

SISTEM PENGISI BATERAI MENGGUNAKAN *BOOST CONVERTER* DAN *PHOTOVOLTAIC* PADA *TRAFFIC LIGHT*

Irham Herafiandi, Eka Madyatama*, M. Luqman
Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang
Jl. Soekarno Hatta No. 09, Malang 65144
herafiandiirham@gmail.com

Abstrak- Lampu lalu lintas adalah lampu yang digunakan mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*) dan tempat arus lalu lintas lainnya. Saat ini masih banyak pemasangan *traffic light* yang menggunakan sumber listrik *non-renewable energy*. Selain itu masih banyak persimpangan yang ramai tanpa adanya rambu lalu lintas. Dari kedua masalah tersebut dapat menimbulkan potensi kecelakaan dan terjadinya kemacetan. Oleh karena itu pada penelitian ini mengangkat sebuah judul tentang pengisian baterai dengan memanfaatkan energi sinar matahari sebagai sumber energi listrik untuk lampu *traffic light*. Untuk menstabilkan nilai tegangan keluaran solar sel menjadi level tegangan baterai digunakan sebuah *boost converter* dan dengan pengontrolan *PWM*. Tegangan pengisian baterai diset pada 14 Volt dan rangkaian *boost converter* bekerja pada rentang 8-13 Volt. Pada saat tegangan keluaran *photovoltaic* diatas 13 volt, *photovoltaic* akan terhubung langsung ke baterai dengan *blocking diode*. Selain itu digunakan pula rangkaian saklar pemutus listrik untuk memutus sistem pengisi baterai saat baterai telah terisi penuh (13,6 Volt). Pada pengujian pengisi baterai menggunakan *boost converter* dengan sumber *photovoltaic* didapatkan efisiensi daya (η) terbesar terjadi pada saat tegangan input 11,17 Volt, dengan nilai 63%. Dan nilai efisiensi daya terkecil terjadi pada saat tegangan input sebesar 8,22 Volt dengan nilai 11%. Dengan menggunakan sistem pengisi baterai ini dalam satu hari cerah mampu mengisi sebesar 74,3% ($3.25A \times 8 \text{ jam} = 26Ah$) dari 35Ah 12V. Sehingga dapat menghidupkan secara *continue* sebuah *traffic light* dengan daya 16 Watt selama 15 jam.

Kata Kunci—*photovoltaic, boost converter, traffic light*.

1. PENDAHULUAN

Lampu lalu lintas adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (*zebra cross*) dan tempat arus lalu lintas lainnya. Manfaat yang diperoleh dari penggunaan lampu lalu lintas tersebut adalah untuk mengurangi titik konflik potensi kecelakaan dan mengurangi tundaan dengan mengatur pergerakan lalu lintas [1].

Saat ini masih banyak pemasangan *traffic light* yang menggunakan sumber listrik *non-renewable energy*. Padahal sumber energi tersebut dianggap tidak bersahabat terhadap lingkungan serta tidak tersedia secara terus menerus dan pada saatnya sumber energi tersebut akan habis. Harga sumber energi listrik ini juga semakin melambung tinggi dari waktu ke waktu seiring bertambahnya populasi manusia.

Untuk itu perlu adanya sumber energi listrik yang dapat digunakan tanpa menggunakan sumber listrik *non-renewable energy*. Solar cell merupakan sumber listrik yang tepat sebagai sumber energi pada *traffic light*. Karena di jalan raya merupakan tempat yang baik dan tepat sebagai penerimaan energi sinar matahari atau biasa disebut proses *photovoltaic*. Dimana energi dari sinar matahari akan dikonversi menjadi sumber energi listrik.

Sel surya merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan dan biaya perawatan yang rendah. Selain itu sel surya tidak menghasilkan *noise*. Sehingga sel surya dapat dijadikan sumber listrik alternatif pada *traffic light*. Kemampuan panel surya untuk menghasilkan daya sangat tergantung oleh perubahan intensitas cahaya yang di terima oleh sel surya.

Terdapat banyak metode untuk memaksimalkan penggunaan panel surya, namun terdapat suatu rangkaian elektronik yang dapat memaksimalkan panel surya tersebut yaitu sebuah rangkaian *converter* [2].

Dari permasalahan diatas, dapat dibuat suatu konsep *traffic light* yang diimplementasikan pada persimpangan dengan sumber energi *photovoltaic*. Berdasarkan latar belakang tersebut maka dibuat judul Sistem Pengisi Baterai Menggunakan *Boost Converter* dan *Photovoltaic* pada *Traffic Light*.

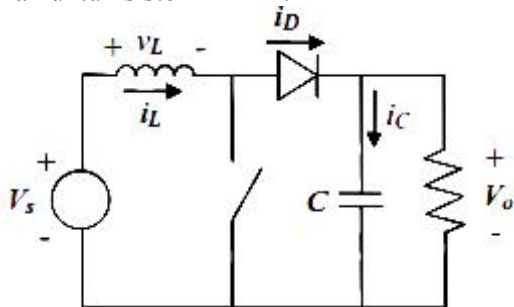
2. TINJAUAN PUSTAKA

1. Photovoltaic

Photovoltaic adalah bahan semikonduktor yang dapat melepas elektron apabila ada rangsangan dari sinar matahari yang kemudian membentuk arus listrik. Bahan semikonduktor yang sering dipakai oleh sel *photovoltaic* adalah *silicon*. Besarnya arus yang dihasilkan oleh solar sel berbanding lurus dengan intensitas cahaya matahari, maka tidak sama antara kondisi cuaca cerah dan kondisi mendung. Sehingga bisa dikondisikan besarnya arus yang dihasilkan berbanding lurus dengan berat jenis awan yang memantulkan sinar dari matahari[3].

2. Boost Converter

Dc-dc converter adalah rangkaian elektronika daya untuk mengkonversi level tegangan dc ke level tegangan dc yang berbeda. Rangkaian *dc-dc converter* ada beberapa topologi, yang digunakan dalam tulisan ini adalah Salah satu jenis dari *dc-dc converter* adalah topologi *boost converter*. *Boost converter* adalah suatu *dc-dc converter* yang menghasilkan nilai tegangan DC output lebih besar daripada tegangan DC input. Karakteristik tersebut dapat digunakan untuk sistem MPPT.

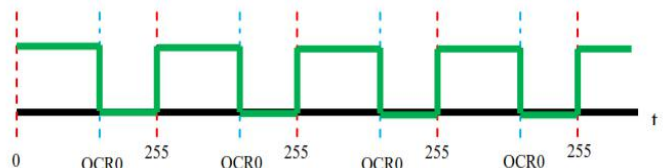


Gambar 1 Rangkaian *boost converter*[4]

3. PWM (Pulse Width Modulation) Mikrokontroler

PWM atau *Pulse Width Modulation* adalah salah satu teknik pemodulasian sinyal dimana besar *duty cycle* pulsa dapat diubah ubah. PWM biasa digunakan untuk aplikasi-aplikasi analog yang menggunakan kontrol digital atau mikrokontroler, hal ini dikarenakan mikrokontroler tidak mampu menghasilkan tegangan analog secara langsung. Pembangkitan PWM pada mikrokontroler adalah dengan membandingkan dua buah variable yang

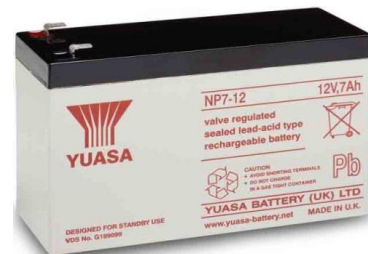
tersimpan dalam memori mikrokontroler, yaitu variable TCNTx dengan OCRx (salah satu contohnya). Apabila *timer* yang digunakan adalah timer 0, maka variabel yang dipakai adalah TCNT0 dan OCR0



Gambar 2 Pembangkitan sinyal PWM dengan mikrokontroler[5]

4. Baterai

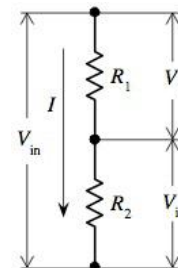
Baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversibel adalah didalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai[6].



Gambar 3 Aki kering 12V

5. Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah sebuah rangkaian yang digunakan mengukur sebuah level tegangan tertentu, dengan kata lain sensor tegangan ini mempunyai prinsip kerja dasar mengkonversi tegangan dari satu level ke level lainnya. Sensor tegangan yang digunakan dalam skripsi ini menggunakan rangkaian pembagi tegangan, seperti pada gambar berikut.



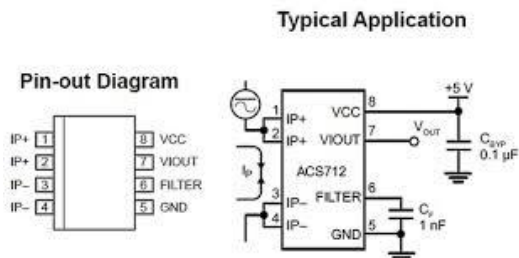
Gambar 4 Rangkaian pembagi tegangan [7]

Pada rangkaian tersebut berlaku rumus:

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

6. Sensor Arus

Sensor arus adalah alat yang digunakan untuk mengukur kuat arus listrik. Sensor arus ini menggunakan metode *Hall Effect Sensor*. *Hall Effect Sensor* merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi medan magnet. Pendeteksian perubahan kekuatan medan magnet cukup mudah dan tidak memerlukan apapun selain sebuah inductor yang berfungsi sebagai sensornya. Pada skripsi ini menggunakan sensor arus ACS712 sebagai *hall effect sensor*.



Gambar 5 Sensor arus acs712[8]

7. Traffic Light

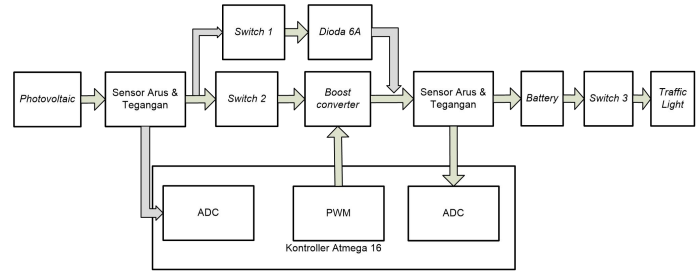
Lampu lalu lintas (menurut UU no. 22/2009 tentang Lalu lintas dan Angkutan Jalan: alat pemberi isyarat lalu lintas atau APILL) adalah lampu yang mengendalikan arus lalu lintas yang terpasang di persimpangan jalan, tempat penyeberangan pejalan kaki (zebra cross) dan tempat arus lalu lintas lainnya[9].

Berdasarkan cara pengoperasiannya:

- Fixed time traffic signal yaitu lampu lalu lintas yang pengoperasiannya menggunakan waktu yang tepat dan tidak mengalami perubahan.
- Actuated traffic signal yaitu lampu lalu lintas yang pengoperasiannya dengan pengaturan waktu tertentu dan mengalami perubahan dari waktu ke waktu sesuai dengan kedatangan kendaraan dari berbagai persimpangan.

3. METODOLOGI

1. Blok Diagram



Gambar 6 Blok diagram sistem

➤ Penjelasan Blok Diagram Sistem

- Photovoltaic* adalah bahan semikonduktor yang dapat melepas elektron apabila ada rangsangan dari sinar matahari yang kemudian membentuk arus listrik.
- Sensor Arus & Tegangan (1) digunakan untuk memonitor tegangan dan arus *output photovoltaic* menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*) pada kontroler.
- Boost Converter* merupakan pengkonversi tegangan DC terkontrol dari *photovoltaic* agar sesuai untuk level pengisian baterai dengan menggunakan PWM sebagai pengontrolannya.
- Sensor Arus & Tegangan (2) digunakan untuk memonitor tegangan dan arus *output charger* untuk umpan balik ke kontroler menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*) pada kontroler.
- Kontroler merupakan sebuah modul *programmable* untuk melakukan pengontrolan seluruh proses yang ada pada sistem.
- Baterai merupakan komponen suplay energy dari *Photovoltaic* ke traffic light. Output dari rangkaian boost koverter akan masuk ke baterai. Daya masukan atau pengisian baterai harus lebih besar minimal 30% dari daya keluaran baterai ke *traffic light*.
- Traffic Light* merupakan sebuah beban sistem terdiri dari beberapa led yang telah disusun dan dirangkai.

2. Spesifikasi Sistem

- *Photovoltaic* menggunakan tipe *polycrystal* dengan kapasitas 50Wp dua buah
- Ukuran *Photovoltaic* yaitu 50cm x 70cm.
- Rangkaian pengisian baterai menggunakan *boost converter* untuk menghasilkan tegangan keluaran mencapai pada level pengisian baterai.
- Kontrol *boost converter* menggunakan PWM dari mikrokontroler Atmega 16 dengan frekwensi 23 kHz.
- *Range* tegangan input *boost converter* 8V-13V.
- Baterai yang digunakan jenis *lead acid battery* berkapasitas 12V 35 Ah.

- *Traffic light* menggunakan jenis *LED ultra bright 5mm*.
- Beban arus yang dibutuhkan untuk satu lampu 0,2A. Sehingga daya yang dibutuhkan yaitu $12V \times 0,2A = 2,4 \text{ Watt}$.
- Ukuran satu lampu *traffic light* 8cm x 8xm dengan led sebanyak 45 buah.

3. Prinsip Kerja

Prinsip kerja dari sistem pengisian tegangan pada aki adalah *photovoltaic* akan mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan menyimpan tegangan yang dihasilkan oleh *photovoltaic* melalui aki 12 Volt. Pada saat tegangan yang dihasilkan oleh *photovoltaic* dibawah 13volt, tegangan akan di *step-up* menggunakan rangkaian *boost converter* dengan batas minimum tegangan 8 volt. Pada saat tegangan keluaran yang dihasilkan oleh *photovoltaic* diatas 13 volt, tegangan akan melewati rangkaian *Switch 1*.

Pada sistem *boost converter* ini menggunakan prinsip pembacaan tegangan *photovoltaic* yang dilakukan oleh sensor tegangan. Apabila sensor tegangan membaca 8volt sampai 13 Volt maka mikrokontroler atmega16 akan mengatur *duty cycle* sehingga tegangan keluaran akan stabil 13 Volt. Jika sensor membaca tegangan *photovoltaic* diatas 13 Volt maka tegangan akan melewati rangkaian *switch 1*. Jika sensor membaca tegangan *photovoltaic* dibawah 8 Volt maka kedua rangkaian tidak aktif. Tegangan keluaran pengisian akan dibaca oleh sensor arus dan tegangan untuk mengisi daya pada aki. Apabila pengisian aki sudah penuh maka kedua rangkaian mosfet akan memutus tegangan yang masuk ke aki.

4. Boost Converter

Pada penelitian ini dibutuhkan *boost converter* untuk pengisian baterai dengan spesifikasi :

$$V_{in} = 8\text{Volt} - 13\text{Volt}$$

$$V_{out} = 13.6\text{Volt}, \Delta V_{out} = 0.2 \text{ Volt}$$

$$I_{out} = 2A, \Delta I_{out} = 10\% \times 2A = 200 \text{ mA}$$

$$F_{switch} = 23000 \text{ Hertz}$$

Dengan menggunakan rumus pada bab tinjauan pustaka dapat disimpulkan kebutuhan komponen untuk membuat *boost converter* yang akan digunakan pada skripsi ini meliputi beberapa langkah, yaitu:

- Menentukan jangkauan kerja *duty cycle*.
 - Ketika $V_{in} = 8 \text{ Volt}$ dan $V_{out} = 14 \text{ Volt}$, maka:

$$D_{boost} = 1 - \frac{V_{in}}{V_o} = 1 - \frac{8}{13} = 0.42$$

- Menentukan nilai Induktor

$$L = \frac{V_{in} \times D_{boost}}{f_{sw} \times I_{out}}$$

$$L = \frac{8V \times 0.38}{23000\text{Hz} \times 2A}$$

$$L = 66 \mu\text{H}$$

dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan induktor yang dipakai adalah $>66\mu\text{H}$, pada skripsi ini dipakai induktor dengan nilai **66μH**

- Menentukan nilai Arus maksimum rangkaian
 - Ketika $V_{in} = 8 \text{ Volt}$ dan $V_{out} = 13 \text{ Volt}$, maka:

$$I_{swMAX} = \frac{\Delta I_{MAX}}{2} + \frac{I_{out}}{1 - D_{boost}}$$

$$\Delta I_{MAX/iL} = \frac{V_{inMIN} \times D_{boost}}{f_{sw} \times L}$$

$$\Delta I_{MAX} = \frac{8 \times 0.38}{\frac{23000 \times 66\mu\text{H}}{132 \times 2000}} = 132\text{mA}$$

$$I_{swMAX} = \frac{132}{2} + \frac{3291.4\text{mA}}{1 - 0.38} = 3291.4\text{mA}$$

$$I_{outMAX} = \left(I_{lim} - \frac{\Delta I_{MAX}}{2} \right) \times (1 - D_{boost})$$

$$I_{outMAX} = \left(3291 - \frac{132}{2} \right) \times (1 - 0.38) = 1.995.5\text{mA}$$

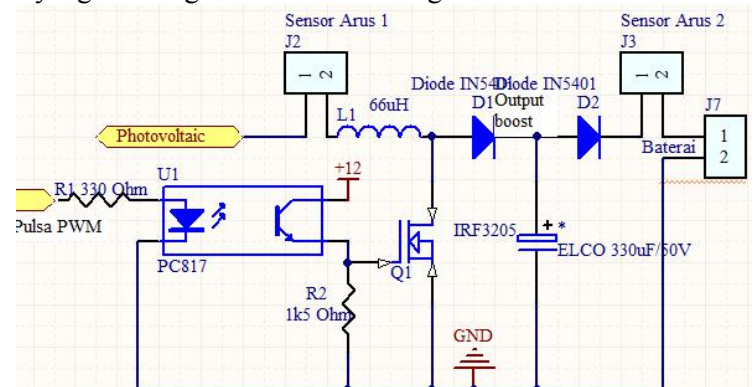
- Menentukan nilai Kapasitor
 - Ketika $V_{in} = 8 \text{ Volt}$ dan $V_{out} = 13 \text{ Volt}$, maka:

$$C_{outMIN} = \frac{D_{boost} \times I_{out}}{f_{sw} \times V_{ripple}}$$

$$C_{outMIN} = \frac{0.38 \times 2}{23000 \times 0.2} = 273.9\mu\text{F}$$

Jadi nilai kapasitor yang dibutuhkan adalah minimal 273μF, dalam penelitian ini menggunakan kapasitor sebesar **330μF**.

Dari perhitungan dan perancangan yang telah dilakukan dapat disimpulkan rangkaian *boost converter* yang akan digunakan adalah sebagai berikut.



Gambar 7 Boost converter

5. Sensor Tegangan

Pada penelitian ini digunakan sensor arus dan sensor tegangan, dengan tujuan sensor tegangan digunakan untuk mengetahui level tegangan keluaran *photovoltaic* yang nantinya akan dijadikan tegangan masukan pada rangkaian *boost converter*, sebagai parameter dari kontroler untuk menerima seberapa level tegangan yang dapat dikonversi. Sedangkan sensor arus sendiri digunakan untuk parameter pengisian dari level baterai, semakin kecil arus yang mengalir dari tegangan keluaran *boost converter* maka pengisian baterai akan semakin mendekati selesai.

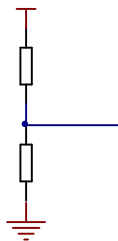
➤ Rumus sensor tegangan:

Diketahui $R1=15k\Omega$; $V_{in}=25$; $V_{out}=5$

$$V_{out} = \frac{R2}{R1 + R2} \times V_{in}$$

$$R2 = \frac{R1 \times V_{out}}{(V_{in} - V_{out})}$$

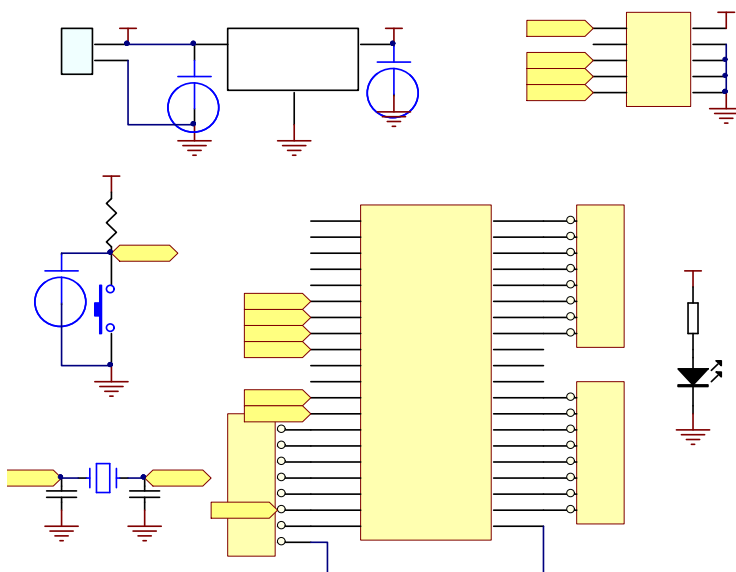
$$R2 = \frac{15000 \times 5V}{(25V - 5V)} = 3750\Omega \approx 3k3\Omega$$



Gambar 8 Rangkaian sensor tegangan

6. Skematik Rangkaian *Mikrokontroller*

Mikrokontroler ATmega16 adalah komponen yang digunakan sebagai pusat pengolahan data pada alat ini.



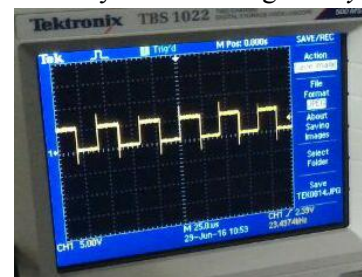
Gambar 9 Skematik rangkaian mikrokontroler

Salah satu pengontrolan dari mikrokontroler ini yaitu mengeluarkan sinyal PWM untuk rangkaian *boost converter*. Frekuensi *output* pada sinyal PWM ini diatur sebesar 23000Hz.

➤ *Output* nilai PWM

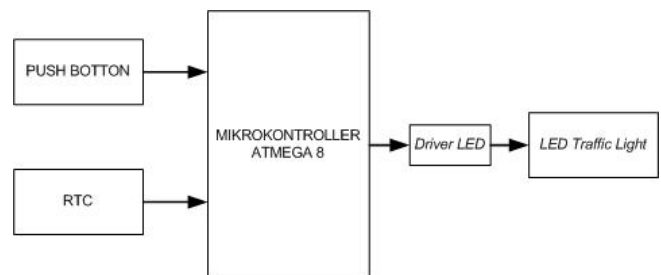


Gambar 10 Sinyal PWM dengan *duty cycle* = 25%



Gambar 11 Sinyal PWM *duty cycle* = 50%

7. Traffic Light

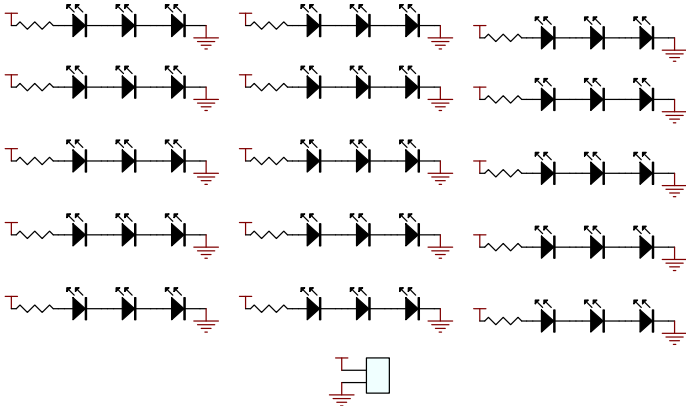


Gambar 12 Blok diagram *traffic light*

- Push botton adalah input dari atmega8 yang berfungsi sebagai pengatur mode perempatan atau pertigaan.
 - RTC digunakan sebagai pewaktu led untuk menyala atau mati.
 - Kontroler merupakan sebuah modul *programmable* untuk melakukan pengontrolan seluruh proses yang ada pada sistem.
 - Driver merupakan komponen yang digunakan unuk mengaktifkan LED dari MCU.
 - LED Traffic Light* merupakan sebuah beban sistem yang terdiri dari beberapa led yang telah disusun dan dirangkai.
 - Desain *LED Traffic Light*
- Pada datasheet LED ultra bright dijelaskan bahwa standart untuk menyalakan LED dibutuhkan tegangan

3.2Volt dan arus $\pm 10\text{mA}$. Dengan menggunakan sumber listrik baterai aki 12Volt, maka untuk memaksimalkan daya pada LED disusun seri sebanyak 3 buah dan 1 resistor. Kemudian rangkaian led ini diparalel sebanyak 15 kali, sehingga total led yang digunakan pada satu lampu yaitu 45 buah led. Berikut perhitungan resistor pada LED yang akan digunakan.

- $V_{led} = Led1 + led2 + led3$
 $V_{led} = 3.2 + 3.2 + 3.2 = 9.6\text{Volt}$
- $V_{res} = V_{input} - V_{led}$
 $V_{res} = 12\text{ Volt} - 9.6\text{ Volt} = 2.4\text{ Volt}$
- $Resistor = \frac{V_{res}}{I} = \frac{2.4\text{V}}{20\text{mA}} = 120\Omega$
- $I_{total} = 15\text{mA} \times 15 = 300\text{ mA}$



Gambar 13 Rangkaian led traffic light

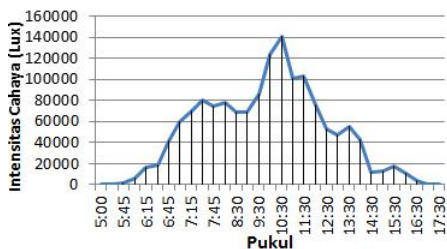
4. PENGUJIAN SISTEM

a) Pengujian photovoltaic polycrystal 50 Wp

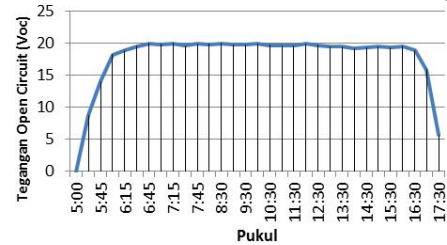
Pengujian dilakukan diatas rumah Jl. Kenanga Indah No.27 Kota Malang selama dua hari mulai pukul 05:00 WIB sampai pukul 17:30 WIB.



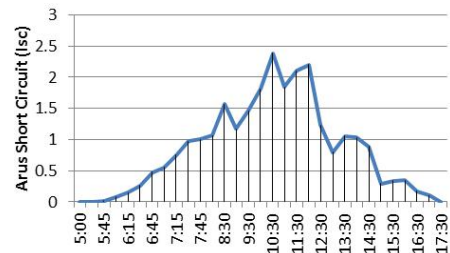
Gambar 14 Photovoltaic siap diuji



Gambar 15 Grafik intensitas cahaya



Gambar 16 Grafik tegangan open circuit



Gambar 17 Grafik arus short circuit

Dari gambar grafik pengujian photovoltaic dapat dilihat bahwa daya terbesar rata rata terjadi pada pukul 10:30 sampai 12:30.

- Pengujian dua buah Photovoltaic 50 Wp Tanggal 27 Agustus 2016

Tabel 1 Hasil pengujian dua buah Photovoltaic 50 Wp

Time	Intensitas Cahaya	Vos(V)	Isc(A)	Ket.
7:00	42900	19.6	0.93	
7:30	73500	18.9	1.97	
8:00	77300	19.4	2.2	
8:30	87700	18.55	2.64	
9:00	72400	19.36	2.07	
9:30	104500	19.3	3.29	
10:00	117500	19.88	3.62	
10:30	124000	20.5	4.78	
11:00	138400	19.5	4.89	
11:30	142500	19.2	5.03	
12:00	140300	18.7	5.02	
12:30	124800	18.9	4.57	
13:00	131000	19.92	4.31	
13:30	127000	19.8	4.17	
14:00	98600	19.4	3.15	
14:30	84600	19.2	2.7	
15:00	40200	18.6	0.85	
15:30	11650	18.9	0.64	
16:00	11330	19.2	0.52	
Rata2 Voc dan Isc =		19.3	3.2	

Dari tabel pengujian dua buah photovoltaic dengan ukuran yang sama didapatkan bahwa nilai arus short circuit sesuai dengan perhitungan yaitu $I_{sc\text{total}} = I_{sc1} + I_{sc2}$.

Penguujian Menggunakan Resistor 100Ohm				
Vin	Arus (I)	Duty (%)	Vout	Error(%)
8	0.37	5.85	14.3	2.0
8.5	0.34	4.68	14.7	4.7
9	0.31	4.68	14.2	1.4
9.5	0.32	4.09	14.08	0.5
10	0.28	4.09	14.5	3.4
10.5	0.29	3.51	14.6	4.1
11	0.24	3.51	14.3	2.0
11.5	0.25	2.92	13.5	3.7
12	0.26	3.51	15.2	7.8
12.5	0.16	2.92	14.3	2.0
13	0.17	2.92	14.85	5.7
13.5	0.17	1.75	14.2	1.4
Rata - rata error =				2.6

Dari tabel 1 juga didapatkan rata-rata Isc yaitu 3.2A

b) Penguujian Sensor

- Sensor Tegangan

Tabel 2 Hasil penguujian sensor tegangan

Proses Penguujian Sensor			
Vin (Power Supply)	Vout Multimeter	Vout Sensor	Error%
8	7.96	7.9	0.753769
9	8.96	8.91	0.558036
10	9.96	9.94	0.200803
11	10.96	10.94	0.182482
12	11.95	11.95	0
13	12.98	12.95	0.231125
Total Error =			0.321036

Pada tabel penguujian sensor tegangan dilakukan penguujian dengan *range* 8 – 13 Volt. Error total pada penguujian sensor tegangan rata-rata sebesar 0.32%. Terjadinya error tersebut disebabkan oleh beberapa hal. Seperti terdapat nilai toleransi pada resistor pembagi tegangan, tidak akuratnya voltmeter sebagai alat ukur pembandingan sehingga perhitungan rumus menjadi tidak akurat. Namun error masih terbilang kecil sehingga sensor ini masih dapat digunakan sebagai sensor tegangan.

- Sensor Arus

Tabel 3 Hasil penguujian sensor arus

Pengukuran Error Sensor Arus			
Vin	I Amperemeter	Arus Sensor	Error (%)
3	0.48	0.4	16.6
5	0.82	0.82	0
7	1.15	1.12	2.6

9	1.48	1.42	4.0
Total rata rata error=			5.8

Pada tabel 3 penguujian sensor arus didapatkan nilai total error rata-rata sebesar 3.74%. Error terbesar terjadi pada saat pembacaan sensor dibawah 0.5A. Hasil ini dikarenakan pada datasheet sensor acs712 pembacaan nilai arus 0ampere dimulai pada saat tegangan output sebesar 3volt.

c) Penguujian *Boost Converter*

Penguujian ini dilakukan dengan cara memberi tegangan masukan pada modul *boost converter* kemudian diberikan nilai PWM, agar nilai tegangan keluaran mendekati atau sama dengan 14Volt.

Tabel 4 Hasil penguujian respon tegangan keluaran *boost converter* terhadap nilai *PWM* dengan beban.

Pada tabel 4 bertujuan untuk mencari nilai duty cycle yang tepat untuk digunakan sebagai pengisian baterai aki.

Tabel 5 Hasil penguujian respon tegangan keluaran *boost converter* terhadap nilai *PWM* dengan beban baterai aki.

Vin photo voltaic	In photo voltaic	Vout <i>boost</i> (V)	Iout <i>boost</i> (mA)	$\eta = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\%$
8.22	140	12.83	10	11.12
8.73	195	12.92	20	15.18
9.89	230	13.28	80	46.70
10.07	225	13.15	75	43.53
10.25	240	13.2	77	41.31
10.48	255	13.07	55	26.90
11.17	380	13.46	200	63.42

Dari hasil pengukuran dengan konfigurasi di atas didapat nilai parameter-parameter yang terukur untuk diproses menjadi suatu nilai efisiensi. Di mana nilai efisiensi (η) = $\frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\%$. Efisiensi daya terbesar terjadi pada saat tegangan input 11,17 Volt, dengan nilai 63%. Dan nilai efisiensi daya terkecil terjadi pada saat tegangan input sebesar 8,22 Volt dengan nilai 11%.

Pada tabel 5 yaitu penguujian rangkaian *boost converter* dengan input *photovoltaic* dan output beban baterai aki saat kondisi tegangan 12.2 Volt. Pada hasil penguujian didapat nilai tegangan output pada *boost converter* lebih besar dari tegangan input dan tegangan baterai sehingga proses pengisian dapat berjalan dengan baik.

Akan tetapi nilai efisiensi daya dan arus yang terbaca pada alat ukur saat pengisian relatif kecil. Faktor kecilnya efisiensi dan arus yang mengalir adalah *power losses* yang terdapat pada MOSFET, dioda dan induktor. Analisa secara teori dilakukan dengan kondisi komponen dalam keadaan ideal, di mana hambatan dalam komponen berdasarkan spesifikasi komponen. Pada MOSFET terjadinya *power losses* cukup besar pada gate driver dan *switching* MOSFET. Penggunaan induktor juga mempengaruhi nilai efisiensi, karena daya yang dibutuhkan untuk menghasilkan medan listrik pada induktor untuk menyimpan arus cukup besar.

d) Pengujian Pengisi Baterai Secara Langsung

Pada pengujian sistem pengisi baterai dilakukan dengan menyambungkan rangkaian elektronik yang ke baterai aki 12 Volt 35AH. Pengujian ini dilakukan mulai pukul 7 pagi sampai pukul 3 sore (8 jam).

Tabel 6 Hasil Pengujian Rangkaian Pengisi Baterai

Waktu	V <i>photo voltaic</i> (V)	I pengisian (A)	V baterai (V)	Ket.
7:00	14.52	0.98	12.15	charge
8:00	14.7	2.6	12.18	charge
9:00	14.7	3.49	12.21	charge
10:00	15.4	4.49	13.47	charge
11:00	15.3	5.04	13.56	charge
12:00	15.01	4.41	13.27	charge
13:00	14.2	2.39	13.15	charge
14:00	14.3	3.76	13.09	charge
15:00	14.02	1.24	13.04	charge
Rata-rata Arus		3.25		

Dari hasil pengujian pada tabel 6 dapat dianalisa bahwa arus rata-rata *photovoltaic* pada pukul 07:00 sampai pukul 15:00 sebesar 3,25A. Dengan menggunakan sistem pengisi baterai ini dalam satu hari cerah mampu mengisi sebesar 74,3% ($3.25A \times 8 \text{ jam} = 26Ah$) dari 35Ah 12V. Kondisi cuaca sangat mempengaruhi arus keluaran *photovoltaic*. Sehingga lama pengisian aki yang diperoleh dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{lama pengisian aki} &= \frac{\text{arus kapasitas aki}}{\text{arus photovoltaic}} \\ &= \frac{35 \text{ AH}}{3.2 \text{ AH}} = \pm 11 \text{ AH} \end{aligned}$$

Jadi, pengisian aki penuh dengan *photovoltaic* ini memerlukan waktu 11 jam. Namun, pada pengujian waktu pengisian aki dilakukan hanya 8 jam. Hal ini dikarenakan pengaruh cuaca yang mendung, sehingga pengisian aki belum penuh.

5. KESIMPULAN

1. *Boost converter* dirancang dengan $V_{in} = 8$ Volt sampai 13 volt, $V_{out} = 13.6$ Volt, frekuensi *switching* = 23 kHz, *range duty cycle* antara 2% sampai 5%. Sesuai dengan perhitungan nilai inductor = 66uH dan nilai kapasitor 330uF.
2. Pengujian *boost converter* menggunakan *photovoltaic* didapatkan efisiensi daya (η) terbesar terjadi pada saat tegangan input 11,17 Volt, dengan nilai 63%. Dan nilai efisiensi daya terkecil terjadi pada saat tegangan input sebesar 8,22 Volt dengan nilai 11%.
3. Arus pengisian rata-rata pada pukul 07:00 sampai pukul 15:00 sebesar 3,25A.
4. Kapasitas pengisian maksimum dalam satu hari cerah mampu mengisi sebesar 74,3% ($3.25A \times 8 \text{ jam} = 26Ah$) dari 35Ah 12V.
5. Sistem pengisi baterai ini dapat menghidupkan secara *continue* sebuah *traffic light* dengan daya 16 Watt selama 15 jam.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahmi, Khairul. 2013. Pengaruh Traffic Light pada Kecelakaan Lalu Lintas.. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian
- [2] Sidabutar, Dedy Siddik dkk, 2013 Rancang Bangun Buck-Boost Converter Pada Panel Surya Menggunakan Metode Kontrol PI dan PID Berbasis Mikrokontroler Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- [3] Komarudin, Achmad. 2015. Desain dan Analisis Proposional Kontrol *Buck-Boost Converter* pada Sistem *Photovoltaic*. Jurnal ELTEK Politeknik Negeri Malang
- [4] Tito, Beng. 2012 Metode MPPT Baru untuk Sel Surya Berdasarkan Pengendali PI. Skripsi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Indonesia

- [5] Yanaratri, Diah Septi. 2011. Pengaturan Switching *Boost Converter* Menggunakan Logika Fuzzy pada System Solar Cell sebagai Tenaga Alternatif. Skripsi Jurusan Teknik Elektro Industri Politeknik Elektronika Negeri Surabaya Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- [6] Maulana, Nadya Syafira dkk. 2012. Perancangan Sistem Pengisian Baterai Otomatis Berbasis Mikrokontroler. Fakultas Ilmu Terapan Proram Studi Teknik Telekomunikasi Universitas TelkomKuswanto
- [7] Idrus, Muhammad Ubaidillah. 2015. Maksimalisasi Pengisian Baterai dari Konversi Angin sebagai Sumber Daya pada Perahu dengan Metode Fuzzy. Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang.
- [8] Hery. 2010. Alat Ukur Listrik AC (Arus, Tegangan, Daya) dengan Port Paralel. Fakultas Matematika dan Ilma Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret
- [9] Wikipedia. 2016. Traffic Light