

DESAIN SOLAR CHARGE CONTROLLER METODE FPPT ATAU PELACAKAN PENGISIAN DAYA PENUH UNTUK PANEL PV DAN POWER STATION PORTABEL

Agus Nurcahyo

Jurusan Teknik Elektro
Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan
agusnmail@gmail.com

Article history:

Received 10th of August, 2024

Revised 19th of August, 2024

Accepted 30th of August, 2024

Abstract

Solar Charge Controller (SCC) PWM available on the market generally must be installed by connecting the SCC to the battery using the shortest possible power cable. This is intended to reduce the problem of the battery voltage measured at the SCC and the voltage measured at the battery poles having different values when charging the battery. The difference in voltage values can cause errors in indicating the battery voltage in the SCC so that battery charging is not fully optimal, especially when the battery is close to full. The application of separate SCCs to portable PV panels and portable power stations requires the use of long power cables between the SCC and the battery in portable power stations. Therefore, an SCC design is needed that can overcome this problem. In this study, the SCC Full Power Point Tracking (FPPT) design is proposed. One way to accurately indicate the battery voltage in the SCC is to disconnect the DC current from the PV panel to the battery in a very short time accompanied by measuring the battery voltage, this disconnection and measurement are carried out periodically. The results of the voltage measurement are used to determine whether the battery is fully charged or not. The SCC FPPT made here can provide power up to 98.3% even though the battery is detected as almost full by using a 60 cm long cable with a cross-sectional area of 1.5mm² from the SCC to the battery

Keywords: Solar Charge Controller, SCC, Battery, Power Stations, Solar Panel

Pendahuluan

Energi surya telah mengalami pertumbuhan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Inovasi fotovoltaik (PV) merupakan teknologi hijau yang menguntungkan, dan menjanjikan untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik [1]. Pemanfaatan energi surya dari panel PV diperlukan Solar Charger Controller (SCC) [2]. Fungsi SCC adalah untuk melindungi dan mengotomatisasi tegangan pada pengisian baterai agar tegangan tidak melebihi batas yang dapat menyebabkan kerusakan pada sel baterai [3].

Controller merupakan suatu perangkat elektronika yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisikan ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Controller charger mengatur over charging (pengisian berlebih karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya/solar cell. Overvoltage dan over charging dapat mengurangi umur baterai. Controller charger menerapkan teknologi pulse width modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pelepasan arus dari baterai ke beban [4]. Beberapa fungsi detail dari controller charger adalah mengatur arus untuk pengisian baterai dan menghindari over charging serta over voltage, mengatur arus yang dilepaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak full discharge dan overloading, dan memantau suhu baterai. Ketika baterai terisi penuh, arus pengisian dari sel surya berhenti secara otomatis. Cara pendeteksiannya adalah melalui monitor level tegangan baterai. Pengontrol pengisi daya akan mengisi daya baterai hingga level tegangan tertentu, kemudian ketika level tegangan turun, baterai akan diisi ulang [5].

Salah satu solar charge controller (SCC) paling banyak digunakan untuk menyimpan energi dari panel surya ke baterai adalah SCC pulse wide modulation (PWM). Energi surya masukan harus melewati rangkaian sakelar untuk disimpan dalam baterai cadangan. Rangkaian sakelar ini dikontrol oleh osilator yang lebar pulsanya bervariasi dengan jumlah energi yang disimpan dalam baterai. Keluaran osilator PWM kemudian dihubungkan ke rangkaian sakelar untuk mengontrol pengisian daya baterai. Jika energi yang tersimpan didalam baterai masih sedikit, maka lebar pulsa tinggi menjadi besar dan

lebar pulsa rendah akan menjadi kecil. Ketika baterai sudah terisi setengahnya, lebar pulsa tinggi akan berkurang dan lebar pulsa rendah akan meningkat. Saat baterai hampir penuh lebar pulsa tinggi menjadi kecil dan lebar pulsa rendah akan menjadi besar [6].

Selain SCC PWM, terdapat SCC tipe MPPT. MPPT adalah singkatan dari maximum power point tracking [7]. Output panel surya diambil pada daya maksimumnya, baik dengan meningkatkan voltase dan menurunkan arus atau dengan meningkatkan arus dan menurunkan voltase [8]. Biasanya, voltase output panel surya bervariasi dari 0 hingga 18V. Voltase output panel surya apa pun di luar kisaran tegangan baterai akan terbuang sia-sia. Teknologi MPPT akan mengubah voltase output surya ke kisaran yang diperlukan untuk mengisi daya baterai [9]. Dengan demikian, voltase apa pun akan diubah kembali menjadi tegangan pengisian baterai dengan menyesuaikan arus sehingga baterai dapat diisi daya di semua kondisi di mana voltase panel surya bervariasi tergantung pada sinar matahari. Pada dasarnya MPPT memeriksa output dari panel PV, membandingkannya dengan tegangan baterai, lalu menentukan daya terbaik yang dapat dihasilkan modul PV untuk mengisi daya baterai guna mendapatkan arus maksimum ke dalam baterai [10].

Penggunaan panel PV (panel surya) portabel dan power station portabel saat ini semakin umum digunakan berbagai kalangan, baik untuk cadangan sumber daya listrik maupun untuk kegiatan diluar ruangan. Beberapa produk dari power station ada yang tidak dilengkapi pengaturan untuk pengisian daya dari solar panel portabel sehingga memerlukan tambahan peralatan berupa solar charge controller (SCC) untuk mencegah over charge pada baterai isi ulang didalam power station tersebut, pencegahan over charge dilakukan dengan cara mengukur tegangan baterai tersebut dalam rangka mengetahui tegangan baterai apakah sudah mencapai batas tegangan tertentu kemudian melakukan penghentian pengisian daya dari panel PV ke baterai isi ulang jika terindikasi tegangan tegangan sudah mencapai batas pengisian daya.

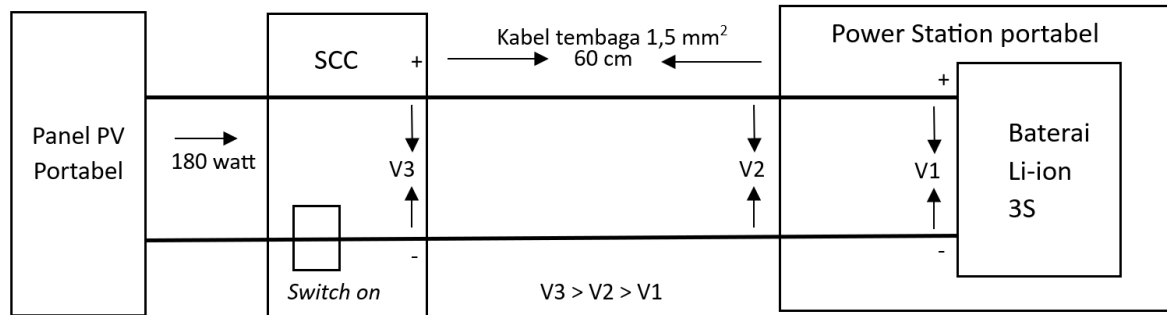
Solar Charge Controller (SCC) tipe pulse wide modulation (PWM) yang beredar dipasaran pada umumnya di harus di instalasi dengan menghubungkan SCC dengan baterai isi ulang menggunakan kabel daya sependek mungkin. Penggunaan kabel daya sependek mungkin di maksudkan untuk mengurangi permasalahan yang muncul saat pendeteksian tegangan baterai di SCC bersamaan dengan pengisian daya baterai. Masalah ini berupa tegangan baterai yang terukur di SCC dan tegangan yang terukur di kutub baterai memiliki selisih nilai. Selisih tegangan tersebut dapat membuat kesalahan pendeteksian tegangan baterai didalam SCC sehingga pengisian daya baterai tidak sepenuhnya optimal terutama saat kondisi baterai hampir penuh. Tegangan baterai yang terukur SCC selalu lebih tinggi dibandingkan di kutub baterai, selisih nilai tegangan ini semakin besar saat suplai daya dari panel PV meningkat.

Penggunaan SCC pada power station portabel tidak bisa menghindari adanya tambahan panjang kabel daya dan konektor dari SCC ke power station, oleh karena itu diperlukan solusi untuk permasalahan pada pendeteksian tegangan baterai yang kurang tepat di SCC tersebut.

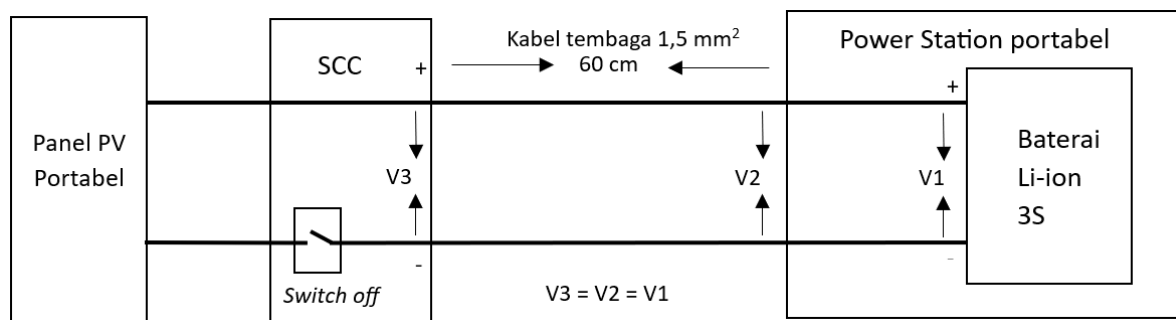
Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan berupa eksperimen. Berdasarkan permasalahan yang sudah diamati seperti yang ditunjukkan gambar 1 dan 2. Gambar 1 menunjukkan antara SCC dan power station terhubung dengan kabel tembaga luas penampang $1,5 \text{ mm}^2$ dengan panjang 60 cm saat pengisian daya. Saat terjadi pengisian daya terdapat perbedaan tegangan yang terukur di SCC dan power station. Gambar 2 menunjukkan pengisian daya dihentikan dengan memosisikan control switch pada posisi off, tegangan di SCC maupun di power station sama dengan tegangan yang ada di baterai. Tegangan 12,6V dibaterai merupakan level tegangan yang mengindikasikan baterai telah terisi daya secara penuh. SCC perlu melakukan pemutusan suplai daya dari panel PV secara singkat dan periodik untuk mengetahui tegangan yang sebenarnya dari baterai dipower station yang kemudian dijadikan acuan

apakah baterai telah terisi penuh atau belum dan kembali melakukan pengisian daya beberapa saat dengan mengabaikan pengukuran tegangan ketika tegangan baterai sebelumnya terdeteksi dibawah 12,6V. Oleh karena itu didalam penelitian ini diajukan SCC Full Power Point Tracking (FPPT) atau Pelacakan Titik Daya Penuh untuk mengatasi permasalahan diatas.

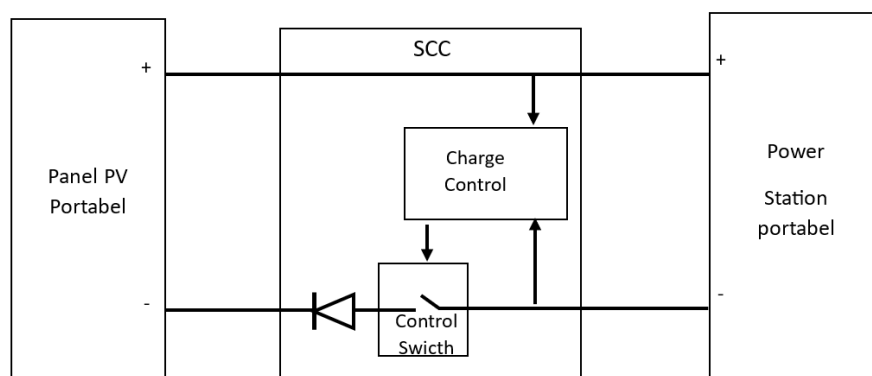


Gambar 1. Kondisi tegangan saat SCC switch on $V3 > V2 > V1$

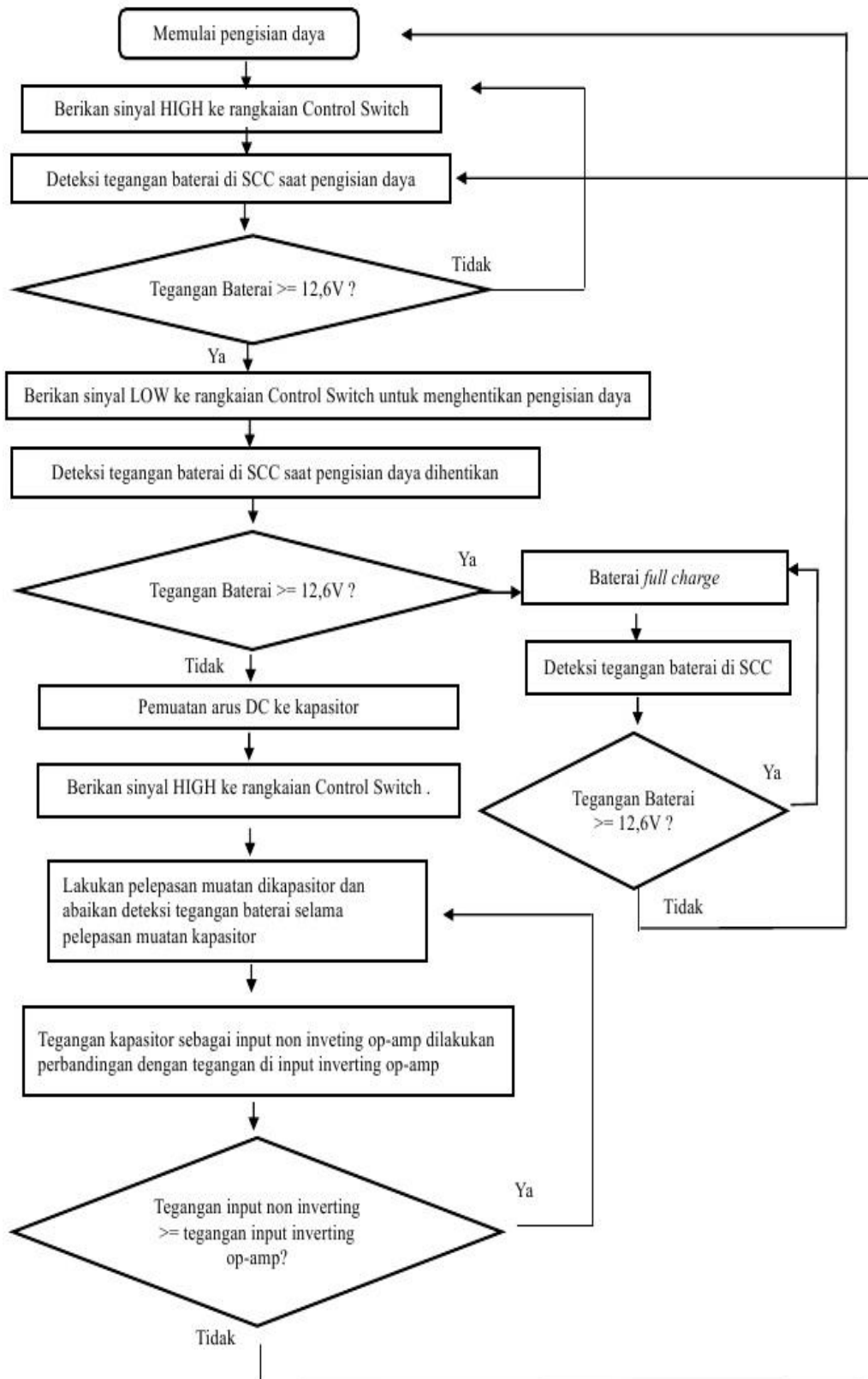


Gambar 2. Kondisi tegangan yang terukur saat SCC switch off $V1 = V2 = V3$

Untuk memudahkan memahami SCC yang akan dibangun pada penelitian ini dapat dilihat diagram blok rangkaian gambar 3. Desain dari rangkaian SCC FPPT yang akan di bangun di eksperimen penelitian ini terdiri dari charge control, control switch, dan blocking diode. Fungsi dari charge control adalah melakukan pendeteksian tegangan dan memberikan keputusan berupa sinyal HIGH atau LOW. Fungsi dari control switch adalah melakukan pensaklaran dengan cepat (fast switching). Control switch akan menerima sinyal dari control charge. Control switch akan melakukan pensaklaran tertutup jika mendapat masukan sinyal HIGH dan melakukan pensaklaran terbuka jika mendapat masukan sinyal LOW. Untuk memudahkan memahami keseluruhan cara kerja SCC ini dapat dilihat diagram alir pada gambar 4.



Gambar 3. Diagram blok SCC FPPT yang diajukan

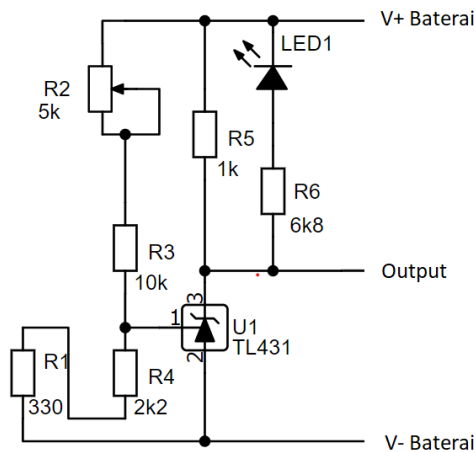


Gambar 4. Diagram alir cara kerja SCC FPPT yang diajukan

Hasil dan Pembahasan

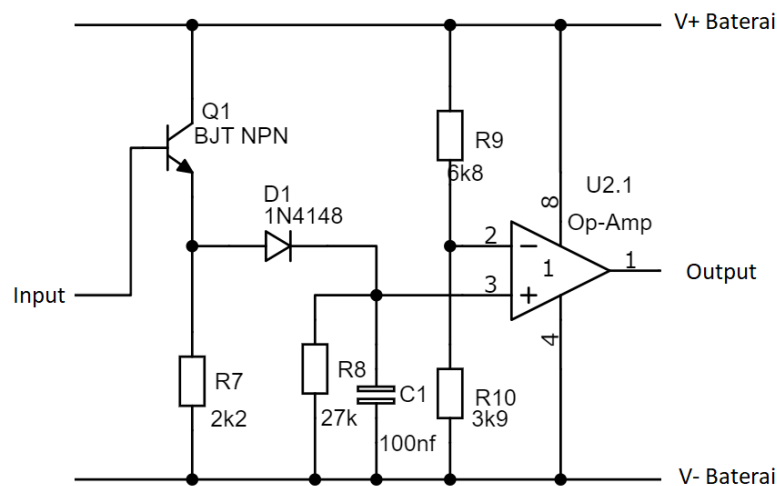
Untuk merealisasikan SCC yang diajukan akan dilanjutkan dengan rancangan rangkaian

elektronikanya, rangkaian elektronika dari SCC ini terdiri dari tiga bagian berupa, charge control, control switch dan blocking diode. Charge control memiliki fungsi melakukan pendeteksian tegangan, fungsi penundaan, dan keputusan berupa sinyal keluaran HIGH atau LOW. Untuk melakukan pendeteksian tegangan dapat dilakukan dengan rangkaian pembagi tegangan dan adjustable shunt regulator TL431 seperti yang terlihat pada gambar 5. Prinsip kerja dari TL431 yaitu memblokir arus DC dari pin 3 dan 2 selama tegangan di pin 1 ada dibawah 2,5V, dan arus akan diteruskan dari pin 3 dan 2 jika tegangan dipin 1 mencapai 2,5V atau lebih. Dengan merangkainya pada resistor pembagi tegangan di pin 1, rangkaian ini dapat mendeteksi tegangan baterai jika baterai mencapai tegangan tertentu dengan memberikan sinyal LOW pada output.



Gambar 5. Rangkaian untuk pendeteksian tegangan baterai.

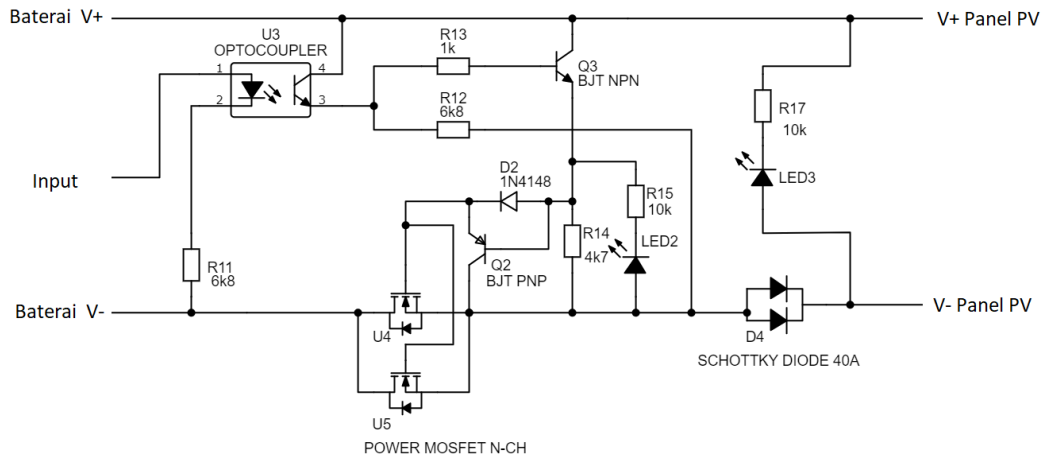
Rangkaian selanjutnya di dalam charge control adalah rangkaian untuk memberikan output HIGH jika input HIGH secara instan dan melakukan penundaan saat output akan beralih ke LOW dengan durasi waktu tertentu jika inputnya LOW, rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 6. Rangkaian tersebut memanfaatkan pelepasan muatan di kapasitor C1 untuk membuat penundaan output beralih ke LOW jika input LOW, sedangkan pemuatan kapasitor terjadi ketika inputnya HIGH.



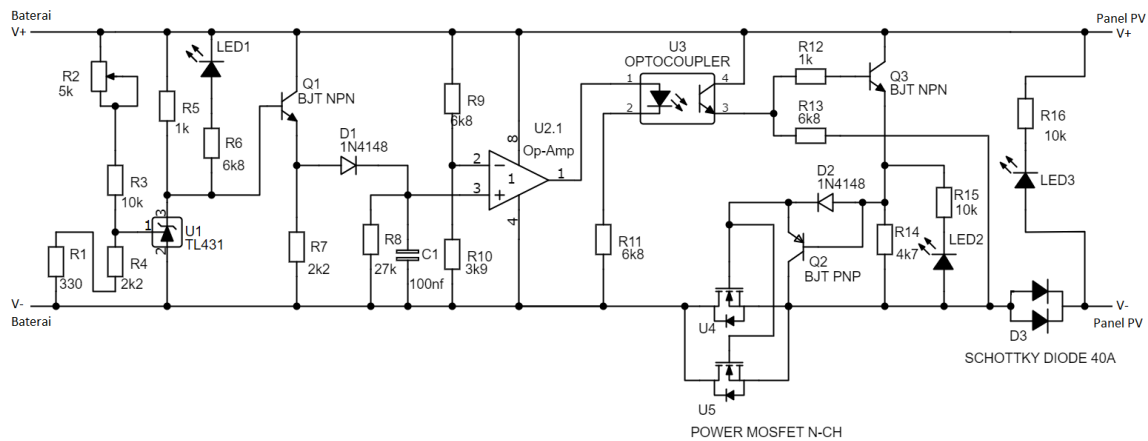
Gambar 6. Rangkaian penunda sinyal LOW menggunakan pelepasan muatan dikapasitor dan op-amp komparator.

Bagian selanjutnya dari SCC ini adalah rangkaian control switch dan blocking diode seperti yang terlihat pada gambar 7. Sinyal input akan diteruskan ke rangkaian switching secara terisolasi menggunakan optocoupler, arus sinyal akan diperkuat oleh transistor NPN Q3 dan diteruskan ke gate

mosfet daya. Terdapat transistor PNP Q2 yang berfungsi agar impedansi rendah dapat tercapai ketika peralihan dari sinyal HIGH ke LOW, dengan kata lain efek dari sifat kapasitif antara gate dan source pada mosfet dapat dikurangi sehingga fast switching dapat tercapai. Blocking diode di rangkaian ini menggunakan dioda schottky 40 ampere, dioda ini berfungsi untuk memblokir arus DC dari baterai ke panel PV. Rangkaian lengkap dari SCC FPPT yang diajukan dapat dilihat pada gambar 8. Gambar 9 merupakan hasil pembuatan fisik SCC dengan penambahan rangkaian FAN pendingin.



Gambar 7. Control switch dan blocking diode

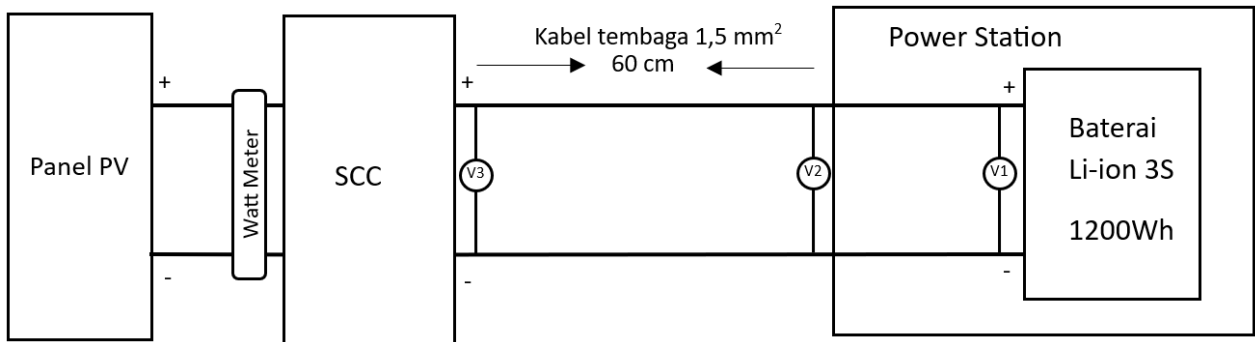


Gambar 8. Rangkaian lengkap dari SCC FPPT yang diajukan



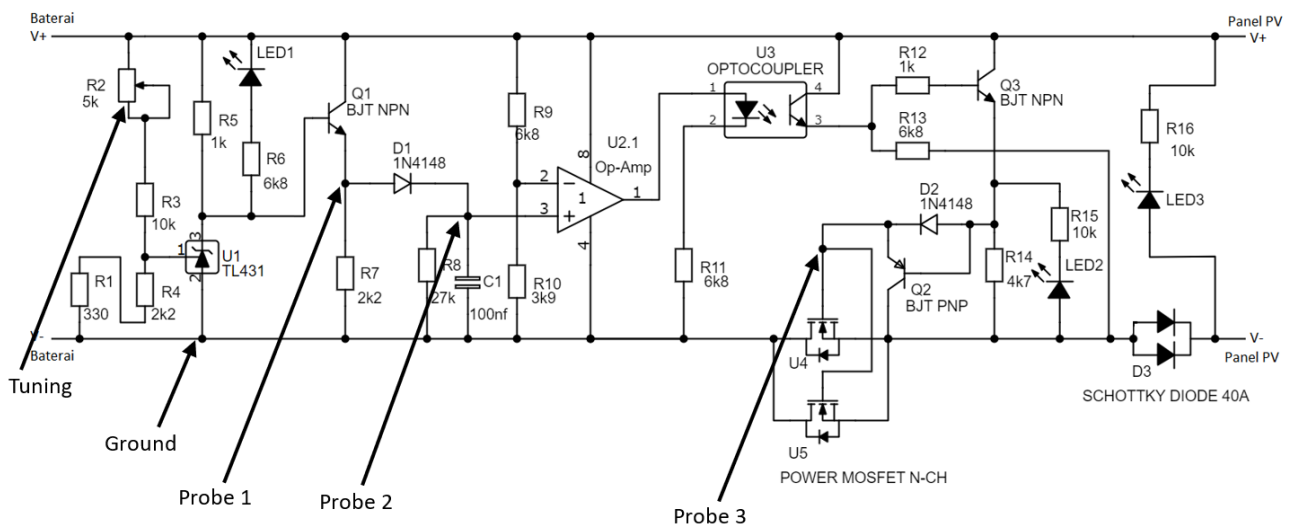
Gambar 9. Hasil pembuatan SCC dengan penambahan rangkaian FAN pendingin.

Skenario pengujian yang dilakukan dipenelitian ini seperti yang ditunjukkan pada diagram blok gambar 10. Menggunakan kabel sepanjang 60 cm dengan luas penampang 1,5 mm² dari SCC ke power station. Baterai yang digunakan jenis li-ion seri 3 sel dengan kapasitas 1200Wh. Besarnya tegangan baterai yang menunjukkan baterai telah terisi penuh berada pada level tegangan 12,6V. Pengukuran tegangan baterai akan dilakukan di tiga tempat seperti yang ditunjukkan pada gambar 10, berupa V1, V2 dan V3. Daya yang dihasilkan panel PV untuk pengisian daya baterai juga akan diukur dengan watt meter.



Gambar 10. Diagram blok skenario pengujian

Untuk mengetahui sinyal yang terbentuk saat pengisian daya, ditempatkan tiga probe osiloskop pada rangkaian SCC, penempatan probe seperti yang ditunjukkan pada gambar 11. Probe 1 digunakan untuk mengetahui sinyal yang terbentuk oleh TL431 selama pendeteksian tegangan baterai. Probe 2 digunakan untuk mengetahui sinyal tegangan yang dihasilkan dari pemuatan dan pelepasan muatan dikapasitor yang terhubung ke input non inverting op-amp. Probe 3 digunakan untuk mengetahui sinyal yang mengendalikan mosfet untuk melakukan switch on maupun switch off. Sebelum SCC ini dioperasikan, variable resistor R2 terlebih dahulu dituning atau diatur agar TL431 akan memberikan sinyal LOW ketika tegangan baterai terdeteksi 12,6V atau di atasnya, yaitu tegangan yang menunjukkan baterai telah terisi daya.



Gambar 11. Penempatan probe osiloskop dan tuning variabel resistor

Pengujian terdiri dari dua bagian. Bagian pertama adalah ketika tegangan baterai terdeteksi dibawah 12,6V dan bagian kedua ketika tegangan baterai terdeteksi sama dengan atau lebih dari 12,6V. Hasil pengujian pada bagian pertama tidak perlu mendapat perhatian yang berarti, hal ini dikarenakan sinyal yang dihasilkan di TL431 selalu HIGH dan sinyal yang mengendalikan mosfet daya pun

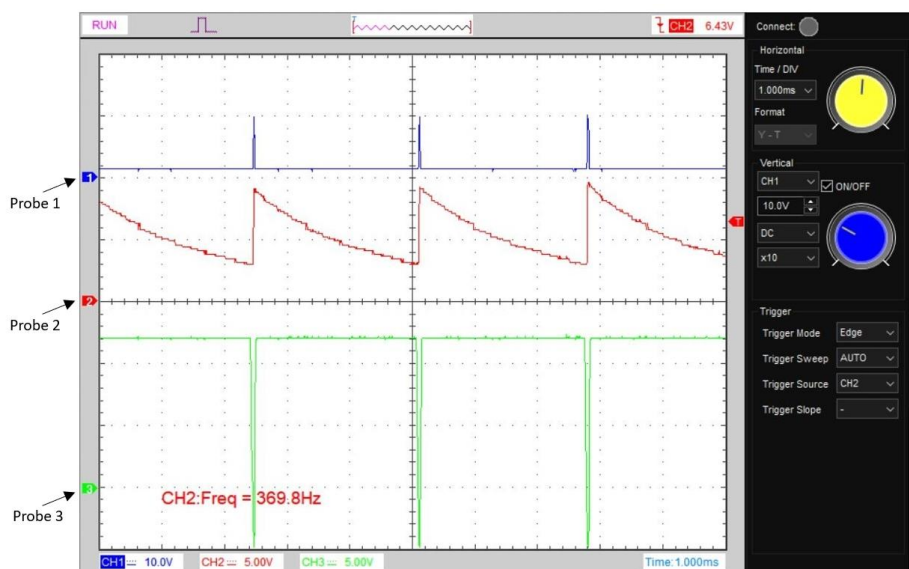
selalu HIGH, sehingga mosfet selalu dalam keadaan switch on.

Hasil pengujian pada bagian kedua diperoleh hasil pengukuran dari watt meter dan volt meter seperti yang ditunjukkan pada tabel 1, terdapat dua jenis data yang diambil yaitu tuning di 12,6V dan 13V disaat terdeteksi tegangan baterai di SCC 12,6V. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan daya karena adanya sinyal LOW dengan daya yang hanya terdapat sinyal HIGH saja. Hasil pemantauan sinyal di osiloskop saat tuning TL431 di 12,6V dan tegangan terdeteksi di SCC 12,6V dapat dilihat pada gambar 12.

Tabel 1. Hasil Pengukuran saat tegangan baterai terdeteksi 12,6 didalam SCC

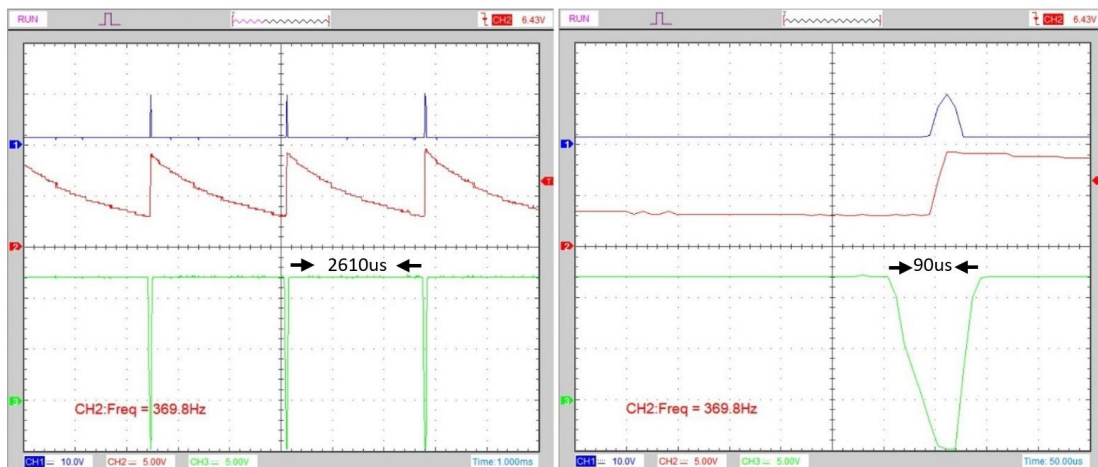
Tuning TL431	V1	V2	V3	Watt Meter	Keterangan
12,6V	11,92V	12,1V	12,6V	177 watt	Terbentuk sinyal LOW dan HIGH
13V	11,92V	12,1V	12,6V	180 watt	Hanya Terbentuk sinyal HIGH

Data osiloskop pada gambar 12 hanya berkaitan dengan data tabel 1 saat TL431 dituning 12,6V dan tidak ada kaitannya dengan data tabel 1 saat TL431 dituning 13V. Mengambil data tabel 1 dan gambar 12 dapat dijelaskan sebagai berikut. Tegangan baterai terdeteksi 12,6V di SCC sehingga output dari TL431 akan memberikan sinyal LOW seperti yang ditunjukkan pada osiloskop probe 1, sinyal LOW ini menyebabkan kapasitor mengalami pelepasan muatan yang ditandai tegangan di input non inverting op-amp mengalami penurunan. Penurunan tegangan ini dapat dilihat pada osiloskop probe 2. Selama penurunan tegangan ini, output op-amp akan tetap HIGH, mosfet tetap pada kondisi switch on seperti yang ditunjukkan probe 3, dan tegangan baterai di SCC tetap terdeteksi 12,6V. Setelah tegangan input non inverting op-amp berada dibawah tegangan input inverting op-amp, sinyal output op-amp akan berubah menjadi LOW dan kondisi mosfet switch off. Kondisi mosfet switch off menyebabkan terputusnya suplai daya dari panel PV sehingga tegangan $V3 = V1 = 11,92V$, dengan kata lain tegangan baterai yang terdeteksi di SCC merupakan tegangan baterai yang sesungguhnya, tegangan ini menyebabkan TL431 kembali memberikan sinyal HIGH secara singkat disertai pemuatan kapasitor kemudian dilanjutkan dengan pelepasan muatan di kapasitor. Jika tegangan $V3$ dibawah 12,6V saat mosfet switch off, menandakan baterai belum terisi penuh dan pengisian daya akan terus dilakukan. Jika tegangan $V3$ sama dengan atau lebih dari 12,6V saat mosfet switch off, menandakan baterai telah terisi penuh sehingga TL431 akan terus memberikan sinyal LOW. Untuk lebih jelas dapat di pahami lagi melalui diagram alir pada gambar 4.



Gambar 12. Data osiloskop saat tegangan terdeteksi 12,6V dan tuning di 12,6V

Sinyal di probe 3 seperti yang ditunjukkan pada gambar 13 menunjukkan SCC membutuhkan durasi waktu 90 us untuk mendeteksi tegangan baterai yang sesungguhnya dengan membuat mosfet switch off. SCC akan mengabaikan pendeteksian tegangan baterai selama durasi waktu 2610 us dan mosfet pada kondisi switch on selama durasi tersebut. Mengacu pada tabel 1, perbandingan tuning TL431 di 12,6V dan 13V untuk menunjukkan perbedaan adanya durasi mosfet switch off dan tidak adanya durasi mosfet switch off. Dari data tersebut diperlihatkan perbedaan daya yang tersalurkan adalah 177 watt dan 180 watt, dengan kata lain adanya durasi mosfet switch off 90 us untuk mendeteksi tegangan baterai yang sesungguhnya hanya menyebabkan daya turun 3 watt dari 180watt. Data tersebut menunjukkan efisiensi daya mencapai 98,3% dalam rangka SCC mendeteksi baterai apakah sudah penuh terisi penuh atau belum, dan pendeteksian tersebut hanya terjadi ketika baterai sudah berada pada kondisi hampir penuh.



Gambar 13. Durasi pendeteksian tegangan baterai sesungguhnya (true voltage) dan durasi pengabaian pendeteksian tegangan baterai.

Kesimpulan

SCC FPPT yang diajukan disini dapat memberikan daya penuh pada saat tegangan 12,6V di SCC belum terdeteksi dan memberikan daya 98,3% saat terjadi switching karena baterai sudah hampir penuh dengan menggunakan kabel sepanjang 60 cm dengan luas penampang 1,5mm² dari SCC ke baterai. SCC FPPT ini dapat mendeteksi langsung jika kapasitas baterai turun dari 100% dengan tetap memberikan daya yang besar dari panel PV sehingga cocok untuk SCC yang diterapkan untuk pengisian daya sekaligus daya dibaterai sedang digunakan.

Daftar Pustaka

- [1] Islam, Mohammad Shariful, Hasmainsi Mohamad, and S. Z. Mohammad Noor. 2022. Development of a new controller for solar home system: PWM charge controller & DC to DC converter (12V to 120V)." *Journal of Electrical and Electronic Systems Research (JEESR)* 20: 41-50.
- [2] Ahmed, Toqeer, et al. 2021. Design and Implementation of PV Fed Local UPS Inverter. *Pakistan Journal of Engineering and Technology* 4.4: 1-8.
- [3] Putra, Akbar Satria, Hasti Afianti, and Richa Watiasih. 2022. Comparative Analysis of Solar Charge Controller Performance Between MPPT and PWM on Solar Panels. *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*
- [4] Osaretin, C. A., and F. O. Edeko. 2015. Design and implementation of a solar charge controller with variable output. *Electrical and electronic engineering* 12.2: 40-50.
- [5] Faizal, Elka, et al. 2022. Solar Charger Controller Efficiency Analysis of Type Pulse Width Modulation (PWM) and Maximum Power Point Tracking (MPPT). *Asian Journal Science and Engineering* 1.2: 90-102
- [6] Acharya, P. Sridhar, and P. S. Aithal. 2020. A Comparative Study of MPPT and PWM Solar Charge Controllers and their Integrated System. *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1712. No. 1. IOP Publishing.

- [7] Abuzairi, Tomy, Wing Wira Adimas Ramadhan, and Kresna Devara. 2019. Solar charge controller with maximum power point tracking for low-power solar applications. *International Journal of Photoenergy*.1 (2019): 5026464.
- [8] Salman, Salman, Xin Ai, and Zhouyang Wu. 2018. Design of a P-&-O algorithm based MPPT charge controller for a stand-alone 200W PV system. *Protection and control of modern power systems* 3.1 : 1-8.
- [9] Hiwale, Anil S., Mugdha V. Patil, and Hemangi Vinchurkar. 2014. An efficient MPPT solar charge controller. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering* 3.7: 10505-10511.
- [10] Majaw, Tulika, et al. 2018. Solar charge controllers using MPPT and PWM: A review. *ADBU Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE)* 2.1: 1-4.