

Optimalisasi Generator dan Panel Kontrol Pada Alat Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) Kapasitas 5 Kg

Fajar Shohih Muhlisin¹⁾, Marno Marno²⁾, Ratna Dewi Anjani³⁾

^{1,2,3)} Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang

Email : ¹⁾1710631150079@ft.unsika.ac.id ²⁾marno@ft.unsika.ac.id

³⁾ratna.dewi@ft.unsika.ac.id

Abstrak

Bagian dari Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) adalah panel kontrol. Dalam penelitian penggunaannya sebelumnya yaitu jenis generator dengan daya yang dihasilkan 500 W, dengan hasil voltase 11,9 V dan lamanya pengisian aki oleh generator selama 8 jam dengan metode jumper langsung ke aki. Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui proses perolehan arus dan voltase dari generator hingga baterai & mengetahui kecepatan pengisian aki. Metode penelitian pada alat PLTSa ini adalah mempertimbangkan jenis & berat sampah, tekanan uap, dan tegangan arus daya listrik yang dihasilkan menggunakan beban 2 blower dengan masing-masing daya 40 watt. Hasil dari perhitungan pengisian aki selama 8,8 jam. Berdasarkan hasil pengukuran, dengan massa sampah 5 kg, dan tekanan 6 bar, waktu yang dibakar untuk kayu bakar 25 menit, balok kayu 31 menit dan batok kelapa 35 menit. Pada titik maksimal, arus pada genset saat mencapai putaran 1243 rpm yaitu 9 Ampere dan tegangan yang dihasilkan yaitu 12.9 V, sehingga daya yang diperoleh sebesar 115,2 VA yang dapat memutar dua blower. Kesimpulan penelitian ini yaitu kecepatan pengisian aki pada alat PLTSa dapat meningkat dengan perubahan pada spesifikasi generator dan SCC MPPT, meniadakan *Auto cut* dan *Automatic Transfer Switch* untuk mengefisiensikan beban arus.

Kata Kunci : Optimalisasi; Perancangan; PLTSa; Generator; Panel Kontrol

Abstract

Part of the Waste Power Plant (PLTSa) is the control panel. In the previous research on its use, namely the type of generator with a power output of 500 W, with a voltage output of 11.9 V and the duration of charging the battery by the generator for 8 hours with the direct jumper method to the battery. The purpose of this study is to determine the process of obtaining current and voltage from the generator to the battery & to determine the battery charging speed. The research method for this PLTSa device is to consider the type & weight of the waste, vapor pressure, and the current voltage of the electric power generated using 2 blowers with 40 watts of power each. The results of calculating the battery charge for 8.8 hours. Based on the measurement results, with a mass of 5 kg of waste and a pressure of 6 bar, the burning time for firewood is 25 minutes, wooden blocks are 31 minutes and coconut shells are 35 minutes. At the maximum point, the current in the generator when it reaches 1243 rpm is 9 Ampere and the resulting voltage is 12.9 V, so the power obtained is 115.2 VA which can rotate two blowers. The conclusion of this study is that the charging speed of the battery in PLTSa equipment can be increased by changes to the specifications of the generator and

Diterima 25 Maret 2023; direvisi terakhir 31 Desember 2023; diterbitkan 31 Desember 2023

SCC MPPT, eliminating Auto cut and Automatic Transfer Switch to streamline current loads.

Keyword :Optimalization; Design; Waste Power Plant; Generator; Control Panel

1. Pendahuluan

Energi listrik saat ini merupakan salah satu energi yang paling banyak digunakan pada segala aspek kehidupan. Saat ini perkembangan teknologi sangat cepat sehingga kebutuhan energi semakin meningkat. Akan tetapi, pembangkit listrik di Indonesia masih di dominasi bahan bakar fosil yang merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbarui. Sedangkan ketersediaan bahan bakar fosil semakin menipis. Oleh karena itu, untuk mengurangi ketergantungan dengan bahan bakar fosil maka dikembangkan energi alternatif dengan memanfaatkan sampah sebagai sumber energi [1].

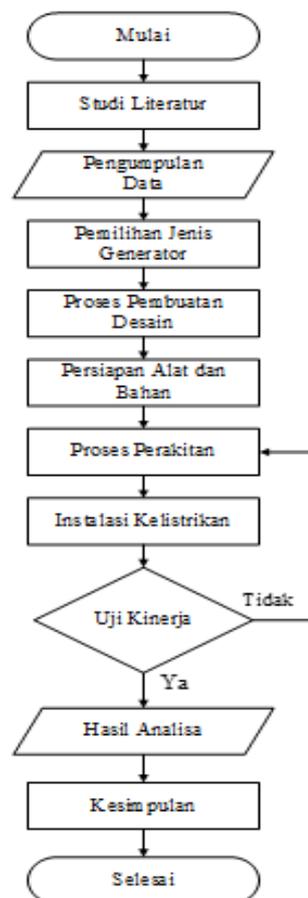
Adapun salah satu cara dalam pemanfaatan teknologi yang dapat mengurangi volume sampah serta dapat meningkatkan energi listrik yaitu salah satunya dengan dibuatnya Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) [2]. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sampah sebagai bahan bakar. Alat ini terdapat beberapa komponen mulai dari air yang dipompakan kedalam *boiler* dan *boiler* dipanaskan menggunakan bahan bakar sampah dengan tungku pembakaran (*incinerator*), kemudian diperoleh uap di turbin yang mampu menggerakkan generator oleh porosnya, setelah itu generator mengalirkan voltase listrik ke aki dan aki dapat diisi secara optimal sehingga dapat diberi beban [3]. Oleh karena itu, PLTSa dapat menjadi solusi dalam menyelesaikan permasalahan kebutuhan energi yang kian meningkat dengan memanfaatkan sampah untuk menghasilkan energi listrik sehingga dapat dialirkan ke rumah-rumah atau ke pabrik.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang telah dilakukan sebagai bagian dari topik penelitian ini. Dalam penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Nasution, dkk [4] meneliti dan merealisasikan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) dengan penggunaan generator yang berbeda. Selain itu, dalam artikel penelitian yang disusun oleh Yusrizal [6] ini membahas tentang Pembangkit Listrik Tenaga Sampah yang penggunaan generator nya mempunyai daya 1000 Watt.

Dengan melihat permasalahan di atas maka pada penelitian ini peneliti akan berfokus melakukan optimalisasi arus serta tegangan listrik dengan menggunakan generator skala kecil kapasitas 1 kW untuk mengetahui serta mendesain alat dan bahan yang akan dibuat sehingga dapat mengetahui voltase dan arus yang diperoleh oleh generator yang berdampak pada pengisian aki. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui bagaimana skema kelistrikan dari generator hingga ke baterai dan beban, cara untuk meningkatkan kecepatan pengisian aki pada alat PLTSA tersebut, serta mengetahui perbandingan hasil keluaran arus dan voltase generator sampai ke baterai sebelum dan sesudah optimasi kelistrikan pada PLTSA ini.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam proses pembuatan rancang proses *tapping* melalui beberapa tahapan sehingga desain alat dapat selesai dengan baik dan tepat waktu, adapun diagram alir kegiatan sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan Kelistrikan

Penelitian ini dilaksanakan di PT. INDEXINDO yang beralamatkan di Jalan Pangulah, Desa Pangulah Utara, Kecamatan Kota Baru, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Adapun, waktu penelitian dilaksanakan pada rentang bulan Maret 2022 hingga Maret 2023. Pada perancangan PLTSa dengan menggunakan generator skala kecil kapasitas 1 kW, peneliti menggunakan alat-alat dan bahan serta prosedur penelitian sebagai berikut:

Tabel 1 Alat & Bahan

No.	Alat	Bahan
1.	<i>Multitester</i>	Generator 1kW
2.	<i>Tachometer</i>	SCC MPPT (<i>Maximum Power Point Tracking</i>)
3.	<i>Stopwatch</i>	Baterai VRLA (<i>Valve Regulated Lead Acid</i>)
4.	<i>Thermometer</i>	<i>Power Inverter</i>
5.	Mesin Las	Indikator Baterai
6.	Gerinda Tangan	<i>Digital KWh Wattmeter</i>
7.		<i>Voltmeter</i>
8.		Kipas DC
9.		<i>Blower 40 Watt</i>

Prosedur Penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan

Di tahap ini penulis mempersiapkan alat dan bahan seperti mesin las, *multitester*, *tachometer*, generator, serta yang lainnya.

b. Pengujian & Pengambilan Data

Di tahap ini penulis melakukan pengujian dan pengambilan data di PT. INDEXINDO dengan cara mengoperasikan PLTSA lama dan memperhatikan dalam pengambilan data:

- Mengukur rotasi per menit pada poros generator menggunakan alat *Tachometer*
- Mengukur arus tegangan yang keluar dari generator

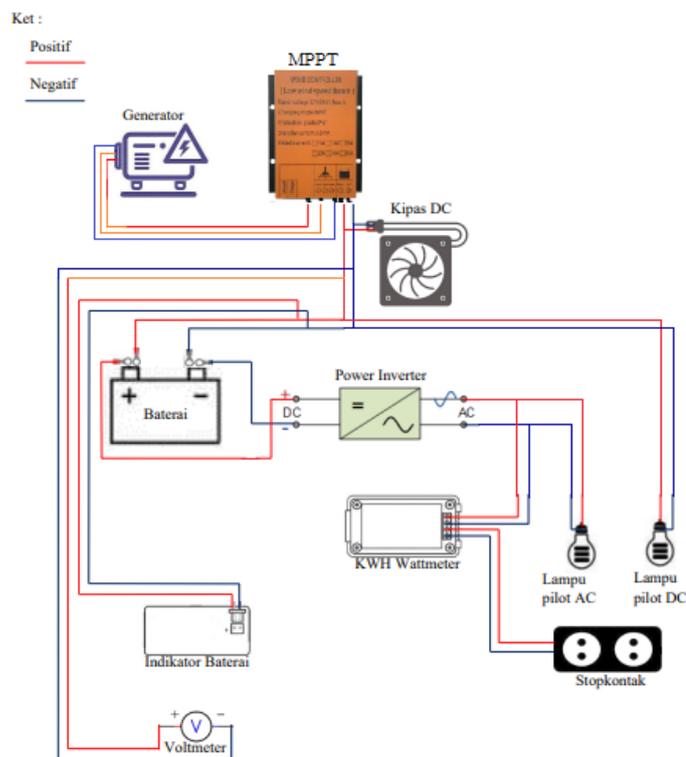
- Kemudian dilanjutkan dan mengecek arus dan tegangan pada baterai berikut pula lama pengisiannya
- Mengukur tegangan dan arus Baterai jika diberi beban.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

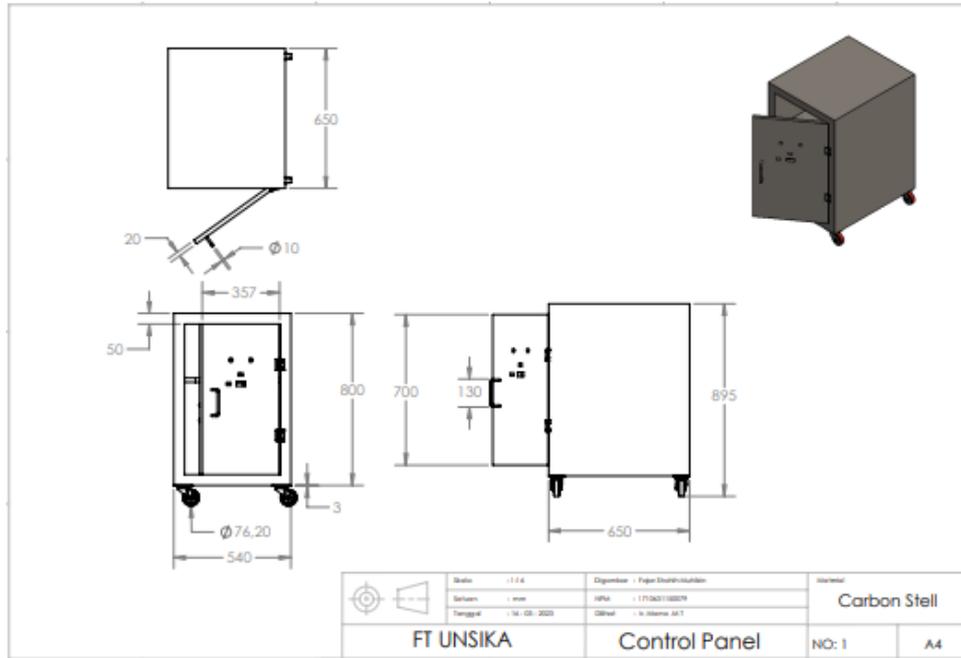
a. Pembaruan Skema Kelistrikan PLTSA

Skema kelistrikan atau *Wiring diagram* adalah gambar pengkabelan dalam instalasi listrik, yang menggambarkan posisi kabel dan simbol kelistrikan. Secara skematik, ada beberapa perbedaan dengan skema kelistrikan yang terdapat di penelitian sebelumnya, baik dari segi komponen maupun rangkaian nya.

Pada skema kelistrikan lama pada pembangkit listrik tenaga sampah, terdapat komponen mulai dari *Generator* lalu ke SCC. Setelah ke SCC dibagi jalur kelistrikannya, pertama menuju *autocut* dan kedua menuju kipas DC untuk menjaga suhu panel kontrol tetap sejuk. Dari *Autocut* menuju Baterai/Aki dan dikonversi menjadi arus AC agar bisa digunakan untuk beban yaitu *blower*.



Gambar 2 Skema Baru pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah



Gambar 3 Desain Panel Kontrol

Selain itu, pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Rizki Ahmad Rizal Nasution, terdapat *generator* yang menggunakan magnet bertipe *Ferrite*, dimana secara koersifitas (daya magnetisasi) lebih minim dibanding yang berbahan *Neodymium* [4]. Secara perhitungan, generator yang mempunyai daya 500 W dengan torsi 2, 6715 N.m masih bisa dapat ditingkatkan, karena putaran yang didapatkan lebih dari 1.000 rpm. *Solar Charge Controller* (SCC) yang digunakan pada penelitian sebelumnya berjenis *Pulse Width Modulation* (PWM) dimana secara kualitas lebih rendah ketimbang *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) dengan tingkat efisiensi selisih 5% [7].

Autocut On/Off secara fungsi digunakan untuk memotong arus ketika pengisian baterai terpenuhi, namun sebenarnya fungsi itu sudah ada di dalam SCC [8], sehingga secara efisiensi tidak diperlukan lagi perangkat *Autocut* pada skema ini. *Automatic Transfer Switch* (ATS) secara fungsi digunakan untuk mentransmisikan arus listrik jika sumber utama (Baterai) tidak berfungsi/tidak mampu mengeluarkan daya yang dibutuhkan supaya beralih ke sumber cadangan (Sumber Listrik PLN). Dikarenakan sumber daya yang ganda (*hybrid*) menjadikan Pembangkit Listrik ini tidak solutif, karena bukan sumber listrik yang mandiri, maka dari itu penulis memfokuskan penggunaan PLTSA tanpa bantuan dari sumber cadangan (Sumber Listrik PLN).

b. Perhitungan Pada Komponen *Generator* dan Komponen Kelistrikan PLTSa

1) Perhitungan Poros

Pada perhitungan poros ini, memiliki fungsi sebagai penghubung energi yang memindahkan daya dan putaran turbin serta tempat pemasangan Cakram (roda turbin) dan *Blade*, sehingga beban yang akan dialami poros adalah :

a) Adanya beban lentur pada poros yang bermula dari berat pada sudu dan roda turbin.

b) Adanya beban puntir pada poros yang bermula dari roda turbin nya.

2) Daya rencana (P_d)

f_c adalah faktor koreksi, pada persoalan ini dipilih sebesar 1,2 karena dibutuhkan daya yang maksimum :

$$P_d = f_c * P \quad [11]$$

Dimana:

$$f_c = 1,2 \text{ (daya rata - rata yang diperlukan).}$$

$$P = 1,45 \text{ kW.}$$

Maka :

$$P_d = 1,2 * 1,45 \text{ kW}$$

$$P_d = 1,74 \text{ kW}$$

3) Momen Puntir (T)

$$T = 9,74 * 10^5 * \frac{P_d}{n_1} * 100\% \quad [11]$$

Dimana:

$$P_d = 1,74 \text{ kW.}$$

$$n = 1500 \text{ rpm. (putaran operasi)}$$

Maka :

$$T = 9,74 * 10^5 * \frac{1,74}{1.500} * 100\%$$

$$T = 1131 \text{ kg.mm}$$

4) Tegangan geser yang diizinkan (τ_a)

Untuk poros putaran sedang dan beban berat, maka pada perancangan ini digunakan bahan *stainless steel* SUS 304 AS-Rolled adalah 565 MPa = 57,62 kg/mm².

$$\tau a = \frac{\sigma b}{Sf_1 * Sf_2} \quad [11]$$

Dimana:

$$Sf_1 = 6,0$$

$$Sf_2 = 2,0$$

Maka :

$$\tau a = \frac{57,62 \text{ kg/mm}^2}{6,0 * 2,0}$$

$$\tau a = 4,8 \text{ kg/mm}^2$$

5) Diameter Poros (d_s)

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau a} * Kt * Cb * T \right]^{\frac{1}{3}} \quad [11]$$

Dimana:

$Kt = 3$ (Faktor koreksi kejutan)

$Cb = 2,1$ (Faktor koreksi lendutan)

$$\tau a = 4,8 \text{ kg/mm}^2$$

$$T = 1131 \text{ kg.mm}$$

Maka,

$$d_s = \left[\frac{5,1}{4,8 \text{ kg/mm}^2} * 3 * 2,1 * 1.131 \text{ kg.mm} \right]^{1/3}$$

$$d_s = 19,64 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Poros Aktual}} > d_s$$

$$25,4 \text{ mm} > 19,64 \text{ mm}$$

Dari standarisasi poros maka dipilih diameter poros yang dipakai pada perancangan ini (d_p) sebesar 1 Inch = 25,4 mm.

6) Perhitungan Efisiensi *Generator*

$$n\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \quad [12]$$

Dimana :

$$P_{out} = 945 \text{ W}$$

$$P_{in} = 1.050 \text{ W}$$

n = jumlah efisiensi (dalam persen)

Maka :

$$n\% = \frac{945}{1050} \times 100\%$$

$$n\% = 90\%$$

7) Perhitungan Baterai

a) Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan dibawah ini :

$$P = V \times I \quad [12]$$

Dimana :

V = Tegangan Baterai (VA)

I = kuat arus (Ah)

P = Daya Baterai (VA)

Maka :

$$VA = 12 \times 100$$

$$VA = 1200 VA$$

b) Lama pengisian baterai yaitu :

$$Ta = \frac{C}{I} \quad [12]$$

Dimana :

Ta = waktu (jam)

C = kapasitas baterai (Ah)

I = besar arus charge (A)

Maka :

$$\frac{100 Ah}{9A} = 11,1 \text{ jam}$$

De efisiensi aki sebesar 20 % = 11,1 - (0,2 . 11,1) = 8,8 jam

c. Hasil Pengujian Keseluruhan Pada PLTSa

Berdasarkan hasil pengukuran yg didapat, dengan massa sampah yang sama yaitu 5 kg, dan tekanan dicapai hingga 6 bar, berikut waktu yang dibakar untuk berbagai jenis sampah.

Tabel 2 Pengamatan efektivitas pembakaran sampah

No.	Jenis Sampah	Waktu yang Dibutuhkan (Menit)
1.	Kayu Ranting	25 menit
2.	Kayu Balok	31 menit
3.	Batok Kelapa	35 menit

Tabel 4. 1 Energi Kalor Sampah

No.	Jenis Sampah	LHV ^r $\frac{KJ}{KG}$
1.	Kertas	15219.74
2.	Kayu	16947.71
3.	Plastik	31365.41
4.	Kardus	14745.64
5.	Sample A	15689.24
6.	Sample B	15688.79
7.	Sample C	15689.50

Sumber : Hasil Efis Muafin Aulawi 2021 [10]

Hasil ini ditujukan untuk mengukur besaran tegangan arus dan daya pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa), beserta indikator-indikator lainnya yang terkait dengan hal tersebut.

Tabel 3 Hasil Pengujian pada PLTSa

Waktu (menit)	Putaran (rpm)	Sampah (kg)	Tekanan (Bar)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Daya (Watt)
15	0	5	0	0	0	0
30	0	5	1	0	0	0
45	127	2	5	12.3	8.1	99,63
60	464.7	3.5	6	12.5	8.3	103.75
75	779	5	5	12.6	8.6	108.36
90	1243	3.5	5.5	12.9	9	115.2
105	860	1.5	4	12.8	9	114.3
120	457	0	1	12.7	8.9	113.92

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perancangan dan pengujian yang telah dibuat, maka telah terdapat beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Proses arus dan voltasenya dimulai dari Generator lalu ke SCC MPPT. Setelah ke SCC MPPT yang mempunyai fitur *Autocut* ketika baterai sudah penuh lalu dibagi jalur kelistrikannya, pertama menuju baterai dan kedua menuju Kipas DC untuk menjaga suhu panel kontrol tetap sejuk. Dari *Autocut* menuju Baterai/Aki dan dikonversi

- menjadi arus AC agar bisa digunakan untuk beban yaitu *blower* dengan masing-masing daya 40 watt.
2. Pada pengisian aki, hasil yang didapat lebih baik dari yang sebelumnya menghasilkan 11,9 V menjadi 12,9 V. Kecepatan pengisian aki pada alat PLTSA dapat meningkat dengan perubahan pada spesifikasi *generator* dan SCC MPPT, meniadakan *Auto cut* dan *Automatic Transfer Switch* untuk mengefisiensikan beban arus dengan lama pengisian 8,8 jam
 3. Perbandingan pada kelistrikan sebelumnya, mengefisiensikan penggunaan komponen yang tidak perlu dan menghasilkan keluaran arus voltase dan daya yang lebih besar. Pada titik maksimal dengan jumlah sampah 5 kg kelistrikan PLTSA, arus pada generator saat mencapai putaran 1243 rpm yaitu 9 Ampere dan tegangan yang dihasilkan yaitu 12.9 V, sehingga daya yang diperoleh sebesar 115,2 sehingga dapat memutar dua *blower*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Darmawan, "Rancang bangun turbin uap pada Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA) Kapasitas 1, 45 KW di Lingkungan Kampus Unsika". *Jurnal Teknik Mesin dan Pembelajaran*, 4(1), 29-40. 2021
- [2] Monice and Perinov, "Analisis Potensi Sampah Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PltSa) Di Pekanbaru", *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, Vol. 1 No. 1, pp. 9 – 16, Des. 2016
- [3] R. Samsinar and K. Anwar, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 115 KW (Studi Kasus Kota Tegal)", *eLEKTUM*, Feb. 2018
- [4] D. Oktariansyah, K. Mustafa, E. M. Aulawi, dkk. "Design and build a waste power plant (WPP) at the University of Singaperbangsa Karawang". *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 17(1), 67-77., 2021
- [5] R. Nasution, Armansyah, and Yusmartato, "Analisis Sistem Pembagian Beban Antar Generator", *Jurnal UISU*, 2020
- [6] Y. Yusrizal and M. Qadri, "Perencanaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Sampah Kapasitas 1000 Watt Dengan Proses Insinerasi". *Prosiding SEMDI-UNAYA*, Vol. 1, No. 1, pp. 212-222, Nov. 2017
- [7] A. Y. Perdana, B. Astuti, and I. Akhlis, "Analysis of PWM-and MPPT-Solar Charge Controller Efficiency by Simulation". *Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1918, No. 2, p. 022004).*, IOP Publishing., Jun. 2021

-
- [8] B. Bakhtiar and T. Tadjuddin, "PEMILIHAN SOLAR CHARGE CONTROLLER (SCC) PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA". In Seminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) Vol. 5, No. 1, pp. 168-173, Nov. 2020.
- [9] H. Pradana, "Rancang Bangun Arus Dan Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin" Laporan Tugas Akhir, Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2021
- [10] E. M. Aulawi, "Rancang bangun alat insinerator untuk pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) di UNSIKA", Skripsi, Universitas Singaperbangsa Karawang, 2021.
- [11] Sularso and K. Suga, "Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin", Jakarta : PT. Pradya Paramitha, 2004.
- [12] M. Junaidi, D. Notosudjono, and E. Wismiana, "Perancangan Generator Dc Dengan Penggerak Mula Motor Ac Sebagai Free Energi", Bogor : Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro, Vol. 1 No. 1, 2020