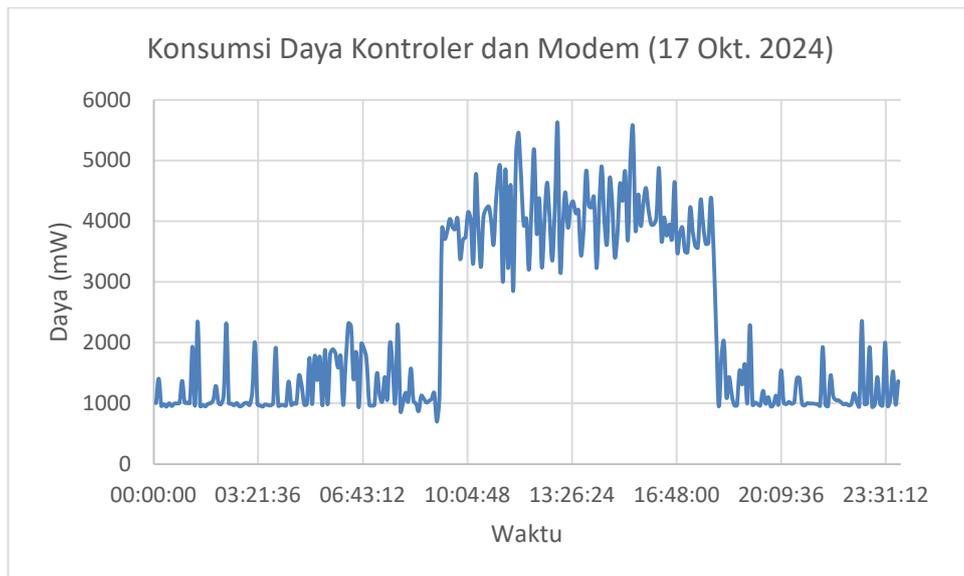
Gambar 9. Grafik Tegangan *Output* SCC di Hari yang Memiliki Suhu Rata-rata Tertinggi

Gambar 10 merupakan grafik arus output SCC di hari yang memiliki suhu rata-rata tertinggi.



Gambar 10. Arus *Output* SCC di Hari yang Memiliki Suhu Rata-rata Tertinggi

Gambar 11 menunjukkan grafik besarnya daya yang dikonsumsi oleh beban SCC yaitu *Board* kontroler dan modem wifi ketika hari itu memiliki suhu rata-rata tertinggi.



Gambar 11. Grafik Konsumsi Daya Kontroler dan Modem di Hari yang Memiliki Suhu Rata-rata Tertinggi

Menganalisa data hasil pengukuran suhu, arus dan tegangan dalam beberapa hari dapat memberikan informasi estimasi *peak sun hour* dan *autonomy day*, begitu juga jumlah energi yang harus disediakan oleh baterai dan panel surya untuk *board* kontroler dan modem agar tetap beroperasi non-stop.

Parameter suhu dalam ruang panel penyimpanan perangkat stasiun cuaca bisa merepresentasikan intensitas cahaya matahari yang menerpa panel surya. Seperti pada Gambar 4 menunjukkan data selama 24 jam dan ini adalah suhu rata-rata paling rendah dari hari lainnya yaitu 25,7°C karena saat itu cuaca selalu mendung. Di kondisi seperti inilah

ditentukan PSH dimulai dari jam dimana tegangan baterai mulai naik diisi oleh SCC sampai lebih dari 13 Volt hingga jam dimana tegangan baterai menurun di bawah 13 Volt dengan mengacu pada Gambar 5. Diperoleh pukul 7:56 hingga pukul 17:13 atau kurang lebih 9 jam termasuk autonomy day bisa sekaligus diperkirakan yaitu selama 2 hari.

Nilai tegangan di Gambar 5 dan arus di Gambar 6 dengan perhitungan menghasilkan daya yang diserap *board* kontroler dan modem wifi yang ada di Gambar 7, diperoleh rata-rata 1175,76 mW. Namun ini belum bisa dijadikan konsumsi daya terbesar karena salah satu beban listrik yaitu kipas pendingin ruang panel belum aktif karena suhu di hari itu belum mencapai 34 °C.

Beralih ke data suhu di Gambar 8 pada hari dengan rata-rata suhu tertinggi dari hari lainnya yaitu 31,9°C. Tetapi jika difokuskan pada rentang jam 8 hingga 17, maka rata-rata suhu lebih tinggi lagi yaitu 37,7°C dan ini mengaktifkan kipas pendingin. Dengan menggunakan data tegangan di Gambar 9 dan arus di Gambar 10 didapatkan daya di Gambar 11 dengan rata-rata 2262,6 mW. Tetapi beban puncak berlangsung selama PSH 9 jam didapatkan daya rata-ratanya adalah 3674,94 mW.

Perlu diingat bahwa 15 jam diluar PSH, baterai menjadi sumber daya utama bagi *board* kontroler dan modem wifi oleh karena itu perlu juga diketahui konsumsi daya selama waktu itu dan dari data di Gambar 10 terhitung daya rata-ratanya adalah 1413,6 mW atau dibulatkan menjadi 1,4W. Maka kapasitas baterai sudah dapat dikalkulasi menggunakan Persamaan (1) dimana AD bernilai 1 karena baterai aktif mensuplay saat sinar matahari mayoritas tidak ada, kemudian V adalah 12V dengan DOD 50% saja dengan efisiensi baterai 80% sementara energi yang dikonsumsi beban selama 15 jam.

$$C_B = \frac{1,4 * 15 * 1}{12 * 0,5 * 0,8} = 4,375Ah$$

Jadi baterai yang digunakan adalah 12V/4,375 Ah.

Ketika PSH selama 9 jam, panel surya harus mensuplay daya melalui SCC ke tiga beban yaitu baterai, *board* stasiun cuaca dan modem wifi yang mana direntang waktu itu dua beban terakhir terhitung memiliki nilai beban puncak sebesar 3674,94 mW yang dibulatkan menjadi 3,67 W sedangkan baterai bekapasitas 4,375 Ah. Untuk menghitung daya panel surya yang dibutuhkan sesuai Persamaan (2) maka perlu mengubah daya menjadi energi menggunakan Persamaan (3) sementara mengkonversi kapasitas baterai ke energi memakai Persamaan (4).

$$E = P * t \tag{3}$$

$$E = V * C_B \tag{4}$$

Sehingga energi untuk *board* kontroler dan modem wifi menjadi:

$$E_1 = 3,67 * 9 = 33,03Wh$$

Sedangkan energi untuk baterai menjadi:

$$E_2 = 12 * 4,375 = 52,5Wh$$

Total energi dari E1 dan E2 di atas bersama SF sebesar 1,2 lalu PSH selama 9 jam serta efisiensi SCC bernilai 80% menghasilkan:

$$P_s = \frac{(33,03 + 52,5) * 1,2}{9 * 0,8} = 14,255W$$

Jadi daya panel surya yang dibutuhkan sebesar 14,255 Wp.

Untuk SCC sendiri harus diketahui terlebih dahulu nilai arus menuju baterai saat diisi selama PSH menggunakan Persamaan (5).

$$I = \frac{C_B}{t} \quad (5)$$

Dimana, I: Arus (A).

$$I = \frac{4,375}{9} = 0,486A$$

Sehingga SCC harus mampu melewatkan arus ke baterai minimal sebesar 0,486 A.

Arus ke *board* kontroler dan modem wifi dihitung saat daya tertinggi terjadi melalui Persamaan (6).

$$I = \frac{P}{V} \quad (6)$$

$$I = \frac{3,67}{12} = 0,306A$$

Sehingga SCC harus mampu melewatkan arus ke beban minimal sebesar 0,306 A.

Parameter terakhir adalah daya input SCC yang minimal sebesar daya panel surya yaitu 14,255 Wp.

Apabila spesifikasi baterai, panel surya dan SCC yang telah dihitung di atas disesuaikan dengan produk yang tersedia di pasar maka baterai VRLA 12V/6Ah, panel surya 20 Wp dan Modul SCC 5A dapat digunakan.

4. KESIMPULAN

Kebutuhan PLTS tidak bisa dipungkiri sebagai sumber listrik untuk stasiun cuaca yang letaknya tidak terjangkau sumber listrik permanen. Stasiun cuaca berbasis mikrokontroler ESP32 ternyata tidak membutuhkan daya yang besar terbukti setelah dikalkulasi diperoleh kebutuhan berupa baterai 12V/4,375Ah, panel surya 14,255Wp dan SCC berarus baterai 0,46A dan beban 0,306A. Jika komponen tersebut disesuaikan dengan produk yang tersedia di pasar maka baterai VRLA 12V/6Ah, panel surya 20 Wp dan Modul SCC 5A dapat digunakan sehingga ini bisa menggantikan perangkat sebelumnya berupa baterai 12V/7Ah, panel surya 50Wp dan SCC 10A.

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah selanjutnya terima kasih kepada Politeknik Negeri Padang atas kontribusi penuhnya melalui unit kerja P3M sehingga penelitian berjalan dengan lancar dan selesai seperti yang diinginkan. Kemudian terimakasih juga kepada masyarakat Nagari Simarasok,

Kecamatan Baso, Kabupaten Agam, Sumatera Barat yang telah menggunakan stasiun cuaca ini untuk sumber informasi cuaca di daerah mereka.

DAFTAR RUJUKAN

- Farah, N. Z., Sura, N. A., Inaam, F., & Quitaba, A. (2024, February). High-Resolution and Secure IoT-Based Weather Station Design. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 14(1), 249-258.
- Gunoto, P., & Hutapea, H. D. (2022). Analisa Daya pada Panel Surya di Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop On Grid Kapasitas 30 kVA Gedung Kantor PT. Energi listrik Batam. *Sigma Teknika*, 5(1), 57.
- Hankins, M. (2021). *Stand Alone Solar Electric System*. Routledge.
- Hutajulu, A. G., Siregar, M. R., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid di Ecopark Ancol. *Tesla*, 22(1), 23-33.
- Ismail, R. P., Munawar, A. R., & Ajub, A. Z. (2017). Rancang Bangun Sistem Telemetry Stasiun Cuaca Berbasis ATMEGA8A. *Transient*, 6(4), 567.
- Kiran, H., Sonawane, Shweta, K., & Mugdha, T. (2018). Weather Station. *International Journal Of Creative Research Thoughts*, 6(2), 348-352.
- Kodali, R. K., & S., M. (2016). IoT Based Weather Station. *International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies*, (hal. 680-683).
- Nurfaidah, Y., Wibawa, I. P., Aprilia, B. N., C., E., & Reza, M. (2019). Analysis Of Smart House Power Savings With On-Grid Photovoltaic Power System. *International Conference On Engineering, Technology and Innovative Researches*, (pp. 1367).
- Rahman, R., Karim, S., & Irfan. (2021). Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Offgrid Untuk Rumah Tinggal Di Kota Banjarbaru. *EEICT*, 4(1).
- Ronay, K., & Cristian, D. D. (2015). Technical and Economical Analysis of a Solar Power System Supplying a Residential Consumer. *9th International Conference Interdisciplinarity in Engineering*, 22, 829-835.
- Sayudi, P., Murdiyat, & Bima, L. (2022). Analisis Kebutuhan Daya Dan Komponen Untuk Stasiun Pengisian Baterai Kendaraan Listrik Dengan Sumber Energi PLTS Di Politeknik Negeri Samarinda. *Sinergi*, 20(2), 180.
- Seghers, N. (2020). *Off Grid Solar Power Simplified: For Rvs, Vans, Cabins, Boats and Tiny Homes*. Independently published.

- Shany, P. (2021). *Solar Power for Beginner: The Perfect Guide to Easily and Efficiently Plan and Install Off-Grid Solar Power Sistem Indoors or Outdoors to Achieve Home Energy Independence*. Independently published.
- Sihombing, G. (2023). Analisis Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Secara Ekonomis Untuk Rumah Tinggal. *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 18(1), 96.
- Suprianto. (2021). Analisa Perhitungan untuk Pemasangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Solar Home System. *Rekayasa Elektrikal dan Energi*, 4(1), 60.
- Syamsudin, Z., Hidayat, S., & Effendi, M. N. (2018). Perencanaan Penggunaan PLTS di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat. *Energi dan Kelistrikan*, 9(1), 70-83.
- Yamato, & Rijadi, B. B. (2021). Analisis Kebutuhan Modul Surya Dan Baterai Pada Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU). *Jurnal Elektro Teknik*, 1(1), 30.
- Zaid, K. H., Hadi, J. H., Mousa, R. A., & Yaqeen, S. M. (2020). Low cost smart weather station using Arduino and ZigBee. *Telkomnika*, 18(1), 282-288.