

## BOOST-CONVERTER SEBAGAI ALAT PENGISIAN BATERAI PADA SEPEDA LISTRIK SECARA OTOMATIS

Eko Prianto<sup>1</sup>, Nurhening Yuniarti<sup>2</sup>, Dika Cahyo Nugroho<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta  
email : eko\_prianto@uny.ac.id

### ABSTRACT

*The purpose of this study is to produce a battery charging device on an electric bicycle automatically using a boost-converter. Then a comparison is made to determine the effectiveness and efficiency of the devices made with the previous charging method, which uses an inverter and a 48V battery charger. The stages include: (1) needs analysis, (2) design, (3) manufacturing, and (4) testing. The design consists of designing a control chain with an Arduino microcontroller, designing a power circuit with Boost-Converter, and box design. The test was conducted at the Department of Electrical Engineering Education Faculty of Engineering UNY. The results of this study in the form of a battery charging device on an electric bicycle automatically with a boost-converter. After testing and comparison with a charging system that uses a 48V inverter and battery charger, the advantages and disadvantages can be known. The disadvantage lies in the reading of sensors that are less stable, relatively lower efficiency, which is an average of 72.15% compared to systems that use Inverters and 48V battery chargers at 84.57%. The advantage is that discharging using a boost converter is relatively longer at 43 minutes, has a control circuit that works automatically, so the energy received by a 12V battery will be effectively channeled to a 48V battery without having to be controlled by the operator. Also available is an external charging port to anticipate if the electrical energy from solar panels is less than optimal.*

**Keywords:** *boost-converter, microcontroller, electric bicycle*

### ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan alat pengisian baterai pada sepeda listrik secara otomatis menggunakan *boost-converter*. Selanjutnya dilakukan perbandingan untuk mengetahui keefektifan dan efisiensi dari alat yang dibuat dengan metode pengisian sebelumnya yaitu menggunakan Inverter dan charger baterai 48V. Adapun tahapannya meliputi : (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan, (3) pembuatan, dan (4) pengujian. Perancangan terdiri dari perancangan rangkain kendali dengan microcontroller Arduino, perancangan rangkaian daya dengan *Boost-Converter* dan perancangan box. Pengujian dilakukan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, FT, UNY. Hasil dari penelitian ini berupa sebuah alat pengisian baterai pada sepeda listrik secara otomatis dengan *boost-converter*. Setelah dilakukan pengujian dan perbandingan dengan sistem pengisian yang menggunakan Inverter dan charger baterai 48V, dapat diketahui kelebihan dan kelemahannya. Kelemahannya terletak pada pembacaan sensor-sensor yang kurang stabil, Efisiensi yang relatif lebih rendah yaitu rata-rata sebesar 72,15% dari pada sistem yang menggunakan Inverter dan charger baterai 48V sebesar 84,57%. Adapun kelebihanannya yaitu pengosongan menggunakan *boost-converter* relatif lebih lama yaitu sebesar 43 menit, memiliki rangkaian kendali yang bekerja secara otomatis, sehingga energi yang diterima baterai 12V akan secara efektif disalurkan ke baterai 48V tanpa harus dikendalikan oleh operator. Selain itu tersedia port pengisian eksternal untukantisipasi jika energi listrik dari panel surya kurang maksimal.

**Kata kunci:** *boost-converter, microcontroller, sepeda listrik*

### PENDAHULUAN

Perkembangan alat transportasi saat ini mengarah pada penggunaan energi yang ramah lingkungan. Sebuah kendaraan transportasi

menggunakan tenaga baterai yang dapat diisi ulang termasuk dalam moda transportasi yang hemat energi, ramah lingkungan, dan nyaman, serta terjangkau bagi masyarakat. Penggunaan moda transportasi ini dimaksudkan untuk

mengurangi emisi karbon dioksida. Pada sebuah baterai yang terisi penuh, daya jangkau sepeda listrik berkisar antara 20 sampai 30 km dengan kecepatan maksimumnya antara 50 sampai 60 km / jam (Zhiying Feng et al., 2010)

Menurut Farina (2017), sepeda listrik adalah salah satu kendaraan listrik yang menggunakan motor listrik sebagai tenaga penggerak. Ada berbagai macam sepeda listrik yang tersedia mulai dari sepeda listrik yang memiliki motor kecil untuk membantu tenaga pengendara sepeda hingga sepeda listrik yang lebih kuat yang cenderung lebih dekat ke arah fungsionalitas dan kinerja. Sepeda listrik menggunakan baterai yang dapat diisi ulang dan dapat melakukan perjalanan hingga 25 km/ jam.

Sistem yang dikembangkan oleh D. M. Sousa (2007) didasarkan pada pendekatan menggunakan dua sumber daya yang berbeda: satu menggunakan baterai atau *fuel cells*, dan yang lainnya menggunakan superkapasitor. Artikel tersebut menjelaskan solusi teknis dalam menggabungkan dan menyelesaikan penggunaan dua sistem penyimpanan energi dalam sistem traksi yang sama. Dalam sistem yang dikembangkan, superkapasitor berjalan sebagai elemen yang menyimpan energi sementara dan dapat digunakan untuk mengambil energi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Shuguang Ji (2012), dengan bobot yang lebih ringan, teknologi penggerak listrik memungkinkan sepeda listrik menjadi sangat hemat energi. Sebagai contoh, sebagian besar mengkonsumsi sekitar seper sepuluh dari konsumsi energi mobil listrik kecil yang artinya mengkonsumsi energi kurang dari 2 kWh / 100 km.

Sepeda adalah kendaraan alternatif yang murah. Energi matahari dapat digunakan untuk mengisi baterainya. Ketika tidak ada sinar matahari, baterai menyediakan koneksi untuk mengisi ulang menggunakan pengisi daya dengan menghubungkannya ke stopkontak

biasa, biasanya membutuhkan waktu sekitar tiga jam dalam pengisian ulang (Ashish, 2019).

Pada penelitian ini mengembangkan sepeda listrik berpanel surya yang memanfaatkan energi yang terpancar dari sinar matahari sebagai bahan bakar utamanya. Sepeda listrik ini tidak lagi bergantung pada suplai energi listrik dari PLN atau pembangkit lainnya. Energi yang dipancarkan oleh matahari diubah menjadi energi listrik oleh panel surya kemudian energi listrik tersebut disimpan didalam baterai yang dapat digunakan untuk menggerakkan motor listrik sebagai penggerak utama pada sepeda listrik.

Dengan segala kelebihan dan kekurangannya maka perlu dilakukan pengembangan pada sepeda listrik yang telah ada. Pengembangan yang dilakukan dengan cara menerapkan metode pengisian baterai yang berbeda dari yang sudah terpasang pada sistem sebelumnya. Hal ini dilakukan karena pada sistem pengisian yang sebelumnya tidak terdapat rangkaian kendali otomatis dan memakan waktu yang relatif lama dalam proses pengisian energi listrik, sehingga dalam penelitian ini dibuat sebuah sistem penaik tegangan DC menggunakan sebuah modul *boost-converter* yang dilengkapi dengan rangkaian kendali berbasis Arduino Nano untuk keperluan otomatisasi rangkaian. Alat ini akan digunakan untuk mengisi baterai 48V dengan cara menaikkan tegangan pada baterai 12V dan mengatur arus keluarannya sehingga dapat digunakan untuk mengisi baterai 48V secara efisien.

*Boost Converter* adalah sebuah rangkaian elektronik untuk keperluan *power supply*. *Boost Converter* dikenal juga sebagai konverter penaik tegangan DC ke DC, sama halnya dengan *buck-converter*, *Boost Converter* menggunakan sistem SMPS (*switched-mode power supply*) yang mempunyai setidaknya dua buah komponen semi konduktor sebagai *switch* sehingga dengan menggunakan sistem seperti ini diharapkan dapat lebih efisien dalam mengkonversi tegangan DC.

*Buck-converter* adalah sebuah komponen elektronika yang dapat menurunkan tegangan DC ke level tegangan yang lebih rendah, misalkan menurunkan tegangan 12V DC menjadi 5V DC namun dengan efisiensi yang sangat baik, karena menerapkan sistem SMPS (*Switching Mode Power Supply*), dimana tingkat efisiensinya dapat mencapai 90% dibandingkan dengan sistem penurun tegangan konvensional (sistem linier).

Rangkaian dalam penelitian ini menggunakan *relay* yang berfungsi sebagai saklar. Saklar ini dioperasikan secara elektrik dengan menggunakan daya yang relatif kecil namun dapat mengendalikan saklar pada sebuah rangkaian yang menghantarkan tegangan jauh lebih besar. Terdapat 2 bagian utama dalam relay yaitu *coil* dan sepasang kontak NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*). Cara kerja *relay* menggunakan prinsip elektromagnetik dimana arus listrik yang digunakan untuk mengendalikan *relay* masuk kedalam *coil* yang akan memiliki sifat kemagnetan dan akan menarik sepasang kontak yang terbuat dari logam, sehingga kontak tersebut akan bekerja untuk membuka kontak NC dan menutup kontak NO.

Papan penampil data yang digunakan dalam rangkaian ini berupa *Inter Integrated Circuit (i2c)* atau dikenal juga dengan *Two Wire Intervace (TWI)* merupakan sebuah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan protokol *I2C*, menggunakan sistem ini jauh lebih mudah dan menghemat pin pada Arduino. Dengan menggunakan modul *I2C* hanya membutuhkan 2 buah pin untuk mengendalikan LCD yaitu pin SDA (*Serial Data*) dan pin SCL (*serial clock*). Kedua pin ini telah tersedia didalam Arduino Nano pada pin 4 dan 5.

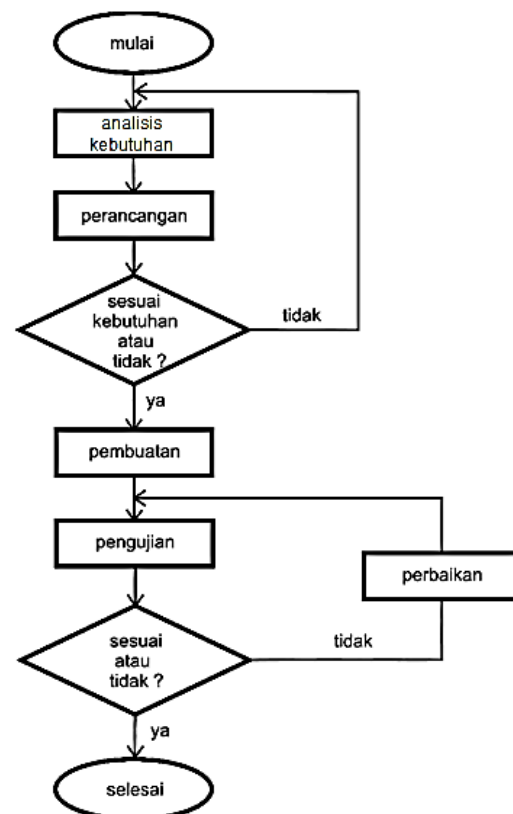
*Software* dalam memprogram mikrokontroler menggunakan Arduino IDE yang bersifat *Open source* yang dapat di *download* secara gratis. Arduino IDE sendiri memiliki kepanjangan *Integrated Development*

*Environment* yang memiliki arti lingkungan terintegrasi, dilakukan untuk melakukan pengembangan. Sehingga dapat dikatakan bahwa melalui program Arduino IDE proses pemrograman Arduino dapat dilakukan untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui *sintaks* program.

Penyimpan energi listrik dalam rangkaian ini menggunakan Akumulator. Akumulator atau yang lebih sering kita sebut sebagai aki ini memiliki *cell-cell*, dimana dalam standar internasional setiap *cell* dari aki memiliki tegangan kurang lebih 2 Volt, sehingga pada aki 12 V yang sering dijumpai dipasaran memiliki 6 buah *cell*.

## METODE

Proses pembuatan alat pengisian baterai dengan *boost-converter* ini melalui beberapa tahapan yaitu: (1) Analisis kebutuhan, (2) Perancangan, (3) Pembuatan Alat, (4). Pengujian Alat. Langkah dalam penelitian ini disajikan dalam gambar 1.



Gambar 1. Alur Pembuatan dan Pengujian Alat

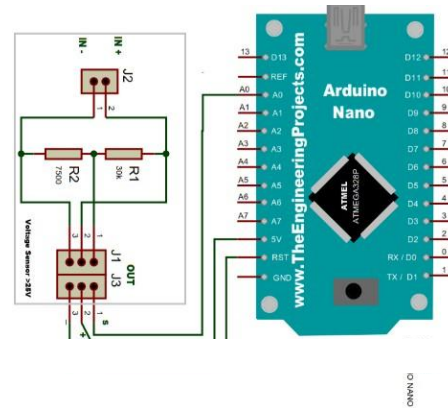
Identifikasi kebutuhan berupa daftar alat dan bahan yang digunakan untuk membuat alat pengisian baterai pada sepeda listrik, Daftar bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan alat disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Daftar Bahan

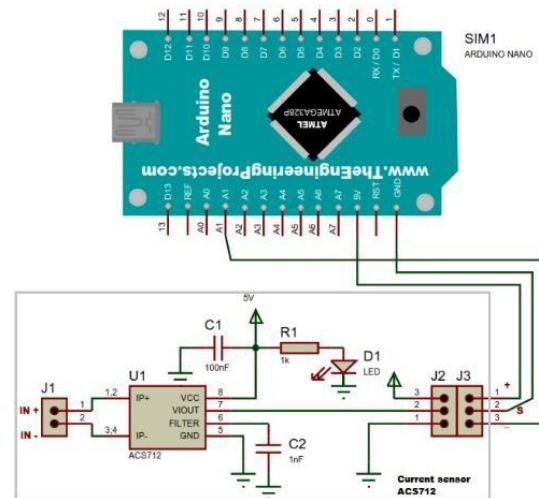
No	Nama Bahan	Jml	Satuan
1.	Arduino nano	1	Buah
2.	Realy 4 channel	1	Buah
3.	Sensor tegangan	1	Buah
4.	<i>Buck Converter</i>	1	Buah
5.	<i>Boost Converter</i>	1	Buah
6.	LCD	1	Buah`
7.	I2C	1	Buah
8.	Kabel Jumper	30	Buah
9.	Kabel +	2	Meter
10.	Kabel -	2	Meter
11.	PCB Matrix	1	Buah
12.	Banana Plug	6	Buah
13.	Box hitam	1	
14.	Tenol	1	Gulung
15.	Mur & baut	secukupnya	
16.	Jepit Buaya	secukupnya	

Pada tahap Perencanaan terdiri dari perancangan rangkaian kendali, perancangan rangkaian daya dan perancangan box.

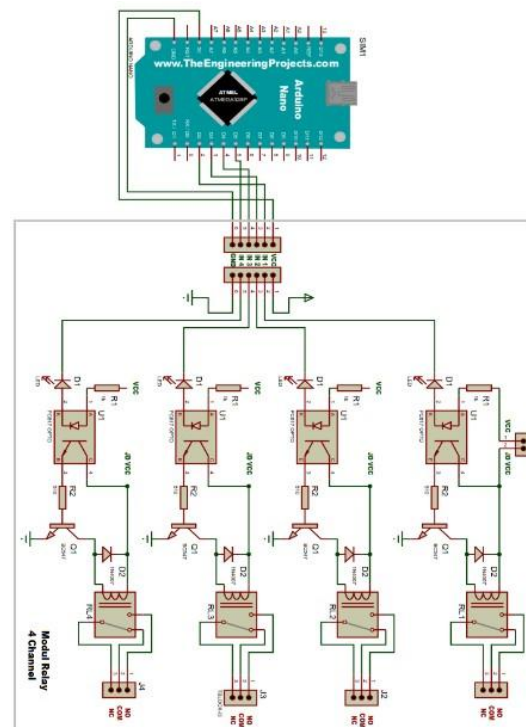
Sistem kendali berfungsi untuk mengontrol kerja *Boost-Converter* dalam hal ini sistem kendali akan mengendalikan empat buah relay yang bekerja memutus dan menghubungkan *Boost-Converter* dengan sumber. Satu buah sensor tegangan sebagai pembaca tegangan. Satu buah sensor arus untuk membaca arus yang mengalir menuju *Boost Converter* dan dilengkapi juga dengan LCD 16 X 2 untuk menampilkan data berupa kondisi kerja, tegangan, arus dan daya. Seluruh fungsi diatas dapat dilakukan dengan menggunakan arduino nano.



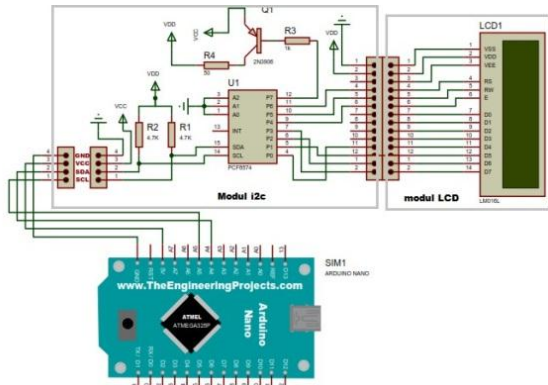
Gambar 1. Rangkaian Sensor Tegangan



Gambar 2. Rangkaian Sensor Arus

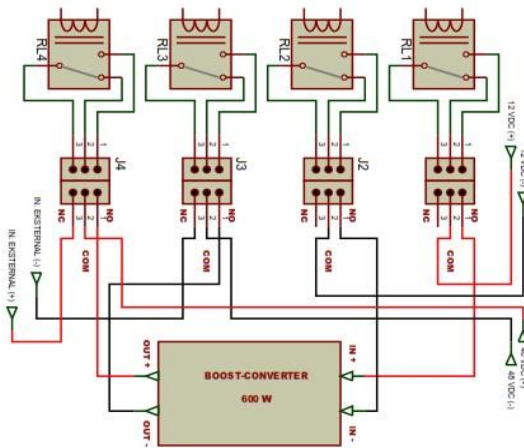


Gambar 3. Rangkaian Relay 4 Channel



Gambar 4. Rangkaian Display & i2c

Pada sistem ini, yang dikendalikan pada rangkaian daya yaitu kontak-kontak pada relay. Kontak-kontak pada relay ini akan memutuskan dan menghubungkan beberapa komponen seperti baterai 12V, Boost-Converter, terminal pengisian eksternal dan baterai 48V.



Gambar 5. Rangkaian Daya

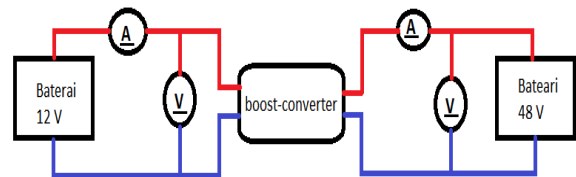
Box yang digunakan adalah box berbahan plastik berukuran 18,5 (p) x 11,5 (l) x 6 (t) cm yang banyak ditemukan di pasaran. Jalur input dan output dari rangkaian didesain dalam pembuatan box agar mudah dalam penggunaan.

Tahap pembuatan yaitu tahap yang dilakukan untuk merealisasikan alat yang telah direncanakan. Pembuatan dilakukan berdasarkan hasil rancangan yang sebelumnya telah dibuat, baik itu rancangan rangkaian kendali, rangkaian daya maupun rancangan box. Kemudian hasil proses perancangan dihubungkan menjadi sebuah sistem agar dapat digunakan untuk proses selanjutnya.

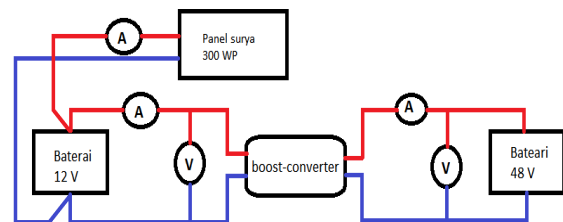


Gambar 6. Produk

Tahap pengujian dibagi kedalam beberapa tahapan mulai dari pengujian tanpa pengisian dari PV, dimana proses ujicoba dan pengambilan data hanya bersumber dari baterai 12V saja tanpa ada pengisian dari PV.



Gambar 7. Rangkaian Pengujian Tanpa Pengisian dari PV



Gambar 8. Rangkaian Pengujian Tanpa Pengisian dari PV

Kemudian pengujian dengan pengisian dari panel surya, yaitu pada baterai 12V sebagai sumber dilakukan pengisian melalui PV, atau dengan kata lain pada baterai 12V berlangsung dua proses secara bersamaan, yaitu pengisian melalui PV, dan pengosongan melalui boost-converter. Selain itu dilakukan juga tahap pengujian sensor-sensor yang digunakan, yakni sensor arus dan tegangan. Rangkaian pengujian

tanpa pengisian dari panel surya dan menggunakan panel surya disajikan dalam gambar 7 dan 8.

Setelah melakukan pengujian, maka akan didapat data dari masing-masing proses pengujian. Hasil pengujian tanpa pengisian dari PV disajikan dalam tabel 3.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3. Hasil pengujian tanpa pengisian dari PV

Waktu (Menit)	Pengukuran Dengan Alat Ukur						Pembacaan Sensor		
	Input Baterai 12V			Output Baterai 48V			Input Baterai 12V		
	E (V)	I(A)	P(W)	E(V)	I(A)	P(W)	E(V)	I(A)	P(W)
0	12,2	4,7	57,34	49	0,93	45,57	11,86	3,71	44,00
5	12,1	4,7	56,87	49	0,92	45,08	11,65	3,71	43,22
10	12,1	4,7	56,87	49	0,9	44,1	11,65	3,77	43,92
15	12,1	4,7	56,87	49,2	0,9	44,28	11,53	3,72	42,89
20	12	4,7	56,4	49,2	0,9	44,28	11,43	3,73	42,63
25	11,9	4,6	54,74	49,2	0,85	41,82	11,24	3,68	41,36
30	11,9	4,6	54,74	49,2	0,85	41,82	11,21	3,64	40,80
35	11,7	4,6	53,82	49,2	0,83	40,84	10,72	3,58	38,38
40	11,4	4,6	52,44	49,2	0,82	40,34	10,31	3,57	36,81
44	sistem off								

Tabel 4. Kondisi Baterai saat Hasil Pengujian Tanpa pengisian dari PV

Baterai	Kondisi Awal	Kondisi Akhir
12V	12,5 V	11,8 V
48V	47,2 V	47,8 V

Tabel 5. Hasil Pengujian dengan Pengisian dari PV

Waktu (Menit)	Pengukuran Dengan Alat Ukur						Pembacaan Sensor		
	Input Baterai 12V			Output Baterai 48V			Input Baterai 12V		
	E(V)	I(A)	P(W)	E(V)	I(A)	P(W)	E(V)	I(A)	P(W)
0	12,5	5,9	73,75	49,5	1,15	56,93	11,58	5,16	59,75
5	12,2	6,6	80,52	49,5	1,2	59,4	11,32	5,78	65,43
10	11,2	5,4	60,48	49,5	0,95	47,03	10,54	4,64	48,91
15	12,8	7,6	97,28	49,5	1,35	66,83	11,67	6,79	79,24
20	12,5	7,7	96,25	49,8	1,42	70,72	11,64	6,93	80,67
25	12,5	7,5	93,75	50	1,38	69	11,84	6,78	80,28
30	12,3	7,4	91,02	50	1,3	65	11,36	6,45	73,27
35	12,7	7,5	95,25	50	1,32	66	11,67	6,54	76,32
40	12,6	7,4	93,24	50	1,32	66	11,88	6,21	73,77
45	12,5	7,4	92,5	50	1,28	64	11,58	6,47	74,92
50	12,5	7,5	93,75	50	1,3	65	12,12	6,26	75,87
55	12,5	7,4	92,5	50	1,3	65	12,24	6,52	79,80
60	12,5	7,2	90	50	1,22	61	11,58	6,29	72,84
65	11,7	6,8	79,56	50,2	1,23	61,75	11,21	5,91	66,25

Tabel 6. Kondisi baterai saat Pengujian dengan Pengisian dari PV

Baterai	Kondisi Awal	Kondisi Akhir
12V	10,8 V	11,7 V
48V	47,3 V	48 V

Tabel 7. Hasil Pengujian Rangkaian Kendali

Sensor Tegangan		Tombol ON	Kondisi Relay				Status
Input	Ekst.		12A	12B	48A	48B	
> 12,00	X	0	ON	ON	ON	ON	Running
> 12,00	X	1	ON	ON	ON	ON	Running
> 12,00	√	0	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengisian Eksternal
> 12,00	√	1	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengisian Eksternal
10 - 11,9	X	0	OFF	OFF	OFF	OFF	Standby
10 - 11,9	X	1	ON	ON	ON	ON	Running
10 - 11,9	√	0	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengisian Eksternal
10 - 11,9	√	1	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengisian Eksternal
< 10	X	0	OFF	OFF	OFF	OFF	Standby
< 10	X	1	OFF	OFF	OFF	OFF	Standby
< 10	√	0	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengisian Eksternal
< 10	√	1	OFF	OFF	OFF	OFF	Pengisian Eksternal

Tabel 8. Hasil Pengujian sensor-sensor

	Pengukuran Manual		Pembacaan Sensor		Selisih		Persentase Kesalahan	
	E (V)	I (A)	E (V)	I (A)	E (V)	I (A)	E (%)	I (%)
KONDISI A	12,2	4,7	11,8	3,71	0,34	0,99	2,79	21,06
	12,1	4,7	11,6	3,71	0,45	0,99	3,72	21,06
	12,1	4,7	11,6	3,77	0,45	0,93	3,72	19,79
	12,1	4,7	11,5	3,72	0,57	0,98	4,71	20,85
	12	4,7	11,4	3,73	0,57	0,97	4,75	20,64
	RATA-RATA					0,48	0,97	3,94
KONDISI B	E (V)	I (A)	E (V)	I (A)	E (V)	I (A)	E (%)	I (%)
	12,50	5,90	11,5	5,16	0,92	0,74	7,36	12,54
	12,20	6,60	11,3	5,78	0,88	0,82	7,21	12,42
	11,20	5,40	10,5	4,64	0,66	0,76	5,89	14,07
	12,80	7,60	11,6	6,79	1,13	0,81	8,83	10,66
	12,50	7,70	11,6	6,93	0,86	0,77	6,88	10,00
RATA-RATA					0,89	0,78	7,23	11,94

Sebagai data pembandingan pengujian tanpa pengisian dari PV. Telah diambil data pengisian baterai sepeda listrik dengan menggunakan Inverter menggunakan sumber tegangan dari tegangan listrik PLN dan data

pengisian baterai dengan menggunakan secara bersamaan sumber dari tegangan listrik PLN dan PV. Data pembandingan tersebut disajikan dalam tabel 9 dan 11.

Tabel 9. Data pengujian menggunakan inverter tanpa pengisian dari PV

Waktu (menit)	Pengukuran Dengan Alat Ukur						Efisiensi (%)
	Input Baterai 12V			Output Baterai 48V			
	E(V)	I(A)	P(W)	E(V)	I(A)	P(W)	
0	12,3	8	98,4	49,5	1,72	85,14	86,52
5	12,2	8,1	98,82	49,5	1,72	85,14	86,16
10	12	8,4	100,8	49,5	1,72	85,14	84,46
15	11,8	8,6	101,48	50	1,72	86	84,75
20	11,5	9,0	103,5	50	1,72	86	83,09
25	11,2	9,5	106,4	50	1,72	86	80,83
28	10,8	10,2	110,16	50	1,72	86	78,07

Tabel 10. Kondisi baterai saat pengujian dengan inverter tanpa pengisian dari PV

Baterai	Kondisi Awal	Kondisi Akhir
12V	12,5 V	11,5 V
48V	47,4 V	48 V

Tabel 11. Data pengujian dengan pengisian dari PV dengan inverter

WAKTU (Menit)	PENGUKURN MANUAL						Efisiensi (%)
	INPUT BATERI 12V			OUTPUT BATERI 48V			
	E (V)	I (A)	P (W)	E (V)	I (A)	P (W)	
0	12,0	8,0	96	48,0	1,75	84	87,5
5	12,0	8,4	100,8	49,0	1,75	85,75	85,07
10	12,0	8,4	100,8	49,0	1,75	85,75	85,07
15	11,3	8,5	96,05	50,0	1,75	87,50	91,10
20	11,3	8,6	97,18	50,0	1,72	86,00	88,50
25	11,1	8,7	96,015	50,0	1,72	86,00	89,57
30	11,0	8,8	96,8	50,0	1,72	86,00	88,84
35	11,0	9,0	99	50,0	1,72	86,00	86,87
40	11,0	9,8	107,8	50,0	1,72	86,00	79,78
44	ALAREM INVERTER BERBUNYI -Inverter dimatikan secara manual selama kurang lebih 15 menit hingga indikator full pada scc menyala.						
45	13,0	7,7	100,1	49,0	1,72	84,28	84,20



WAKTU (Menit)	PENGUKURN MANUAL						Efisiensi (%)
	INPUT BATERI 12V			OUTPUT BATERI 48V			
	E (V)	I (A)	P (W)	E (V)	I (A)	P (W)	
50	17,0	7,0	119	49,8	1,72	85,66	71,98
55	16,0	7,0	112	49,8	1,72	85,66	76,48
60	13,0	8,1	105,3	50,0	1,72	86,00	81,67
65	12,0	8,2	98,4	50,0	1,72	86,00	87,40

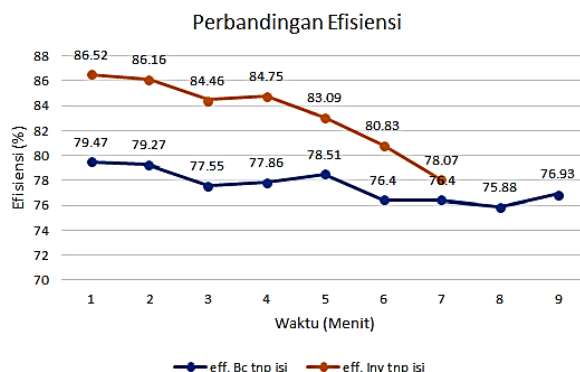
Tabel 12. Kondisi baterai saat pengujian dengan pengisian dari PV dengan inverter.

Baterai	Kondisi Awal	Kondisi Akhir
12V	12,5 V	12,5 V
48V	48 V	49 V

Dari data pengujian tanpa pengisian panel surya yang telah diperoleh kemudian dihitung efisiensinya. Sehingga didapat efisiensi rata-rata sebesar:

$$\frac{\sum Efisiensi}{n} = \frac{698,26}{9} = 77,5$$

Efisiensi tersebut akan dibandingkan dengan efisiensi dari sistem yang menggunakan inverter dan charger baterai 48V. Sehingga dapat diketahui terdapat selisih 5,83% yang didapat dari perbandingan dengan rata-rata pada sistem yang menggunakan inverter sebesar 83,41%. Dalam membandingkan data efisiensi tersebut, disajikan gambar 9 untuk lebih mudah dalam membandingkan.



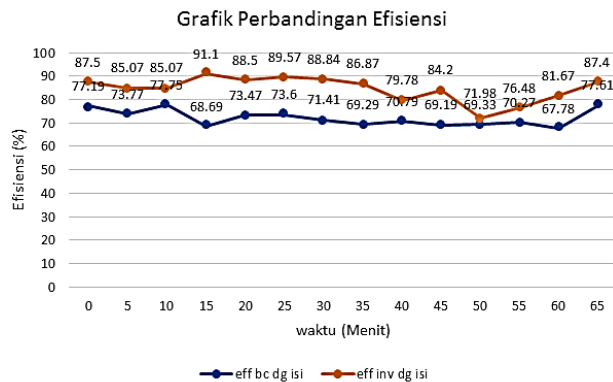
Gambar 9. Grafik perbandingan Pengujian Tanpa Pengisian dari PV

Dari grafik diatas dapat dilihat perbedaan waktu pengosongan, pengosongan

menggunakan *Boost-converter* relatif lebih lama yaitu sebesar 43 menit, dibanding menggunakan *Inverter* yang memakan waktu 28 menit, pengosongan menggunakan *Boost-converter* 12 menit lebih lama dibanding waktu pengosongan menggunakan *inverter*.

Perbandingan antara pengujian dengan pengisian dari panel surya dan pengujian pengisian menggunakan inverter terdapat selisih pada rata-rata efisiensi setelah dilakukan perhitungan. Nilai rata-rata efisiensi dari data pengujian pengisian menggunakan *boost-converter* sebesar 72,15% dan pada sistem yang menggunakan *Inverter* dan charger baterai 48V sebesar 84,57%. Sehingga dapat dikatakan bahwa pengisian baterai 48V akan lebih efisien jika menggunakan *Inverter* dan charger baterai 48V dengan selisih efisiensi sebesar 12,42% jika dibandingkan dengan menggunakan sistem pengisian yang menggunakan *boost-converter*.

Berdasarkan Tabel 7 diketahui bahwa rangkaian kendali dapat berjalan dengan baik, rangkaian kendali akan menghentikan kerja *boost-converter* dengan cara memutus hubungan dengan sumber dan beban, apabila tegangan pada sumber kurang dari 10V dan akan menghidupkannya kembali ketika tegangan yang terbaca lebih dari 12V.



Gambar 10. Grafik perbandingan Pengujian dengan pengisian dari PV dan inverter

Ketika tegangan berada diantara 10V dan 12V, pengguna tetap dapat menghidupkannya secara manual dengan menekan tombol ON maka secara otomatis rangkaian akan bekerja seperti biasa. Namun ketika tegangan sumber kurang dari 10V maka rangkaian tidak akan bisa diaktifkan. Lain halnya ketika rangkaian kendali mendeteksi pengisian eksternal, maka hubungan *boost-converter* dan sumber akan diputus dan secara otomatis beban akan dihubungkan dengan sumber pengisian eksternal.

Jika dibandingkan dengan pengisian dengan inverter yang tidak memiliki rangkaian kendali tentunya alat ini lebih unggul. Karena seluruh rangkaian dikendalikan secara otomatis sehingga ketika baterai 12V terisi penuh maka energinya akan langsung disalurkan ke baterai 48V dan karena energi pada baterai 12V langsung disalurkan maka, baterai 12V tetap dapat menerima energi yang dihasilkan oleh panel surya, sehingga dapat dikatakan tidak ada energi yang terbuang.

Selain itu terdapat juga opsi pengisian eksternal yang sehingga lebih fleksibel digunakan ketika energi dari sinar matahari yang didapatkan tidak maksimal untuk dapat digunakan sebagai suplai untuk pengoperasian sepeda listrik.

## SIMPULAN

Pembuatan alat pengisian baterai pada sepeda listrik secara otomatis dilakukan dengan

menggunakan sebuah *boost-converter* yang dikendalikan dengan rangkaian kendali otomatis berbasis Arduino, selain itu alat ini juga dilengkapi dengan sebuah LCD 16x2 untuk menampilkan data-data yang dibutuhkan.

Unjuk kerja dari *Boost-converter* dengan kendali otomatis dapat menghubungkan *Boost-converter* dengan baterai 12V dan beban (baterai 48V) secara otomatis ketika tegangan input yang terdeteksi lebih dari 12V. Rangkaian dapat bekerja dalam mode *runing* secara manual dengan menekan tombol ON ketika tegangan berada dalam rentang 10V-12V. Rangkaian mampu memutus *boost-converter* ketika tegangan yang terdeteksi dibawah 10V. *Boost-converter* tidak akan bekerja jika tegangan input yang terbaca oleh sensor kurang dari 10V. *Boost-converter* bekerja dalam mode pengisian eksternal ketika mendeteksi tegangan pada port pengisian eksternal. Dalam proses pengisian efisiensi yang diperoleh berubah-ubah. Berdasarkan data yang didapat, rata-rata efisiensi sebesar 77,58% pada pengujian tanpa pengisian dari panel surya, sedangkan pada saat pengujian dengan pengisian dari panel surya rata-rata efisiensinya sebesar 72,15%.

## DAFTAR RUJUKAN

- Ali, Muhamad. 2011. *Modul Kuliah Elektronika Daya "Pengantar Elektronika Daya"*. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY.
- Ashish S. Patil dkk. 2019. Solar Electric Bicycle (Hybrid). *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* Volume: 06 Issue: 04 Apr 2019 Page 1241 – 1244
- Asmara, Andik. 2015. *Panduan pemrogram mikrokontroler (edisi 1-3)*. Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FT UNY.
- D. M. Sousa, P. J. Costa Branco and J. A. Dente, 2007. "Electric bicycle using batteries and supercapacitors," 2007 *European Conference on Power*

- Electronics and Applications*, Aalborg, 2007, pp. 1-10.
- Farina, S, dkk. 2017. Design and Analysis of In-Wheel Double Stator Slotted Rotor BLDC Motor for Electric Bicycle Application. *International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)* Vol. 9, No. 1, March 2018, pp. 457~464
- Ji, S.; Cherry, C.R.J.; Bechle, M.; Wu, Y.; Marshall, J.D. 2012. Electric vehicles in China: Emissions and health impacts. *Environ. Sci. Technol.* 2012, 46, 2018–2024.
- Zhiying Feng, Rakesh P Raghuwanshi, Zigang Xu, et al. 2010. Electric-bicycle-related injury: a rising traffic injury burden in China. *Injury Prevention* 2010;16 page 417-419. doi:10.1136/ip.2009.024646