

RANCANG BANGUN SEPEDA PORTABLE CHARGING STATION 12V 6W

Alif Nurrachman Aji Saputra¹, Indra Riyanto²

Teknik Elektro, Universitas Budi Luhur

Jakarta, Indonesia

alif.nurrachman19@gmail.com¹

indra.riyanto@budiluhur.ac.id²

ABSTRAK

Pada penelitian ini dirancang sepeda portable charging station dengan menggunakan sebuah generator untuk menghasilkan energi listrik yang bersumber dari energi mekanik. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem MPPT yang biasa digunakan pada sel surya dapat juga bekerja pada sistem yang berbeda yaitu menggunakan generator (dinamo sepeda). Alat ini mendapatkan masukan berupa energi mekanik yang berasal dari kayuhan pedal sepeda yang memutar roda sepeda dan mengakibatkan generator juga ikut berputar. Sistem yang dirancang berupa generator yang dihubungkan dengan roda sepeda, rangkaian rectifier, DC-DC konverter, PWM, dan mikrokontroler. Pembahasan masalah difokuskan pada pembuatan energi terbarukan dengan menggunakan energi mekanik melalui generator yang tegangannya akan di kontrol menggunakan metode Maximum Power Point Tracking (MPPT). Berdasarkan sistem yang dirancang didapatkan hasil keluaran dari generator ketika sepeda tidak dikendarai memiliki rentang daya rata-rata sebesar 4-6 Watt, setelah dipasangkan dengan MPPT memiliki rentang daya rata-rata sebesar 5-6 Watt. Sedangkan ketika sepeda dikendarai dengan tambahan beban si pengendara memiliki rentang daya rata-rata sebesar 4-6 Watt, setelah dipasangkan dengan MPPT memiliki rentang daya rata-rata sebesar 3-6 Watt. Sistem charging yang dibuat sudah dapat mengisi daya baterai, namun kurang begitu efektif. Hal itu dikarenakan kapasitas dari baterai lebih besar terpakai untuk menghidupkan sistem charging itu sendiri.

Kata kunci: Sepeda, Generator, Energi Terbarukan, Energi mekanik, MPPT

ABSTRACT

In this study, a portable charging station bicycle is designed using a generator to produce electrical energy that comes from mechanical energy. This study aims to determine whether the MPPT system commonly used in solar cells can also work on a different system, namely using a generator (bicycle dynamo). This tool gets input in the form of mechanical energy from pedaling a bicycle that rotates the bicycle wheel and causes the generator to also rotate. The system designed is a generator connected to a bicycle wheel, a rectifier circuit, a DC-DC converter, PWM, and a microcontroller. The discussion of the problem is focused on making renewable energy using mechanical energy through a generator whose voltage will be controlled using the Maximum Power Point Tracking (MPPT) method. Based on the system designed, the output of the generator when the bicycle is not ridden has an average power range of 4-6 Watt, after pairing it with MPPT it has an average power range of 5-6 Watt. Meanwhile, when the bicycle is ridden with an additional load the rider has an average power range of 4-6 Watts, after pairing it with MPPT it has an average power range of 3-6 Watts. The charging system that is made can charge the battery, but it is not very effective. This is because the capacity of the larger battery is used to turn on the charging system itself.

Keywords: Bicycle, Generator, Renewable Energy, Mechanical Energy, MPPT

I. PENDAHULUAN

Penggunaan listrik semakin bertambah seiring bertambahnya alat elektronik di masyarakat. Seiring berkembangnya ponsel, ternyata situasi psikologi masyarakat juga mengalami reaksi yang beraneka macam. Ada yang menggunakan ponsel untuk mempermudah kegiatan sehari-hari, dan ada yang membuat malas bergerak dan sering membuang waktu hanya untuk menggunakan depan ponsel. Padahal sebenarnya ada banyak aktifitas kegiatan

fisik yang dapat membuat masyarakat sehat. Salah satu jenis aktivitas fisik yang dapat dilakukan oleh siapa saja bahkan orang yang memiliki berat badan berlebih yaitu bersepeda. Selain itu, kayuhan pedal ketika bersepeda dapat dimanfaatkan untuk menjadi pembangkit listrik, sehingga energi manusia yang digunakan untuk mengayuh sepeda tidak terbuang percuma.

Berdasarkan penelitian mengenai sepeda statis sebagai pembangkit energi listrik alternatif dengan

pemanfaatan alternator bekas dibahas tentang merancang dan membuat alat mekanik pada sepeda statis yang digunakan untuk menggerakkan alternator serta mengetahui unjuk kerja alat [1]. Alat ini bekerja menggunakan sumber tenaga manusia dengan cara mengayuh sepeda statis sehingga dapat memutar alternator untuk menghasilkan tegangan yang kemudian disimpan dalam elemen penyimpanan energi listrik (baterai). Energi listrik yang tersimpan dalam baterai dapat digunakan untuk melayani peralatan elektronik rumah tangga sederhana yang tidak memiliki daya listrik terlalu besar. Berdasarkan hasil pengujian selama 20 menit yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa alat sistem pembangkit energi listrik alternatif ini dapat bekerja dengan baik pada putaran 2000 rpm sampai dengan 3600 rpm dan menghasilkan tegangan rata-rata sebesar 14,43 Volt serta arus pengisian rata-rata sebesar 1,65 Ampere. Jurnal lainnya mengenai pemanfaatan energi yang terbuang pada sepeda listrik hybrid [2], dimana putaran roda belakang sepeda listrik hybrid digunakan untuk memutar alternator yang dapat menghasilkan listrik. Pada pengujiannya dilakukan dengan cara menganalisa energi listrik pada sepeda listrik hybrid dengan variasi lintasan, beban, dan kecepatan. Pengumpulan data yang diambil yaitu dari mengkombinasikan kondisi jalan yang menanjak, menurun, mendatar, perbedaan beban, dan perbedaan kecepatan. Sehingga dari beberapa kondisi tersebut dapat diukur besarnya energi listrik yang dibangkitkan dan digunakan.

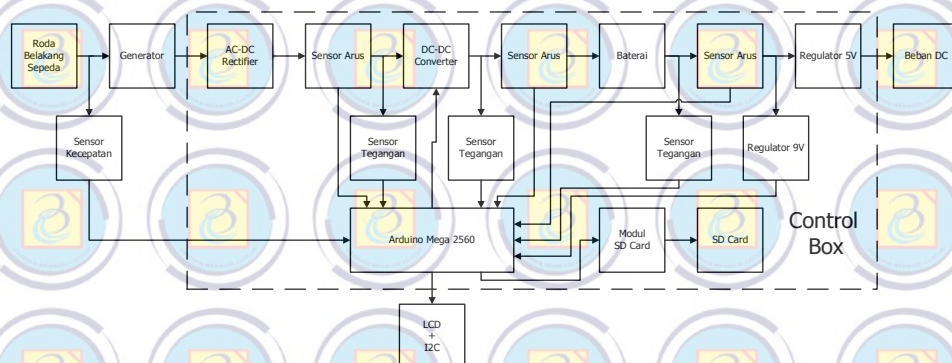
Pada jurnal mengenai Perancangan Power Bank Dengan Menggunakan Dinamo Sepeda Sederhana [3] dibahas tentang pengujian untuk tempat penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh dinamo sepeda. Pada pengujian tersebut bertujuan untuk membuktikan bahwa besarnya tegangan yang dihasilkan oleh dinamo tergantung pada putaran roda dan berlaku sama untuk semua roda meskipun memiliki diameter yang berbeda. Pada pengujian ini dicoba untuk membandingkan kecepatan rotor dinamo dengan diameter roda berbeda (diameter 23cm dan 52cm). sehingga didapatkan bahwa tegangan yang dihasilkan bergantung pada kecepatan rotor dinamo, bukan tergantung pada besarnya diameter roda. Kemudian waktu pengisian baterai dalam keadaan kosong lebih singkat dibandingkan waktu pengisian baterai ketika hampir penuh. Pengisian baterai dari 10%-11% membutuhkan waktu 10 menit dengan kecepatan yang konstan. Hasil simulasi penelitian yang berjudul analisa dan desain maximum power point

tracking untuk generator induksi pada aplikasi sepeda listrik [4] dibahas tentang penggunaan generator induksi untuk sepeda listrik, dimana generator sebagai pembangkit listrik dengan kayuhan sepeda yang kemudian mengisi akumulator dan motor akan menggerakkan roda sepeda. Pada penelitian ini menggunakan sistem MPPT dengan metode algoritma perturb & observe memanfaatkan rangkaian DC-DC boost Converter dengan tujuan mendapatkan daya maksimum. Pada hasil simulasi, tegangan hasil keluaran dari generator sebelum dan sesudah dipasang MPPT adalah sebesar 40,84 Volt dan 55,04 Volt. Sehingga dapat diketahui peningkatannya sebesar 14,20 Volt.

Berdasarkan penjabaran penelitian yang telah dilakukan, dimana belum ada penggunaan metode MPPT untuk mendapatkan tegangan AC atau DC terkontrol untuk pengisian daya baterai. Dengan mengacu pada penelitian terdahulu yang menggunakan energi mekanik sebagai sumber energi listriknya. Dengan mengambil permasalahan dimana belum adanya pengambilan tegangan DC terkontrol yang maksimal untuk pengisian daya baterai khususnya menggunakan generator jenis dinamo sepeda, maka pada penelitian ini dirancang sebuah hardware untuk memperoleh data dan merancang sistem maximum power point tracking (MPPT) dengan metode algoritma perturb & observe dan memanfaatkan rangkaian DC-DC buck-boost converter. Sehingga dibuat Rancang Bangun Sepeda Portable Charging Station 12V 6W.

II. PERANCANGAN SISTEM

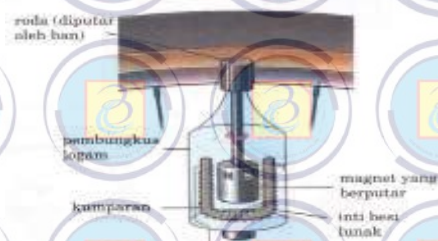
Perancangan sistem meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras terdiri dari perancangan rectifier, DC-DC converter, sensor kecepatan, sensor arus, sensor tegangan, rangkaian LCD, dan modul SD card. Diagram blok perancangan perangkat keras pada sistem ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok perangkat keras sistem.

A. Generator

Generator digunakan untuk menghasilkan energi listrik dari putaran roda sepeda. Oleh karena itu, generator yang digunakan diletakkan pada roda sepeda seperti ilustrasi pada gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi peletakan generator.

Sepeda yang digunakan memiliki total tingkat kecepatan (*speed*) sebesar $1 \times 7 = 7$. Hal tersebut dikarenakan sepeda memiliki gear dengan tipe *multi gear*, yaitu memiliki 1 buah *gear primer* (*chainring*) dan 7 buah *gear sekunder* (*sprocket*). Pada *gear sekunder*, untuk gigi 1 yaitu gear yang berukuran paling besar, sedangkan yang berukuran kecil adalah gear 7. Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata tegangan yang dihasilkan oleh generator menggunakan berbagai kombinasi *gear*.

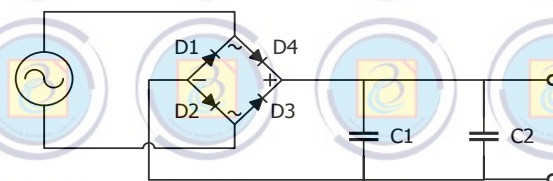
Tabel 1. Rata-rata hasil generator dengan kombinasi gear yang berbeda.

No	Gear		Kecepatan Putar Generator (RPM)			Vout Generator (V)		
	Primer	Sekunder	Min	Rata-Rata	Maks	Min	Rata-Rata	Maks
1	1	1	304 8	6820	1524 0	5	13	22
2		2	304 8	7780	1371 6	5	15	25
3		3	304 8	8166	1524 0	6	16	25
4		4	304 8	7572	1524 0	6	14	25
5		5	304 8	9220	1676 4	6	18	25

6	6	304 8	9887	1981 2	5	19	25
7	7	304 8	10687	1981 2	7	20	25

B. Rectifier

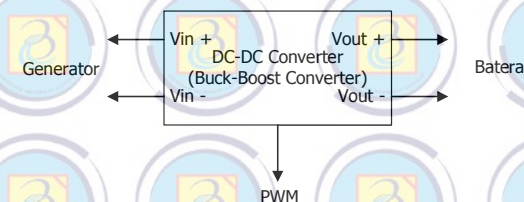
Rectifier digunakan untuk mengubah tegangan AC dari generator menjadi tegangan DC. Tegangan yang dihasilkan dari generator ini kemudian disimpan di kapasitor. Gambar rangkaian *Rectifier* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian *rectifier*.

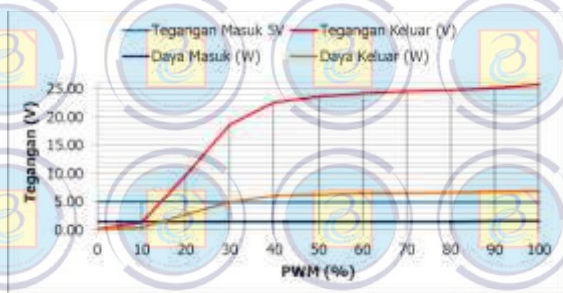
C. DC-DC converter

DC-DC converter jenis *buck-boost converter*. Tujuannya adalah agar tegangan yang dihasilkan dari generator dapat dinaikkan atau diturunkan menjadi tegangan yang lebih besar atau lebih kecil. *DC-DC converter* yang digunakan menggunakan modul *buck-boost converter* tipe XL6009 dengan arus maksimum 3A dan tegangan maksimum 35 Volt DC. Wiring dari DC-DC converter dapat dilihat pada gambar 4.

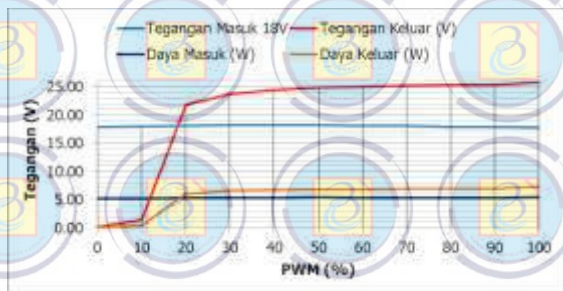


Gambar 4. Rangkaian *DC-DC converter*.

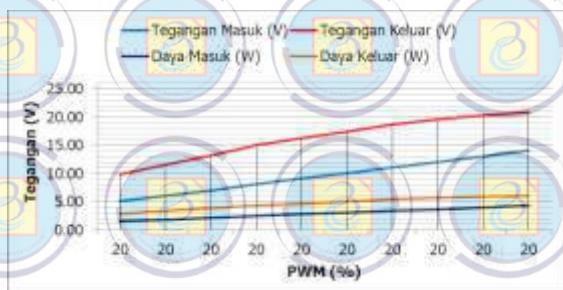
Grafik hubungan antara nilai PWM terhadap tegangan keluaran dengan tegangan masukan bernilai 5 Volt dan 18 Volt serta terhadap tegangan keluaran dengan PWM bernilai tetap. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 5 sampai dengan gambar 7.



Gambar 5. Grafik nilai PWM terhadap Vout dengan Vin 5V.



Gambar 6. Grafik nilai PWM terhadap Vout dengan Vin 18V.



Gambar 7. Grafik Vin terhadap Vout dengan nilai PWM tetap.

D. Sensor Kecepatan

Sensor kecepatan yang digunakan pada penelitian adalah sensor *optocoupler* sering terdapat pada alat anemometer. Sensor tersebut digunakan untuk mengukur besarnya kecepatan putar roda sepeda yang memutar generator. Sensor dipasang dengan *encoder disk* pada poros roda sepeda. Perhitungan untuk mencari RPM dengan sensor kecepatan dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan 1.

$$RPM = \left(\frac{Counter}{n} \times 60 \right) \quad (1)$$

Dimana: *Counter* = Sampel kecepatan

n = Jumlah celah *encoder disk*

60 = Jumlah 1 menit dalam detik

Sedangkan perhitungan untuk mencari kecepatan sepeda dengan sensor kecepatan dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan 2.

$$Kecepatan = RPM \times \frac{(2 \times \pi \times r)}{60} \quad (2)$$

Dimana: *RPM* = Revolutions per minute

π = 3.14159265

r = Jari-jari roda sepeda

60 = Jumlah 1 menit dalam detik

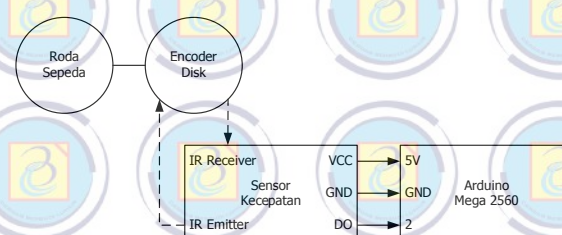
Kemudian untuk mencari kecepatan putar generator didapat menggunakan perhitungan rasio dari kecepatan putar roda sepeda menggunakan persamaan pada persamaan 3.

$$Ratio = \frac{N2}{N1} \quad (3)$$

$$Ratio = \frac{508}{20}$$

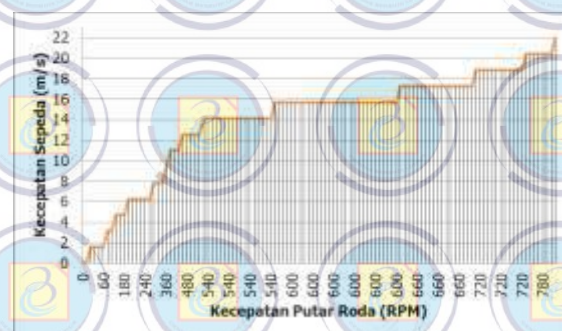
$$Ratio = \frac{127}{5} \quad (4)$$

Jadi, rasio perbandingan antara kecepatan putar generator dengan kecepatan putar roda sepeda sebesar 127:5. Sedangkan untuk kecepatan generator didapat dari kecepatan sepeda dengan menggunakan rasio yang sama yaitu sebesar 127:5. Wiring dari sensor kecepatan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Wiring sensor kecepatan.

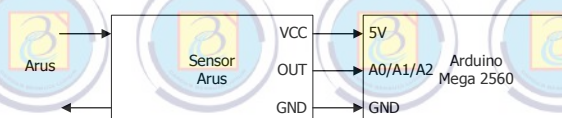
Grafik hubungan dari pembacaan nilai kecepatan putar roda sepeda terhadap nilai kecepatan sepeda dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik RPM terhadap kecepatan sepeda.

E. Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan adalah modul sensor ACS71. Modul sensor tersebut menggunakan IC ACS712 serta dapat mengukur arus maksimum 20 *Ampere*. Sensor arus digunakan untuk mengukur besarnya arus yang melewati rangkaian yang sebelum dan sesudah distabilkan tegangannya oleh *buck-boost converter* serta arus keluaran baterai. Wiring rangkaian sensor arus dapat dilihat pada gambar 9 dan tabel perbandingan pembacaan nilai arus pada multimeter dengan sensor arus serta nilai error nya pada Tabel 2.



Gambar 10. Wiring sensor arus.

Tabel 2. Perbandingan pembacaan arus pada multimeter dan sensor.

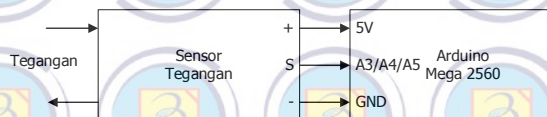
No.	Multimeter (A)	Sensor (A)	Error (%)
1	0,20	0,26	30,00
2	0,44	0,57	29,55
3	1,00	1,04	4,00
4	1,10	1,19	8,18
5	1,29	1,41	9,30
6	1,63	1,72	5,52
7	2,05	2,13	3,90
8	2,30	2,45	6,52
9	2,79	2,88	3,23
10	3,01	3,06	1,66

F. Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan merupakan modul sensor tegangan dengan prinsip rangkaian pembagi tegangan. Sensor tegangan digunakan untuk mengukur besarnya tegangan yang sebelum dan sesudah distabilkan oleh *buck-boost converter* serta besarnya tegangan pada baterai. Resistor yang digunakan pada modul sensor tegangan tersebut bernilai 30K dan 7,5K ohm. Sehingga tegangan maksimal dapat diukur dan dihitung menggunakan sensor ini adalah 5 Volt. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan dasar rangkaian pembagi tegangan. Persamaan tersebut ditunjukkan pada persamaan 5.

$$V_{out} = V_{in} \cdot \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \quad (5)$$

Hal tersebut sesuai dengan tegangan maksimal yang dapat dihubungkan ke analog input arduino adalah 5 Volt. Wiring rangkaian sensor arus dapat dilihat pada gambar 11 dan tabel perbandingan pembacaan nilai tegangan pada multimeter dengan sensor tegangan serta nilai errornya pada Tabel 3.



Gambar 11. Wiring sensor arus.

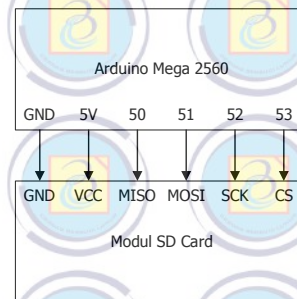
Tabel 3. Perbandingan pembacaan tegangan pada multimeter dan sensor.

No.	Multimeter (V)	Sensor (V)	Error (%)
1	1,17	1,15	1,71
2	2,32	2,27	2,16
3	3,10	3,08	0,65
4	4,18	4,13	1,20
5	5,16	5,10	1,16
6	6,09	6,01	1,31
7	7,19	7,10	1,25
8	8,27	8,15	1,45
9	9,40	9,30	1,06
10	10,20	10,12	0,78

G. Modul Micro SD Card

Modul micro SD card pada penelitian tugas akhir ini digunakan untuk mengakses SD card untuk pembacaan atau penulisan data dengan menggunakan sistem antarmuka SPI (*Serial Parallel Interface*). Kartu micro SD card digunakan

untuk menyimpan data yang telah didapatkan, yaitu data nilai kecepatan putar roda sepeda dan generator, nilai kecepatan sepeda dan generator, nilai PWM, nilai tegangan, nilai arus dan nilai daya. Wiring modul micro SD card ke Arduino dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12. Wiring sensor arus.

H. Rangkaian Baterai

Baterai yang digunakan adalah *rechargeable battery* berjenis Ni-MH (*Nickel-Metal Hydride*). Baterai Ni-MH yang digunakan memiliki spesifikasi 2600mAh dan 1,2 Volt. Sebanyak 10 buah baterai disusun secara seri untuk mendapatkan kapasitas penyimpanan yang diinginkan yaitu 12 Volt. Penyusunan secara seri pada baterai akan meningkatkan tegangan output sedangkan arusnya akan tetap sama. Sehingga persamaan perhitungan dari penyusunan secara seri pada baterai dapat dilihat pada persamaan 6.

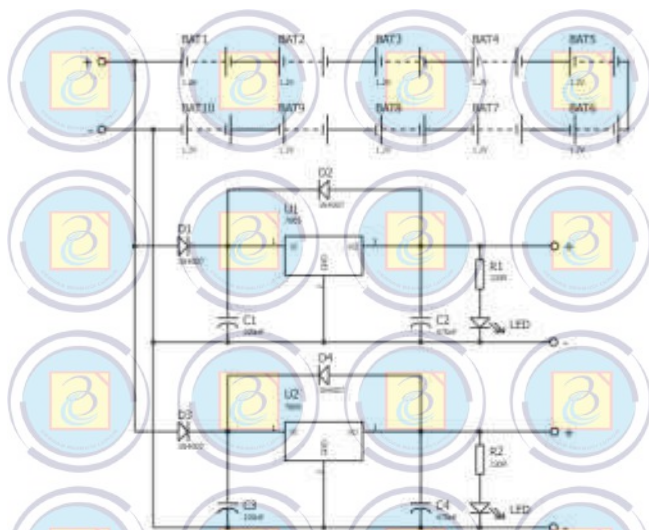
$$V_{out} = V_{BAT1} + V_{BAT2} + V_{BAT3} + V_{BAT4} + V_{BAT5} + V_{BAT6} + V_{BAT7} + V_{BAT8} + V_{BAT9} + V_{BAT10} \quad (6)$$

Dimana: $V_{BAT1} - V_{BAT10}$ = Tegangan pada setiap baterai

Tegangan dari 1 buah baterai adalah 1,2 Volt. Maka dari penggunaan persamaan 6 dapat dicari V_{out} sebesar 12. Hal tersebut ditunjukkan pada perhitungan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{out} &= 1,2V + 1,2V + 1,2V + 1,2V + 1,2V + \\ &1,2V + 1,2V + 1,2V + 1,2V + 1,2 \\ &= 12V \end{aligned}$$

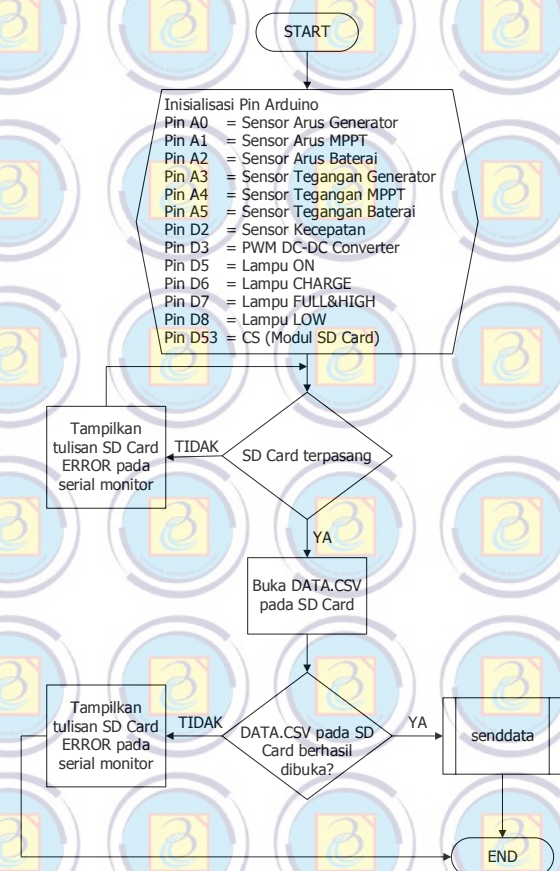
Maka perkiraan kapasitas tegangan output baterai yang terdiri dari 10 buah baterai yang disusun secara seri adalah 12 Volt. Sedangkan untuk kapasitas arus listriknya akan tetap yaitu 2600 mAh. Kemudian keluaran dari baterai akan dihubungkan dengan regulator 5 Volt untuk port USB dan 9 Volt ke Arduino. Maka wiring dari keseluruhan rangkaian baterai ditambah dengan regulator dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Wiring sensor arus.

I. Perancangan Perangkat Lunak

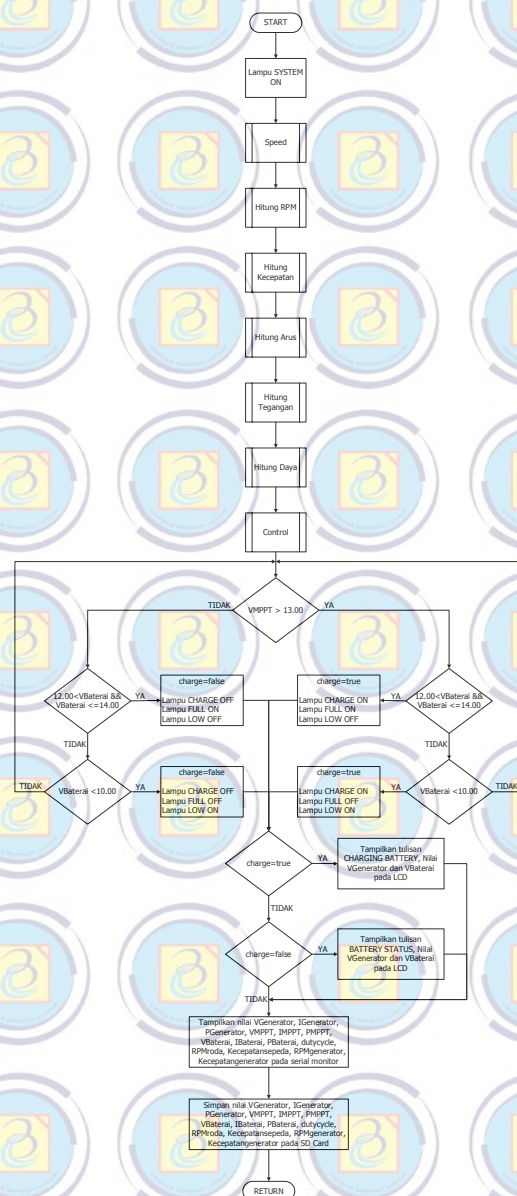
Perancangan perangkat lunak sistem *Portable Charging Station* yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini terdiri dari perancangan program keseluruhan, program pembacaan dan perhitungan sensor kecepatan, pembacaan sensor tegangan, pembacaan sensor arus dan perhitungan daya serta program MPPT P&O. Diagram alir program utama dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Diagram alir utama.

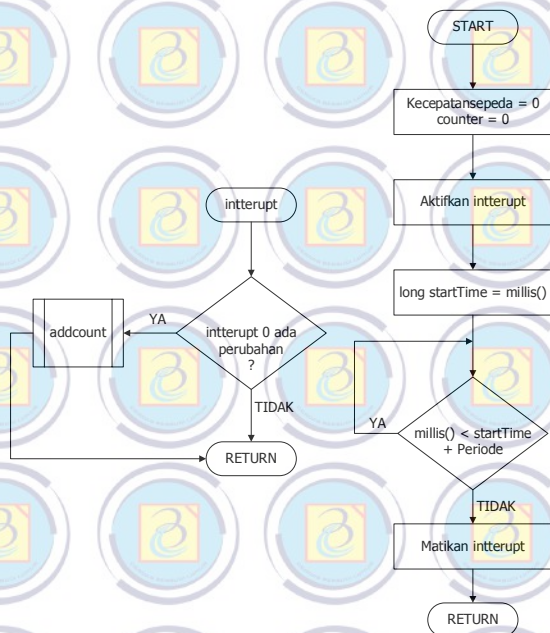
Pada gambar 14, pertama inisialisasi pin Arduino Mega 2560 yang digunakan. Kemudian memastikan bahwa SD card pada modul SD card sudah terpasang. Jika SD card sudah terpasang

maka sistem dapat bekerja, sedangkan jika belum terpasang maka sistem tidak akan bekerja sampai dengan SD card terpasang. Setelah memastikan bahwa SD sudah terpasang, maka sistem akan bekerja dengan memanggil sub program senddata. Sehingga diagram alir pada sub program senddata dapat dilihat pada gambar 15.

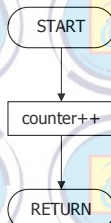


Gambar 15. Diagram alir sub program senddata.

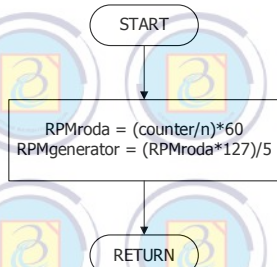
Pada sub program senddata terdapat proses pemanggilan beberapa sub-sub program. Sub-sub program yang dipanggil adalah speed, addcount, hitung rpm, hitung kecepatan, hitung arus, hitung tegangan, hitung daya dan control. Serta terdapat beberapa program untuk menghidupkan atau mematikan LED dan menampilkan karakter pada LCD yang digunakan sebagai indikator dari baterai.



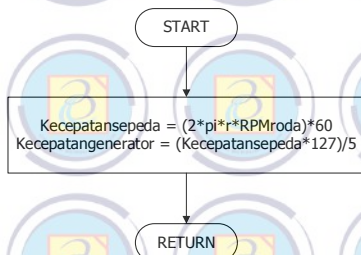
Gambar 16. Diagram alir sub-sub program speed.



Gambar 17. Diagram alir sub-sub program addcount

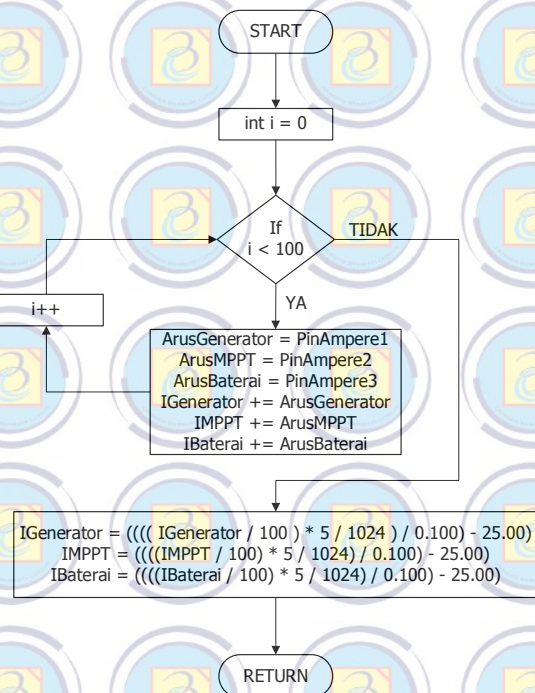


Gambar 18. Diagram alir sub-sub program hitung RPM



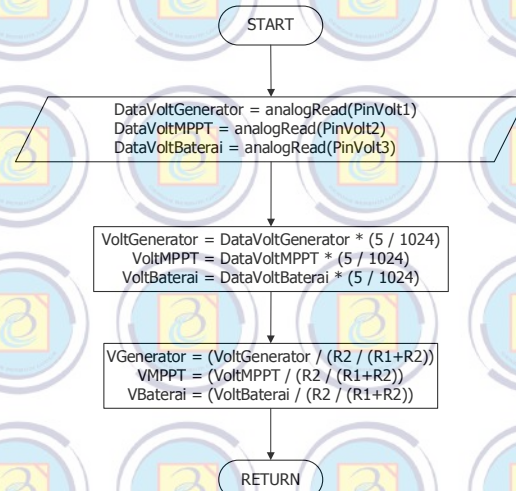
Gambar 19. Diagram alir sub-sub program hitung kecepatan

Pada gambar 16 sampai dengan 19 merupakan diagram alir dari sub-sub program speed, addcount, hitung RPM dan hitung kecepatan. Sub-sub program tersebut digunakan sebagai pembacaan dan perhitungan sensor kecepatan.



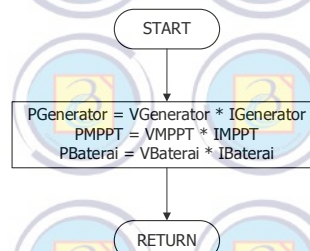
Gambar 20. Diagram alir sub-sub program hitung arus

Pada gambar 20 merupakan diagram alir dari sub-sub program hitung arus. Sub-sub program tersebut digunakan sebagai pembacaan dan perhitungan sensor arus.



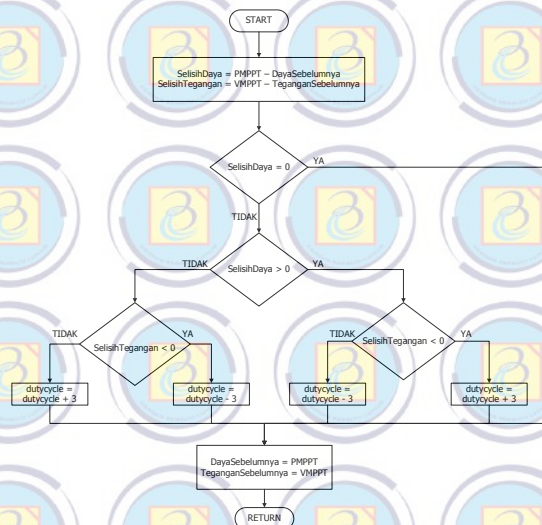
Gambar 21 Diagram alir sub-sub program hitung tegangan

Pada gambar 21 merupakan diagram alir dari sub-sub program hitung tegangan. Sub-sub program tersebut digunakan sebagai pembacaan dan perhitungan sensor tegangan.



Gambar 22. Diagram alir sub-sub program hitung daya

Pada gambar 22 merupakan diagram alir dari sub-sub program hitung daya. Sub-sub program tersebut digunakan sebagai perhitungan daya menggunakan hasil pembacaan sensor arus dan sensor tegangan.



Gambar 23. Diagram alir sub-sub program control

Pada gambar 23 merupakan diagram alir dari sub-sub program contro. Sub-sub program tersebut digunakan sebagai pengendalian MPPT P&O.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Francis, S. and Mathew [5] menggunakan algoritma P&O (*Perturb & Observe*), memulainya dengan mengukur tegangan $V(k)$ dan arus $I(k)$ untuk memperoleh nilai daya $P(k)$. Pada penelitian ini, perhitungan nilai daya terdapat pada sub program hitung daya dan nilai $V(k)$ menggunakan nilai VMPPT dan $I(k)$ menggunakan nilai IMPPT. Sehingga nilai $P(k)$ pada flowchart ini sama dengan nilai PMPT pada sub program hitung daya. Kemudian nilai $P(k-1)$ adalah nilai sampling $P(k)$ setelahnya. Nilai perturb $d(V)$ diberikan untuk mengamati nilai daya output yaitu $P(k-1)$ yang kemudian dibandingkan dengan nilai $P(k)$. Jika nilai $P(k-1)$ lebih besar dari nilai $P(k)$ maka perturb yang dilakukan benar. Jika nilai $P(k-1)$ lebih kecil dari nilai $P(k)$ maka perturb harus dilakukan dalam arah sebaliknya. Menambahkan atau mengurangi duty cycle merupakan cara untuk menambahkan atau menurunkan tegangan dengan cara merubah sinyal PWM dari Arduino.

III. HASIL DAN ANALISA

Pengujian ini dibagi menjadi 2 kondisi. Kondisi pertama adalah kondisi kinerja sistem MMPT dan kondisi kedua adalah kondisi ketika melakukan pengisian baterai menggunakan sistem MPPT.

A. Pengujian kinerja sistem MPPT

Pengujian kinerja sistem MPPT ini dibagi menjadi 2 keadaan. Keadaan pertama adalah ketika sepeda dalam posisi berjalan ditempat dan keadaan kedua adalah ketika sepeda dalam posisi dikendarai. Pengujian dilakukan pada setiap kombinasi gear yang dimiliki oleh sepeda yang digunakan.

1. Sepeda dalam posisi tidak dikendarai

Pengujian ini dilakukan dengan cara memutar pedal sepeda menggunakan tangan dan tanpa dikendarai oleh siapapun selama 3 menit. Posisi sepeda dalam posisi standar dua agar roda belakang sepeda tidak menyentuh lantai. Pengujian dilakukan pada setiap kombinasi gear yang ada pada sepeda.

Tabel 4. Data rata-rata hasil pengujian MPPT kondisi 2.

No	Kombinasi Gear		Vout Generator (V)	Iout Generator (A)	Pout Generator (W)	Vout MPPT (V)	Iout MPPT (A)	Pout MPPT (W)
	Primer	Sekunder						
1	1	1	10.19	0.44	4.46	12.85	0.43	5.50
2	2	2	10.41	0.46	4.74	13.23	0.43	5.76
3	3	3	11.03	0.45	4.90	13.19	0.42	5.64
4	1	4	12.38	0.41	5.13	13.05	0.40	5.31
5	5	5	12.67	0.43	5.40	13.04	0.40	5.34
6	6	6	13.52	0.45	5.99	13.21	0.42	5.65
7	7	7	14.90	0.39	5.78	13.10	0.38	5.04

Tabel 5. Data rata-rata duty cycle selama pengujian MPPT kondisi 2.

No	Kombinasi Gear		PWM	Duty cycle
	Primer	Sekunder		
1	1	1	80.78	32%
2		2	94.95	37%
3		3	95.25	37%
4		4	87.96	34%
5		5	98.64	39%
6		6	102.93	40%
7		7	86.67	34%

Dari berbagai kombinasi gear yang digunakan didapatkan nilai rata-rata daya dari generator sepeda ketika sepeda tidak dikendarai adalah sebesar 4-6 Watt. Pada saat generator dihubungkan dengan blok MPPT, algoritma *perturb and observe* yang berupa *duty cycle* sistem. *Duty cycle* ini digunakan sebagai masukan pada mosfet (DC-DC converter). Sinyal *duty cycle* ini memainkan peranan yang sangat penting dalam sistem karena untuk mendapatkan daya maksimal dari generator. Sehingga daya dari generator setelah dipasang MPPT adalah sebesar 5-6 Watt.

2. Sepeda dalam posisi dikendarai

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengendarai sepeda dalam posisi berjalan sejauh ± 200 meter. Beban si pengendara seberat ± 48 Kg. Pengujian dilakukan pada setiap kombinasi gear yang ada pada sepeda.

Tabel 6. Data rata-rata hasil pengujian MPPT kondisi 2.

No	Kombinasi Gear		Vout Generator (V)	Iout Generator (A)	Vout Pont Generator (W)	Vout MPPT (V)	Iout MPPT (A)	Pont MPPT (W)
	Primer	Sekunder						
1	1	1	16.28	0.37	5.93	8.80	0.42	3.73
2	2	2	16.54	0.35	5.83	7.72	0.39	3.00
3	3	3	13.30	0.40	5.30	9.00	0.41	3.76
4	1	4	5.67	0.78	4.56	9.59	0.54	5.30
5		5	4.64	0.84	3.92	10.09	0.51	5.28
6		6	14.48	0.40	5.83	11.49	0.41	4.78
7		7	13.21	0.42	5.61	11.80	0.43	5.10

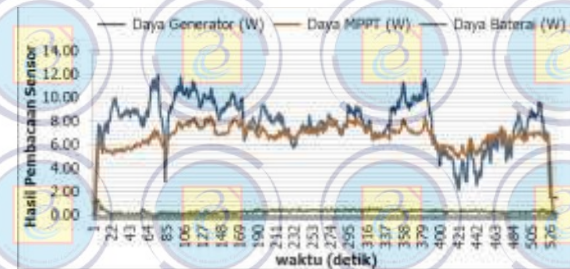
Tabel 7. Data rata-rata dutycycle selama pengujian MPPT kondisi 2.

No	Kombinasi Gear		PWM	Dutycycle
	Primer	Sekunder		
1		1	325.98	128%
2		2	306.15	120%
3		3	88.62	35%
4	1	4	173.20	68%
5		5	241.10	95%
6		6	66.24	26%
7		7	98.39	39%

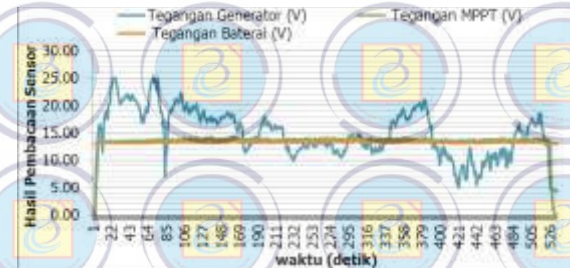
Dari berbagai kombinasi gear yang digunakan didapatkan rentang nilai rata-rata daya dari generator sepeda ketika ditambahkan sepeda dikendarai dengan beban si pengendara sebesar ± 48 Kg adalah sebesar 4-6 Watt. Pada saat generator dihubungkan dengan blok MPPT, algoritma *perturb and observe* yang berupa *duty cycle* sistem. *Duty cycle* ini digunakan sebagai masukan pada mosfet (DC-DC converter). Sinyal *duty cycle* ini memainkan peranan yang sangat penting dalam sistem karena untuk mendapatkan daya maksimal dari generator. Sehingga daya dari generator setelah dipasang MPPT adalah sebesar 3-6 Watt.

B. Pengujian pengisian baterai menggunakan sistem MPPT

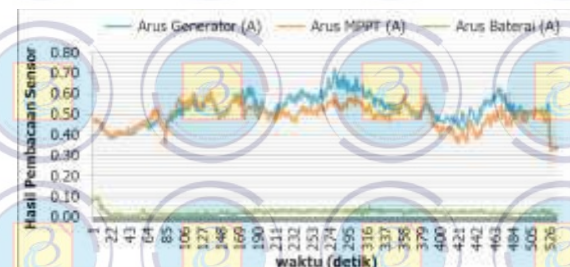
Pengujian ini dilakukan dengan cara mengendarai sepeda dalam posisi berjalan sejauh $\pm 2,8$ KM dan dengan tambahan beban berat badan si pengendara sebesar ± 48 Kg. Pengujian dilakukan dengan menggabungkan setiap kombinasi gear yang ada pada sepeda sesuai dengan medan jalan yang dilalui.



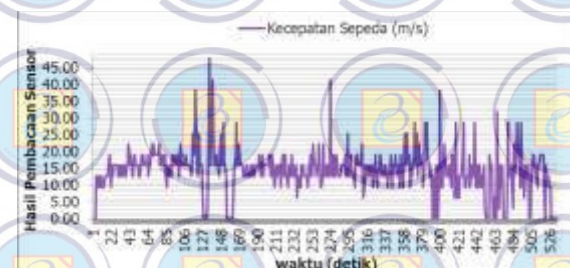
Gambar 24. Data daya selama pengujian pengisian baterai



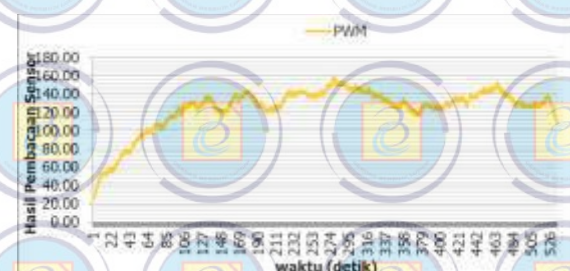
Gambar 25. Data tegangan selama pengujian pengisian baterai



Gambar 26. Data arus selama pengujian pengisian baterai



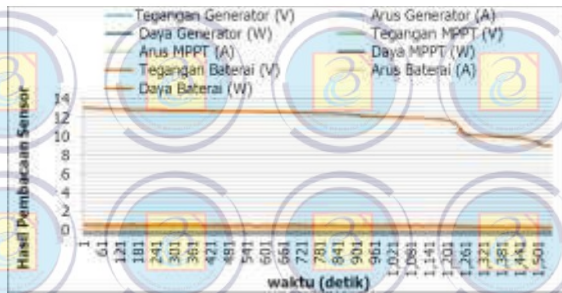
Gambar 27. Data kecepatan sepeda selama pengujian pengisian baterai



Gambar 28. Data dutycycle sepeda selama pengujian

Pada detik ke 85 pada grafik Gambar 24 dan Gambar 25 dapat dilihat ketika kecepatan sepeda sangat rendah maka tegangan generator akan turun dan mempengaruhi hasil daya MPPT sehingga tidak ada proses pengisian pada baterai. Begitupun sebaliknya, ketika kecepatan sepeda tinggi maka tegangan generator akan naik dan mempengaruhi hasil keluaran MPPT sehingga ada proses pengisian pada baterai.

Untuk perbandingan ketika sistem *charging* diaktifkan dengan menjalankan sepeda dengan ketika tidak menjalankan sepeda dapat dilihat pada grafik Gambar 29.



Gambar 29. Data selama baterai tidak diisi

Dari gambar 29 dapat dilihat kapasitas baterai cukup cepat berkurang hanya untuk menghidupkan sistem *charging* itu sendiri. Sehingga pada saat sistem *charging* itu diaktifkan maka kapasitas baterai akan tidak stabil dan cenderung mengikuti antara tegangan masukan dan keluaran yang mana lebih besar. Ketika tegangan masukan baterai lebih besar dibandingkan dengan tegangan keluaran baterai, maka tegangan baterai akan bernilai tetap atau meningkat secara perlahan. Sedangkan ketika tegangan keluaran baterai lebih besar dibandingkan tegangan masukan, maka tegangan baterai akan menurun secara cepat.

Dikarenakan kapasitas normal keseluruhan baterai hanya 12 Volt, sedangkan penggunaan cukup besar seperti untuk menghidupkan Arduino Mega 2560 sebagai pusat kontrolnya memerlukan 9 Volt. Maka kapasitas baterai ketika dihidupkan akan cepat turun karena terpakai untuk sistem *charging* itu sendiri dan hal itu pula yang menyebabkan membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan kapasitas penuhnya ketika proses *charging* berlangsung. Sehingga secara keseluruhan sistem *charging* yang dibuat sudah dapat mengisi daya baterai, namun kurang begitu efektif. Hal itu dikarenakan kapasitas dari baterai lebih besar terpakai untuk menghidupkan sistem *charging* itu sendiri.

Salah satu solusinya adalah dengan dibuatkan sumber daya sendiri untuk sistem *charging* tersebut. Sehingga proses *charging* dapat berlangsung secara efektif dan mengakibatkan kapasitas baterai akan lebih cepat terisi serta tidak cepat habis hanya untuk menghidupkan sistem *charging* tersebut. Sehingga baterai tersebut nantinya dapat digunakan untuk keperluan lainnya seperti *charging* baterai ponsel.

IV. KESIMPULAN

Dari pengujian sistem pengisian baterai pada *Portable Charging Station* 12V 6W dengan tambahan sistem MPPT dengan metode *Perturb & Observe* yang dibuat sudah dapat mengisi daya baterai, namun kurang begitu efektif. Hal itu dikarenakan kapasitas dari baterai lebih besar terpakai untuk menghidupkan sistem *charging* itu sendiri. Oleh karena itu, untuk lama waktu pengisian baterai sulit diketahui karena sulit untuk mencapai kondisi baterai penuh.

Kemudian untuk kinerja dari sistem MPPT pada saat hasil keluaran dari generator ketika sepeda tidak dikendarai memiliki rentang daya rata-rata sebesar 4-6 Watt, setelah dipasangkan dengan MPPT memiliki rentang daya rata-rata sebesar 5-6 Watt. Serta untuk kondisi pada saat hasil keluaran dari generator ketika sepeda dikendarai dengan tambahan beban si pengendara memiliki rentang daya rata-rata sebesar 4-6 Watt, setelah dipasangkan dengan MPPT memiliki rentang daya rata-rata sebesar 3-6 Watt.

REFERENSI

- [1] Amin, M. Al and Asnawi, R. (2017) 'Sepeda Statis Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif Dengan Pemanfaatan Alternator Bekas', *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(2), pp. 119–128.
- [2] Satria, D. et al. (2017) 'Analisa Perhitungan Energi Listrik Pada Sepeda', *jurnal sains dan teknologi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa*, 11(1), pp. 9–19.
- [3] Ridwanto, A. and Broto, W. (2017) 'Perancangan power bank dengan menggunakan dinamo sepeda sederhana', *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2017*, 6, pp. 49–56. doi: <https://doi.org/10.21009/03.SNF2017>.
- [4] Hasan, A. and Hamzah, A. (2017) 'Analisa dan Desain Maximum Power Point Tracking Untuk Generator Induksi Pada Aplikasi Sepeda Listrik', 4(2), pp. 1–9.
- [5] Francis, W. K., S., S. B. and Mathew, J. (2014) 'MATLAB / Simulink PV Module Model of P&O And DC Link CDC MPPT Algorithms with Labview Real Time Monitoring And Control Over P&O Technique', *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, pp. 92–101.
- [6] Arduino - Introduction (no date). Available at: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction#> (Accessed: 16 July 2020).
- [7] Arifianto, D. (2011) *Kumpulan Rangkaian Elektronika Sederhana*. Jakarta: Kawan pustaka.
- [8] M. Al-aubidy, K. (2014) *Single-Board Microcontrollers*.
- [9] Rashid, M. H. (2011) 'Power Electronics Handbook Third Edition', *Power electronics handbook: devices, circuits and applications*, p. 1397. doi: 10.1016/B978-0-12-382036-5.00053-7.
- [10] Tutorial PWM pada Arduino (2016). Available at: <https://www.sinauarduino.com/artikel/tutorial-pwm-pada-arduino/> (Accessed: 11 April 2020).