

Rancang Bangun *Charging Current Monitor* Berbasis Mikrokontroler

Sayid Fadil Nugraha^{1*)}, Muhammad Erpandi Dalimunthe², Dino Eriyanto³

¹²³Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pembangunan Panca Budi Medan
Jl. Gatot Subroto No.km, Simpang Tj., Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara 20122, Indonesia
email: sayidfadilnugraha07@gmail.com, erpandi@dosen.pancabudi.ac.id, derivianto@gmail.com

Abstract — Some problems occur when the solar cell is connected directly to a battery for charging process. They are caused by the output of solar cell depend on intensity of sunlight. When the intensity reach the maximum value, the current of charging will exceed the permitted current. Therefore, it will shortened the lifetime of the battery. Beside that, when the intensity is dropped, the charging process need a long time, moreover it will not performed. This paper investigates the design of charging current monitor that is used as the solution of the problem mentioned above. The system is used for detecting the output current from the solar cells as a charging current monitor following the fluctuation of sunlight intensity. The system use the principal of voltage subtraction and inverting amplifier supported by ATmega 8535 Microcontroller. This paper also investigates about solar cells characterization device which is used to measure the performance of the solar cells.

Abstrak – Beberapa masalah timbul saat sel surya langsung dihubungkan dengan baterai untuk melakukan proses pengisian. Hal ini disebabkan sel surya menghasilkan keluaran yang fluktuatif bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterimanya. Saat mencapai maksimum, arus keluaran sel surya dapat melebihi arus pengisian yang diperbolehkan sehingga dapat memperpendek usia (*lifetime*) baterai. Begitu juga ketika turun, arus pengisian yang dihasilkan akan sangat kecil sehingga pengisian dapat berlangsung sangat lama atau bahkan pengisian tidak dapat berlangsung. Skripsi ini membahas perancangan sebuah rangkaian *charging current monitor* yang dapat digunakan sebagai solusi permasalahan di atas. Fungsinya adalah untuk mendeteksi arus keluaran sel surya agar arus listrik pengisian baterai dapat termonitor seiring berubahnya intensitas cahaya matahari. Alat ini menggunakan prinsip *voltage subtraction* dan *inverting amplifier* yang dilengkapi dengan Mikrokontroler ATmega 8535. Di samping itu, juga akan dibahas mengenai perancangan perangkat karakterisasi sel surya untuk mengetahui kemampuan sel surya yang digunakan.

Kata Kunci – Sel Surya, Arus Pengisian, *Charging Current Monitor*, Mikrokontroler

*) penulis korespondensi: Sayid Fadil Nugraha

Email: sayidfadilnugraha07@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan komponen yang sangat penting yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia di dunia saat ini. Tanpa listrik mungkin kita masih menggunakan api sebagai sumber penerangan dan tidak dapat menikmati berbagai peralatan elektronik yang dapat memudahkan pekerjaan kita. Sehingga listrik dapat dikatakan sebagai salah satu kebutuhan primer masyarakat hingga saat ini. Kebutuhan akan penyediaan energi listrik sangat berhubungan dengan

pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi. Semakin pesatnya pertumbuhan penduduk, maka yang ingin menikmati listrik akan semakin meningkat. Begitu juga dengan semakin meningkatnya perkembangan teknologi maka kebutuhan akan listrik untuk menjalankan peralatan atau mesin tersebut juga akan semakin meningkat.

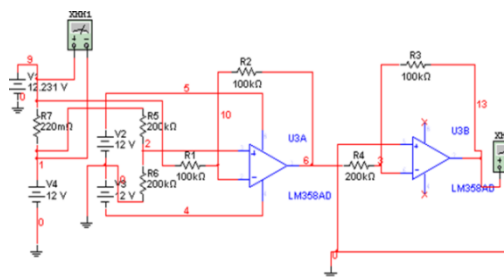
Untuk memenuhi kebutuhan listrik ini, maka yang telah dilakukan adalah dengan membangun pembangkit-pembangkit energi listrik, yang sebagian besar di dalam pembangkit listrik ini sesungguhnya dilakukan proses konversi energi primer (bahan bakar, potensi tenaga air, dan tenaga angin) menjadi energi mekanik penggerak generator yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik oleh generator[4]. Namun, proses konversi ini masih menimbulkan beberapa masalah terutama berkaitan dengan masalah lingkungan yaitu limbah (berupa abu batubara dan asap yang mengandung gas SO₂, CO₂, dan NO_x atau bisa juga berupa limbah minyak pelumas) dan kebisingan.

Oleh sebab itu, dibutuhkan beberapa alternatif sumber energi yang dapat dijadikan sebagai pembangkit energi listrik yang mempunyai sifat ramah terhadap lingkungan, tidak membuat kebisingan. Untuk itulah maka penulis bermaksud untuk merealisasikan suatu alat pemonitor arus untuk pengisian dan perangkat karakterisasi sel surya dengan mengambil judul “Rancang Bangun Charging Current Monitor Berbasis Mikrokontroler.

II. METODE PENELITIAN

A. Simulasi Dan Analisis Perancangan

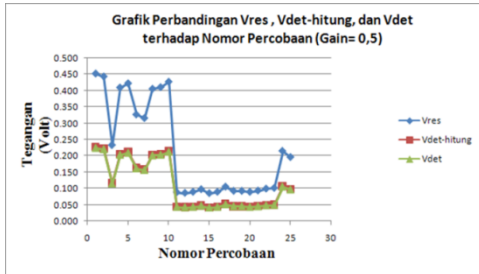
Simulasi perancangan disain rangkaian detektor arus untuk sistem *charging current monitor* berbasis mikrokontroler ATmega 8535 telah penulis simulasikan menggunakan alat bantu berupa software NI Multisim 10. Simulasi dilakukan dengan dua konfigurasi penguatan dengan rangkaian seperti pada Gambar 1 berikut :



Gbr. 1 Rangkaian Charging Current Detector

menunjukkan data hasil simulasi dengan konfigurasi penguatan 0,5 kali tegangan aslinya dan konfigurasi penguatan 9,09 kali. Hasil simulasi akan dibuat dalam bentuk grafik. Grafik tersebut meliputi grafik perbandingan antara tegangan jatuh resistor (V_{res}), tegangan terdeteksi secara perhitungan

(Vdet-hitung), dan tegangan sebenarnya yang terdeteksi (Vdet) terhadap beberapa percobaan, serta grafik perbandingan antara arus yang terukur pada multimeter (I) dan arus yang terdeteksi oleh rangkaian (Idet) terhadap percobaan yang dilakukan. Grafik dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3 untuk penguatan 0,5 dan Gambar 4 serta Gambar 5 untuk penguatan 9,09.



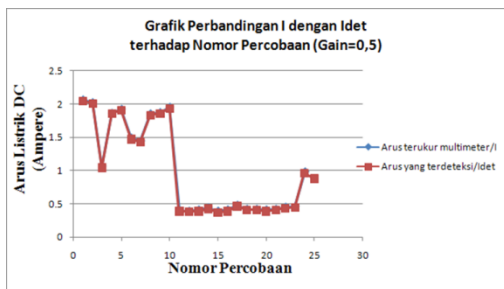
Gbr. 2 Grafik Perbandingan Tegangan Hasil Simulasi (Gain=0,5)

Keterangan :

Vres = Tegangan jatuh resistor terukur

Vdet-hitung = Tegangan keluaran rangkaian detector=0,5 x Vres

Vdet = Tegangan yang terdeteksi

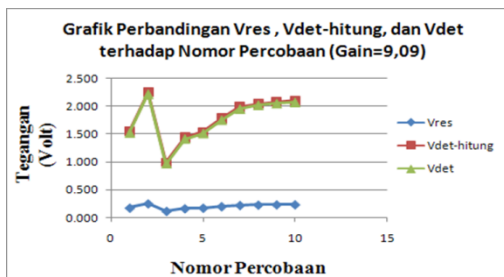


Gbr. 3 Grafik Perbandingan Arus Hasil Simulasi (Gain=0,5)

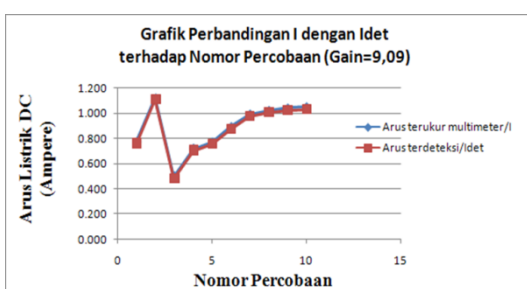
Keterangan:

I = Arus yang terukur pada multimeter

Idet = Arus yang termonitor = (Vdet/0,5)/0,22



Gbr. 4 Grafik Perbandingan Tegangan Hasil Simulasi (Gain=9,09)



Gbr. 5 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi (Gain=9,09)

Pada gambar di atas dilakukan dengan cara mengambil contoh besar tegangan jatuh pada resistor pengisian yang terjadi ketika dihubungkan dengan sel surya yang berkisar antara 0,085 V sampai dengan 0,453 V. Kemudian simulasi dilakukan secara acak sebagai bentuk perubahan fluktuasi intensitas cahaya matahari yang selanjutnya akan terbaca besarnya tegangan jatuh pada resistor pengisian oleh rangkaian detektor arus. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, kita dapat menghitung bahwa besarnya Vdet yang terjadi tidaklah sepenuhnya 0,5 kali dari Vres. Seperti yang tertera pada lembar Lampiran 1, penguatan rata-rata yang terjadi adalah sekitar 0,491 kali dari Vres. Perbedaan ini menunjukkan adanya sedikit *error* pada sistem deteksi arus yang dirancang, di mana *error* rata-rata untuk Vdet sebesar 1,881 % seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk besarnya arus yang termonitor sendiri didapatkan dengan cara membagi besarnya Vdet yang terbaca oleh detektor dengan besarnya nilai hambatan resistor pengisian, di mana pada simulasi ini digunakan resistor sebesar 220 mΩ kemudian dikembalikan pada keadaan awal, yaitu dikalikan dengan dua. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh besarnya arus Idet seperti pada Lampiran 1. Arus tersebut mempunyai perbedaan yang cukup kecil bila dibandingkan dengan hasil yang terukur oleh multimeter, di mana *error* rata-rata untuk arus I adalah sebesar 2,137 % seperti pada Gambar 3. Hal ini terjadi akibat hasil simulasi merupakan suatu bentuk pembulatan sehingga bila dilakukan proses perhitungan untuk mendapatkan Idet akan berdampak *error* seperti ini. Begitu juga dengan simulasi menggunakan konfigurasi penguatan 9,09 kali dari Vres. Berdasarkan lembar data pada Lampiran 1 dapat dilihat bahwa penguatan rata-rata yang terjadi adalah sebesar 8,939, dimana dihasilkan *error* rata-rata untuk Vdet adalah sebesar 1,664 % dan untuk arus *error* rata-ratanya adalah 1,616 %. Hasil dari grafik perbandingan juga dapat kita lihat pada Gambar 4 dan Gambar 5, di mana hasil tersebut menggambarkan bahwa baik tegangan maupun arus yang terdeteksi menunjukkan grafik yang berhimpit antara simulasi dengan teori perhitungannya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian untuk perangkat *charging current monitor* berbasis mikrokontroler ATmega 8535 ini bertujuan untuk melihat kemampuan dari perangkat tersebut sebagai alat pemantau arus pengisian sel surya ke baterai secara otomatis yang dapat terbaca oleh komputer[1][2][5]. Pengujian dengan konfigurasi penguatan 0,5 diperoleh dengan cara menentukan besaran resistor yang digunakan untuk rangkaian detektor ini merupakan penggabungan antara prinsip *voltage subtraction* dengan *inverting amplifier*. Vout keseluruhan dari system menjadi [3]:

$$V_{out} = -\frac{R_f}{R_{in}}(V_b - V_a)$$

Kemudian besarnya nilai Rf dibuat menjadi 100 KΩ dan Rin sebesar 200KΩ, sehingga besarnya nilai Vout menjadi:

$$V_{out} = 0,5(V_a - V_b)$$

Perbedaan yang akan dilihat antara lain besarnya tegangan yang terdeteksi, arus pengisian yang terdeteksi, serta penguatan yang terjadi sebenarnya pada sistem ini. Perbedaan ini akan dibuat ke dalam bentuk %error, yang dapat ditentukan dengan Persamaan dibawah ini[6] :

$$\%error = \frac{Perhitungan - Percobaan}{Perhitungan} \times 100$$

Setelah mendapatkan %error untuk masing-masing data, kita dapat menentukan berapa rata-rata %error untuk tiap pengujian sebagai bahan perbandingan untuk kemampuan dari sistem ini[1]. Nilai rata-rata dapat ditentukan menggunakan Persamaan berikut.

$$X_{rata - rata} = \frac{\sum X}{n}$$

Keterangan:

Xrata-rata = nilai rata-rata suatu data

$\sum X$ = jumlah seluruh data

n = banyak data

Berdasarkan hasil pengujian serta pengolahan data menggunakan Persamaan di atas, kita dapat menentukan berapa besar % error untuk tegangan yang terdeteksi Vdet serta arus yang juga terdeteksi Idet.

Untuk pengujian 1 diperoleh:

%error rata-rata Vdet = 2,039 %

%error rata-rata Idet = 2,072 %

Untuk pengujian 2 diperoleh:

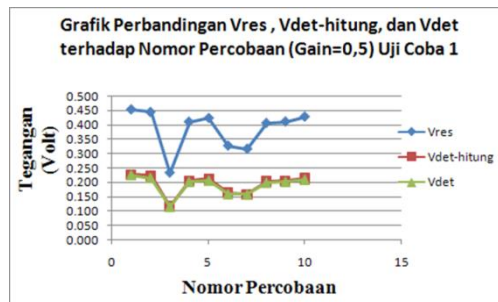
%error rata-rata Vdet = 9,339 %

%error rata-rata Idet = 6,321 %

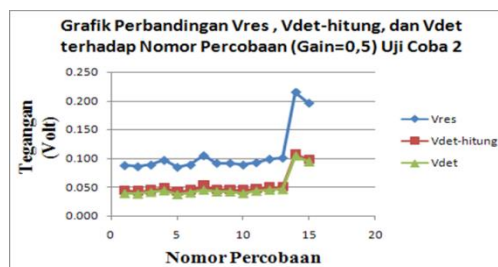
Dari kedua pengujian di atas terlihat bahwa %error yang terjadi pada pengujian 1, baik untuk Vdet maupun Idet, nilainya lebih kecil daripada %error yang terjadi pada pengujian 2. Hal ini terjadi karena pada pengujian 1 rata-rata besarnya tegangan jatuh pada resistor (Vres) jauh lebih besar dari pada besarnya tegangan jatuh pada resistor ketika dilakukan pengujian 2. Tegangan jatuh ini akan mempengaruhi besarnya tegangan yang terdeteksi (Vdet) sehingga pada akhirnya juga akan mempengaruhi besarnya arus yang terdeteksi (Idet) karena Idet ini merupakan hasil konversi dari pembagian antara Vdet dengan resistor untuk kemudian dikalikan dengan penguatan sesuai konfigurasi masing-masing.

Hasil dari pengujian juga menunjukkan bahwa penguatan rata-rata yang terjadi pada pengujian 1 adalah sebesar 0,490, sedangkan untuk pengujian 2 besarnya penguatan rata-rata adalah 0,453. Kedua data tersebut mendeskripsikan bahwa penguatan yang terjadi tidaklah benar-benar 0,5. Namun, data hasil pengujian 1 memperlihatkan bahwa besarnya penguatan lebih mendekati kepada 0,5 dibandingkan dengan pengujian 2. Gambar 5 dan Gambar 6 menunjukkan grafik perbandingan hasil pengujian 1 dan 2 konfigurasi ini, sedangkan Gambar 7 dan 8 menunjukkan grafik perbandingan untuk besarnya arus

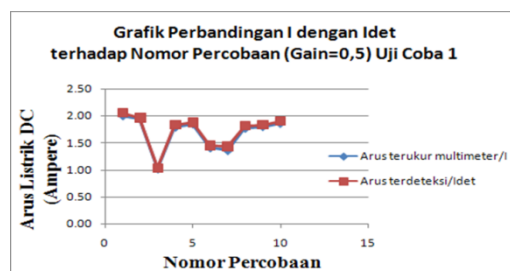
pada pengujian 1 dan pengujian 2. Gambar 5, 6, 7, dan 8, dapat dilihat sebagai berikut :



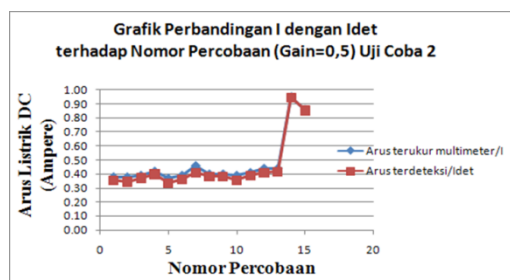
Gbr. 5 Grafik Perbandingan Vres,Vdet-hitung, dan Vdet uji coba 1



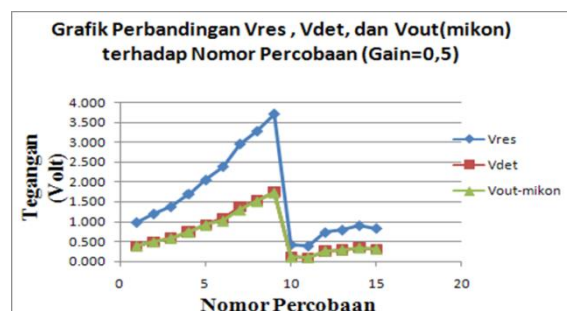
Gbr. 6 Grafik Perbandingan Vres,Vdet-hitung, dan Vdet uji coba 2



Gbr. 7 Grafik Perbandingan Arus terukur vs Arus terdeteksi uji coba 1

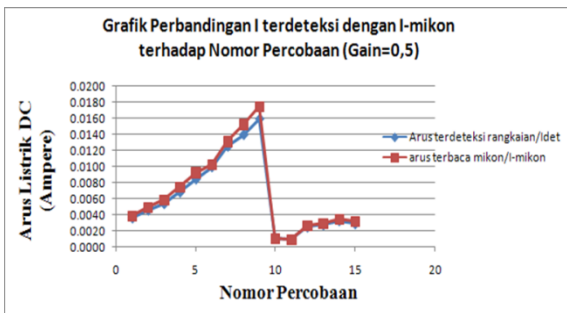


Gbr. 8 Grafik Perbandingan Arus terukur vs Arus terdeteksi uji coba 2



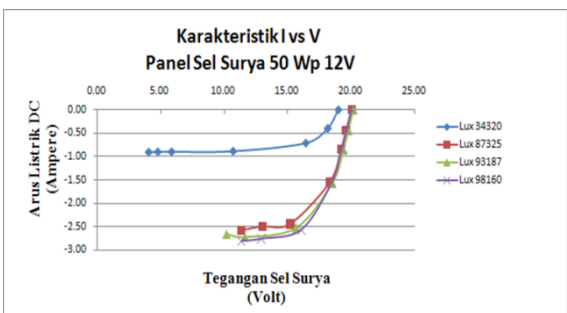
Gbr. 9 Grafik Perbandingan Tegangan Pengujian Mikrokontroler

Berdasarkan Gambar 9, besarnya penguatan konfigurasi rangkaian terlihat hampir setengahnya (0,5) dari tegangan jatuh (V_{res}) yang dihasilkan. Ketika informasi tegangan ini dikirimkan oleh mikrokontroler ke komputer, kita dapat melihat bahwa besarnya tegangan yang terbaca ($V_{out-mikon}$) sedikit turun atau kurang dari tegangan yang terdeteksi oleh rangkaian, dengan kata lain kurang akurat. Hal ini dapat terjadi karena mikrokontroler ATmega 8535 hanya mempunyai resolusi 10 bit, sehingga tingkat keakurasiannya agak sedikit kurang.



Gbr. 10 Grafik Perbandingan Arus Pengujian Mikrokontroler

Gambar 10 merupakan grafik yang ditunjukkan ketika tegangan yang terdeteksi dibaca oleh komputer untuk kemudian dikonversikan ke dalam bentuk arus listrik. Berdasarkan grafik tersebut, besarnya arus yang terdeteksi dengan arus yang terbaca oleh mikrokontroler sedikit mengalami pergeseran (tidak sama). Hal ini terjadi dikarenakan yang pertama adalah resolusi ADC yang digunakan kurang tinggi (hanya 10 bit) sehingga keakurasiannya menjadi kurang baik dan yang kedua adalah rangkaian detector arus tidak mengalami penguatan yang semestinya (0,5) sehingga arus yang terkonversi dari besarnya penguatan juga menjadi kurang akurat. Hasil pengujian menunjukkan %error rata-rata V_{det} sebesar 4,2869 % dan 7,0474 % untuk %error rata-rata arus yang terdeteksi (I_{det}).



Gbr. 11 Grafik Pengujian Karakteristik I-V Sel Surya

Berdasarkan Gambar 11, kita dapat melihat bahwa perbedaan intensitas cahaya matahari (flux) akan mempengaruhi hubungan arus dan tegangan sel surya. Pada kondisi besar resistor sama, ketika intensitas cahaya matahari turun maka besarnya arus yang mengalir pada rangkaian juga akan menurun. Perbedaan lux yang besar akan mengakibatkan arus yang dihasilkan juga mempunyai perbedaan cukup besar. Untuk nilai tegangan *open-circuit* (V_{oc}) sendiri, kita dapat melihat bahwa perbedaan flux berpengaruh sangat kecil dengan perubahan V_{oc} itu sendiri. Tegangan V_{oc} yang terukur saat itu berkisar antara 18,82 V sampai dengan 20,44 V. Namun, ketika sel surya dalam keadaan terhubung dengan sistem, nilai tegangan sel surya yang terukur hampir sama dengan nilai tegangan jatuh pada resistor [10]. Pada intensitas yang sama, semakin kecil nilai resistansi sistem akan membuat tegangan terukur juga semakin kecil walaupun arus meningkat. Hal ini terjadi akibat peningkatan arus keluaran sel surya sangat kecil di mana arus sangat berpengaruh dengan intensitas cahaya matahari [7][8][9].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan simulasi yang telah dilakukan, maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Besarnya tegangan yang terdeteksi dan arus yang terdeteksi dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya matahari serta arus yang melewati resistor pengisian.
2. Untuk detektor konfigurasi penguatan 0,5; semakin tinggi intensitas cahaya matahari tingkat keakurasiannya pendeteksian arus dari alat ini akan semakin tinggi, di mana %error untuk arus = 2,072 %.
3. Untuk detektor konfigurasi penguatan 9,09 ini cukup baik bila digunakan saat kondisi lingkungan berada pada keadaan intensitas cahaya matahari kecil karena besarnya arus yang terdeteksi akan semakin akurat, dengan %error arus rata-rata pada percobaan = 0,753 %.
4. Faktor yang mempengaruhi tingkat keakurasiannya pendeteksian arus secara digital pada perancangan ini adalah karena resolusi ADC pada mikrokontroler yang kurang tinggi dan akibat penguatan yang terjadi pada rangkaian itu sendiri.
5. Perangkat karakterisasi sel surya dapat bekerja sesuai teorinya, di mana perbedaan intensitas cahaya matahari (flux) akan mempengaruhi hubungan arus dan tegangan sel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bastian Casando S. Rancang Bangun Perangkat Keras Panel Pengendali Terpusat Peralatan Ruang Kuliah Bebas Mikrokontroler ATmega 8535. Skripsi Program Sarjana Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. 2006/2007.
- [2] Darmoyo. Penstabil Fluktuasi Tegangan Charger Handphone Tenaga Surya. Skripsi Program Sarjana Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. 2007.

- [3] Natalita Maulani N. Optimalisasi Disain Dan Analisis Terhadap Al_{0.85}Ga_{0.15}As/GaAs Heteroface Homojunction Thin-Film Solar Sel. Skripsi Program Sarjana Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. 2004.
- [4] Wibowo, P., Satria, B., Dalimunthe, M. E., & Muflih, A. (2024). Pengembangan Charging System Untuk Kendaraan Listrik . *Sinergi Multidisiplin Sosial Humaniora Dan Sains Teknologi*, 1(1), 101–109
- [5] Rianti Mawarni S. Rancang Bangun Prototipe Sistem Pengendali Pengisian Muatan Baterai Dengan Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Base Transceiver Station (BTS) GSM. Skripsi Program Sarjana Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok. 2010.
- [6] M. Al-Qutayri, W. Tenten, and P. Shepherd, "A Prototype Supply Current Monitor for Testing Analogue Circuits", IEEE, pp.38-41, 1997.
- [7] P Siagian, H Hamdani, ME Dalimunthe "Pengaruh Tabir Filter Film Terhadap Tegangan Output Solar Sel Jenis Polycrystalline", SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi dan Industri
- [8] M. A. Alfian Bishri, M. E. Dalimunthe, and D. Lesmana, "Analysis of Reactive Power Flow in an Electric Power System", Fidelity, vol. 6, no. 3, pp. 198-203, Sep. 2024
- [9] P Siagian, ME Dalimunthe, "Mitigasi Panas Solar Cell Dengan Tabir Surya", Penerbit Tahta Media, 2023.
- [10] Rizky Julio Efendi, Solly Aryza, & Dino Erivianto. (2024). An Analysis Of Renewable Energy Improvement Using Hybrid Capacitor Solar Cell Method. *Jurnal Scientia*, 13(04), 1514-1528.