

PERANCANGAN CATU DAYA DENGAN PENAMBAHAN PANEL SURYA PADA *SMART TRAFFIC LIGHT*

Fauzan Hadisyahputra, Noverly Lysbetti Marpaung

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: fauzan.hadisyahputra@gmail.com

ABSTRACT

Recently Indonesia is one of the countries with a densely populated of population. Besides it, using of vehicles causes traffic jam in many cities, including Pekanbaru. Power outages be one of causers of traffic jam due to many traffic lights do not working properly. In this study, the authors designed a power supply that is able to keep the traffic lights on when electricity from National Electricity Company (PLN) is not active. In this case, there is addition of solar panels so the traffic light can be on for few hours during the supply of PLN is inactive. The used load is a prototype of smart traffic light (STL) 80Watt under PLC control. Battery is used 12V7Ah which filled by Solar Panel. When supply from PLN is off, relay works and the load source automatically switches to Battery. To increase output voltage of Solar Panel, Boost Converter is added to this design to gain 24V. From switching time of PLN to battery take 0,08s, so the traffic lights have no chance to be inactive. This research works as framework well.

Keywords: boost converter, solar cell, power supply, switching.

I. PENDAHULUAN

Ketersediaan listrik sekarang ini sangat dibutuhkan bagi masyarakat. Sedangkan listrik di Indonesia sekarang ini masih disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), maka energi listrik PLN sendiri sebaiknya harus selalu ada. Agar tersedianya energi yang mencukupi untuk mensuplai listrik kebutuhan masyarakat ini, berbagai upaya dilakukan agar energi listrik tetap bisa digunakan tanpa ada kendala pemadaman. Pemadaman sendiri terjadi akibat beberapa hal seperti energi dari pembangkit kurang (baik dari segi kuantitas maupun kuantitas), perawatan peralatan listrik yang kurang dilaksanakan secara berkala, gangguan pada transmisi atau pembangkit yang terjadi, sambaran petir, dan sebagainya.

Dalam hal ini, salah satu pentingnya pemakaian listrik yang paling umum dibutuhkan masyarakat yaitu pada lampu lalu lintas. Lampu lalu lintas digunakan agar menghindari kemacetan di jalan, terutama di kota-kota maju yang memiliki

populasi penduduk padat. Saat ini juga ada lampu lalu lintas yang bekerja dengan sistem pewaktuan berdasarkan jumlah kepadatan kendaraan. Lampu lalu lintas ini disebut *Smart Traffic Light*.

Agar *Smart Traffic Light* dapat bekerja dengan baik dan persediaan daya harus selalu ada, maka diperlukan persediaan daya cadangan yang mampu menggantikan pasokan daya dari PLN.

Pasokan daya cadangan bisa didapat dengan penggunaan baterai dan dengan penambahan Panel Surya. Namun tegangan keluaran dari Panel Surya tidak selalu stabil dan hanya dapat mengisi baterai ketika siang hari, maka sangatlah perlu suatu alat yang mampu mengatasi masalah-masalah ini sehingga mampu memberikan pasokan daya sesuai kebutuhan beban.

Beban yang digunakan pada perancangan ini adalah berupa *prototype Smart Traffic Light (STL)*. Pada penelitian ini penulis akan merancang catu daya tipe *boost converter* sebagai konverter DC-DC untuk *charger* baterai.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Sel Surya

Solar cell adalah alat untuk mengkonversi tenaga matahari menjadi energi listrik. *Photovoltaic* (PV) adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. PV biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel.

Sejumlah modul umumnya terdiri dari 36 sel surya atau 33 sel dan 72 sel. Modul-modul ini kemudian dirangkai menjadi Panel Surya dan jika Panel Surya ini dihubungkan secara baris dan kolom disebut dengan *array*.^[1]

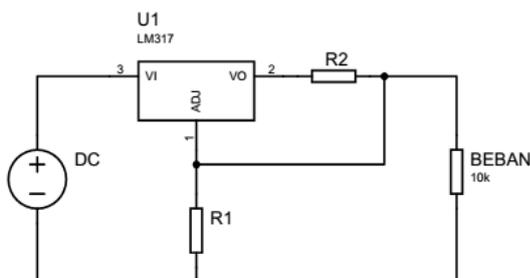
2.2 Catu Daya

Catu daya pada umumnya berarti suatu sistem penyearah filter (*rectifier*), dimana rangkaian ini mengubah tegangan AC dari tegangan jala-jala PLN menjadi tegangan DC. Namun dapat juga berupa konverter DC-DC jika sumber berasal dari tegangan DC seperti baterai dan Panel Surya. Untuk perangkat elektronika mestinya dicatu oleh suplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik.

2.3 Adjustable Voltage Regulator

Adjustable Voltage Regulator (AVR) IC merupakan jenis regulator tegangan yang dapat kita tentukan keluaran tegangannya atau bisa juga dibuat sebagai regulator tegangan variabel. Jenis IC yang umum digunakan sebagai *Adjustable Voltage Regulator* adalah IC regulator LM317 (positif) dan LM337 (negatif). Rentang tegangan yang mampu diatur oleh IC regulator ini adalah 1,2V sampai dengan 37V.

Rangkaian dasar / minimum untuk IC LM317 ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Dasar LM317

Dengan nilai tegangan keluaran dapat menggunakan persamaan 1:

$$V_o = 1,25 \times \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) I_{Adj} \times R_2 \quad \text{Persamaan 1}$$

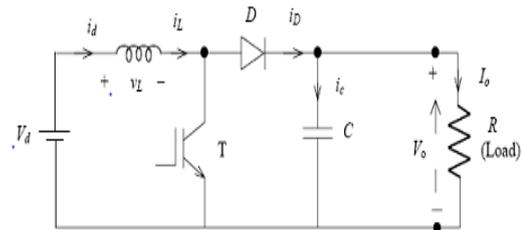
Dimana:

- V_o = Tegangan keluaran (V)
- R_1 dan R_2 = Resistansi Resistor (Ω)
- I_{Adj} = Arus pada kaki *adjustment* IC LM317 (A)

Agar menjadi regulator tegangan variabel, R1 dapat diganti dengan potensiometer / variabel resistor (VR1) dengan nilai resistansi sebesar 5k Ω sampai dengan 10k Ω dan biasanya nilai R2 sudah ditentukan yakni 240 Ω .

2.4 Boost Converter

Boost Converter adalah Konverter DC-DC yang menghasilkan tegangan keluaran DC yang lebih tinggi dari tegangan masukan DC.



Gambar 2. Rangkaian Boost Converter

Untuk menentukan tegangan keluaran dari Boost Converter dapat menggunakan persamaan :

$$V_o = \frac{V_d}{1-D} \quad \text{Persamaan 2}$$

Dimana:

- V_o = Tegangan keluaran
- V_d = Tegangan masukan

Sehingga secara teori apabila $V_o > V_d$, maka V_o akan mendekati ∞ pada saat $D = 1$.

Nilai Resistor (R) dihitung dengan persamaan :

$$R = \frac{V_o}{I_o} \quad \text{Persamaan 3}$$

Arus keluaran dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_o = I_d(1 - D) \quad \text{Persamaan 4}$$

Untuk mencari nilai Induktansi induktor, dapat menggunakan persamaan :

$$L = \frac{V_d \times D}{f \times \Delta I_L} \quad \text{Persamaan 5}$$

Dimana untuk *ripple* arus induktor digunakan persamaan :

$$\Delta I_L = 20\% \times I_{L \text{ (rata-rata)}} \quad \text{Persamaan 6}$$

$$I_{L \text{ (rata-rata)}} = \frac{V_{out}^2}{V_s R D} \quad \text{Persamaan 7}$$

Nilai kapasitor yang akan digunakan dihitung dengan persamaan :

$$C = \frac{I_o \times D \times T}{\Delta V_o} \quad \text{Persamaan 8}$$

Dimana :

- C = Kapasitansi kapasitor
- I_o = Arus keluaran
- ΔV_o = ripple tegangan kapasitor
- D = Duty Cycle
- T = Periode

2.5 Baterai

Baterai berfungsi sebagai penyimpanan dan pemasok energi. Arus ideal dalam pengisian baterai adalah 10% dari kapasitas baterai. Untuk membatasi arus yang mengalir ke baterai yaitu dengan menentukan tahanan dalam baterai, seperti persamaan berikut.

$$r_d = \frac{E-V}{I} \quad \text{Persamaan 9}^{[3]}$$

Dimana :

- r_d = Tahanan dalam baterai (ohm)
- E = Tegangan baterai penuh (volt)
- V = Tegangan baterai kosong (volt)
- I = Arus pengisian baterai saat tegangan kosong (Ampere)

Tegangan pengisian baterai dapat dihitung dengan persamaan :

$$V_p = V_{bat} + r_d I_p \quad \text{Persamaan 10}$$

Dimana :

- V_p = Tegangan pengisian baterai (volt)
- V_{bat} = Tegangan baterai penuh (volt)
- r_d = Tahanan dalam baterai (ohm)
- I_p = Arus pengisian baterai (Ampere)

2.6 Pulse Width Modulation

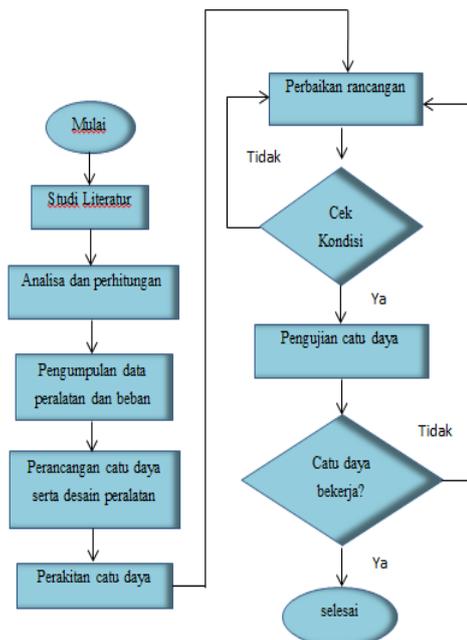
Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%)

2.7 Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328. Uno memiliki 14 pin digital *input / output* (dimana 6 dapat digunakan sebagai keluaran PWM), 6 *input* analog, resonator keramik 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP, dan tombol *reset*. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan *power* USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau baterai.

III. METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam perancangan ini berupa *prototype* dengan perancangan *hardware* dan pengujian. Perancangan *hardware* yaitu dengan menentukan komponen yang digunakan, perakitan, menganalisa kerja alat dan kemudian melakukan pengujian pada dalam keadaan berbeban dan tidak berbeban.



Gambar 3. Diagram Alur Pelaksanaan Penelitian

3.1 Charger Baterai

Menentukan tahanan dalam baterai sesuai dengan pers. 9:

$$r_d = \frac{12,8-11}{0,7}$$

$$r_d = 2,57 \text{ Ohm}$$

Tegangan pengisian baterai yang dianjurkan:

$$V_p = V_{bat} + r_d I_p$$

$$V_p = 12,8 + 2,57 \times 0,7$$

$$V_p = 14,59 \text{ V}$$

Charger baterai menggunakan IC LM317 untuk mendapatkan tegangan keluaran yang dapat diatur sesuai kebutuhan dan arus keluaran diatur secara konstan agar tidak berubah bila tegangan masukan berubah nilainya.

Arus keluaran dari rangkaian LM317 dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_{out} = \frac{V_f}{R_1}$$

Dimana :

- I_{out} = Arus keluaran (A)
- V_f = Tegangan referensi (V)
- R_1 = Hambatan (Ohm)

Dengan nilai $V_f = 1,25\text{V}$ dan $0,8 \text{ Ohm} < R_1 < 120 \text{ Ohm}$.

Arus yang pengisian yang direkomendasikan yaitu 1/10 dari kapasitas baterai. Secara teori, untuk baterai 7Ah maka hanya membutuhkan arus 0,7A dengan waktu pengisian 10 jam.

Maka nilai resistansi dari R_1 adalah :

$$0,7 = \frac{1,25}{R_1}$$

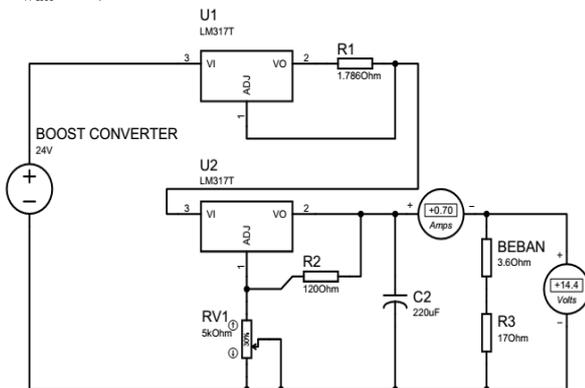
$$R_1 = \frac{1,25}{0,7}$$

$$R_1 = 1,786 \text{ Ohm}$$

$$R_{watt} = V \times I_{out}$$

$$R_{watt} = 1,25 \times 0,7$$

$$R_{watt} = 0,875 \text{ Watt}$$



Gambar 4. Rangkaian Charger Baterai menggunakan LM317

3.2 Rangkaian Pembagi Tegangan

Tegangan masukan dari regulator board 5V sebagai masukan referensi dengan keluaran 1,28V dengan nilai R_1 diberi nilai sebesar 3.900 Ohm. Maka nilai R_2 dapat dicari dengan rumus pembagi tegangan:

$$V_{out} = V_{in} \times R_1 / (R_1 + R_2)$$

$$1,28\text{V} = 5\text{V} \times 3.900 / (3.900 + R_2)$$

$$1,28\text{V} = 19.500 / (3.900 + R_2)$$

$$R_2 = 11.334,38$$

Maka resistor yang digunakan resistor variabel 20kOhm.

3.3. Pulse Width Modulation (PWM)

Untuk menghasilkan *Duty Cycle (D)* antara 10% sampai 50%, dapat diatur dengan memberikan perintah pada arduino untuk membandingkan tegangan referensi dengan tegangan keluaran *boost converter*. Frekuensi yang digunakan 31372,55 Hz pada pin 9 .

3.4. Boost Converter

Dalam perancangan *boost converter*, dimulai dengan menentukan spesifikasi rangkaian yang akan dibuat.

- $V_{in \text{ min}}$ = 14VDC
- V_{out} = 24 VDC
- $I_{out \text{ Maksimum}}$ = 1A
- Frekuensi = 31kHz

Kemudian dilakukan perhitungan sesuai persamaan 2.4.

- Menentukan keluaran *Duty Cycle* sesuai pers.2:

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}}$$

$$D = 1 - \frac{14}{24}$$

$$D = 0,417 = 42\%$$

- Menentukan Nilai Induktor berdasarkan pers 5, pers. 6 dan pers. 7:

$$L = \frac{V_d \times D}{f \times \Delta I_L}$$

$$\Delta I_L = 20\% \times I_L \text{ (rata-rata)}$$

$$I_L \text{ (rata-rata)} = \frac{V_{out}^2}{V_s R D} = \frac{24^2}{14 \times 24 \times 0,42} = 4,08 \text{ A}$$

$$I_L \text{ (rata-rata)} = 4,08 \text{ A}$$

$$\Delta I_L = 20\% \times 4,08$$

$$\Delta I_L = 0,82 \text{ A}$$

Maka, nilai induktor dapat dihitung :

$$L = \frac{14 \times 0,42}{31372,55 \times 0,82}$$

$$L = 229 \times 10^{-6} \text{ H}$$

$$L = 229 \mu\text{H}$$

Dengan nilai induktor minimal :

$$L_{min} = \frac{(1-D^2) \times R}{2 \times f}$$

$$L_{min} = \frac{(1-0,42^2) \times 24}{2 \times 31372,55}$$

$$L_{min} = 129 \mu\text{H}$$

- Menentukan nilai kapasitansi kapasitor yang digunakan sesuai dengan pers. 8 :

$$C = \frac{I_o \times D \times T}{\Delta V_o}$$

$$\Delta V_o = 0,1\% \times V_o$$

$$\Delta V_o = 0,1\% \times 24$$

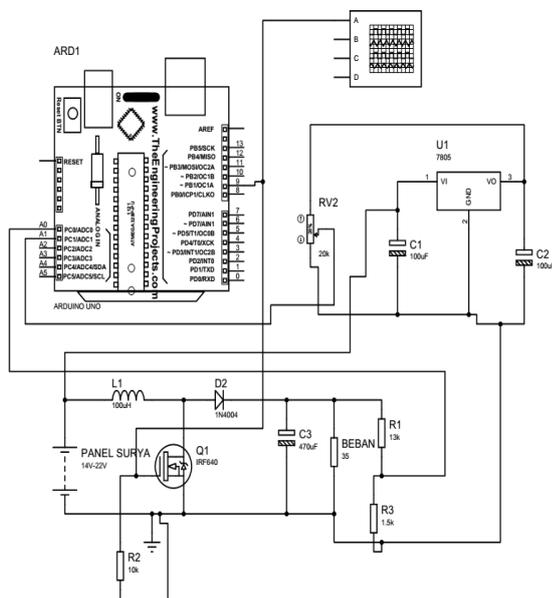
$$\Delta V_o = 0,024 \text{ V}$$

Maka,

$$C = \frac{1 \times 0,42 \times 32 \times 10^{-6}}{0,024}$$

$$= 0,00056 \text{ F}$$

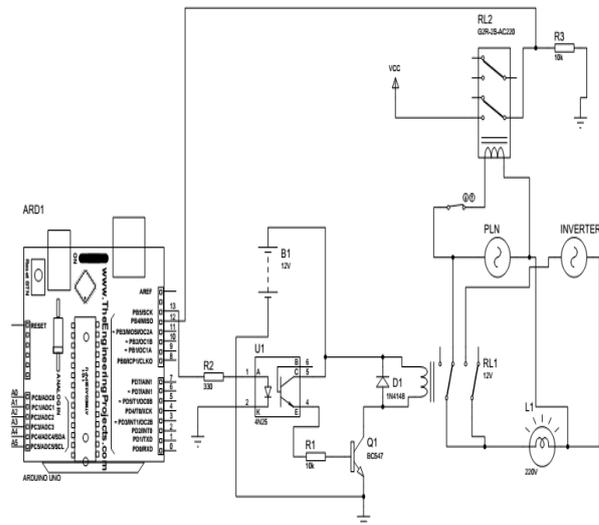
$$= 560 \mu\text{F}$$



Gambar 5. Rangkaian Boost Converter

3.5. Switching Sumber PLN – PV

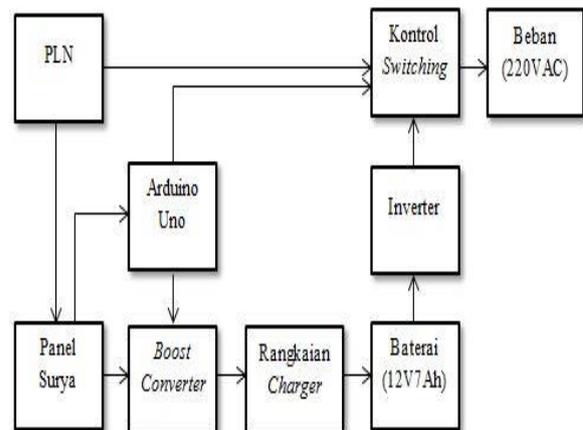
Switching Interlock yang dimaksud disini adalah *switching* pergantian sumber listrik saat sumber utama dari tegangan jala-jala PLN padam. Pergantian sumber listrik menggunakan Rele 12VDC mode *Double Pole Double Throw (DPDT)* yang akan bekerja apabila sensor tegangan pada pin 12 membaca tegangan dari tegangan jala-jala PLN. Rangkaian *switching* sumber dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Switching

Switching ini bekerja apabila tegangan jala-jala PLN ada, RL2 akan tercatu dan rele tertutup dan tegangan VCC terbaca oleh pin 12 Arduino sebagai sensor AC. Kondisi pada RL1 akan tetap pada kondisi NC (terhubung ke PLN) karena arduino diberikan logika *LOW* saat VCC terbaca. Dan apabila tegangan jala-jala PLN tidak ada, RL2 akan terbuka dan arduino akan memberikan logika *HIGH* sehingga RL1 akan tercatu, sumber berpindah menjadi Inverter.

IV. HASIL DAN ANALISA



Gambar 7. Blok Diagram Perancangan Keseluruhan

Pada saat tegangan Panel Surya mencapai tegangan 9,5V berada pada keadaan dimana dapat menghasilkan tegangan yang cukup untuk pengisian baterai, maka catu daya akan bekerja sebagai penghantar untuk pengisian melalui *boost converter*. Beban kemudian disuplai melalui

inverter dari baterai. Beban yang digunakan adalah *prototype smart traffic light (STL)* dengan sistem kontrol PLC dengan tegangan kerja 220VAC.

Tegangan minimal untuk tegangan pengisian baterai adalah 14 volt yang kemudian akan dikonversikan oleh *boost converter* hingga menghasilkan tegangan lebih besar dari 14 volt. Tegangan charger baterai berkisar antara 13,8 – 14,4 volt. Sedangkan tegangan minimal pada keseluruhan alat untuk dapat bekerja adalah 9,5 volt.

Sumber utama pada perancangan ini adalah tegangan jala-jala PLN. Apabila tegangan jala-jala PLN tidak ada, maka *switching* akan bekerja dan berpindah pada inverter, lalu kemudian akan kembali lagi jika tegangan jala-jala PLN ada. Arduino bertugas sebagai pengatur *switching* dan kontrol PWM pada catu daya ini.

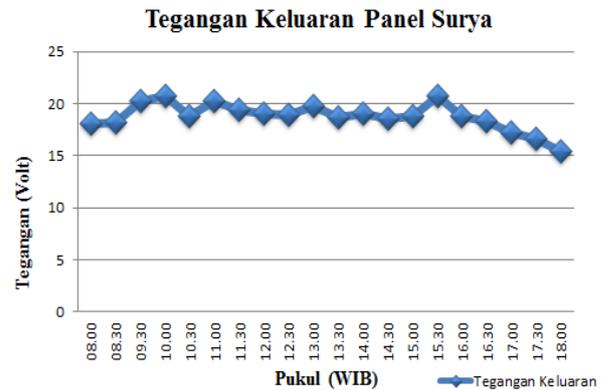
4.1. Pengujian Alat

4.1.1. Panel Surya

Nilai tegangan masukan PV selalu berubah sesuai dengan pengukuran tegangan keluaran PV pada tanggal 21 Januari 2017 yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Tegangan Keluaran Panel Surya

Waktu pengujian (WIB)	Tegangan Keluaran Panel Surya (V)
08.00	18,1
08.30	18,2
09.30	20,2
10.00	20,7
10.30	18,8
11.00	20,3
11.30	19,4
12.00	19,0
12.30	18,9
13.00	19,8
13.30	18,7
14.00	19,0
14.30	18,6
15.00	18,8
15.30	20,7
16.00	18,8
16.30	18,3
17.00	17,2
17.30	16,6
18.00	15,4



Gambar 8. Grafik Tegangan keluaran Panel Surya vs Waktu

4.1.2. Beban STL

Untuk *prototype* lampu lalu lintas, disimulasikan menggunakan lampu pilot 220VAC sebanyak 9 buah untuk 3 simpang dengan daya total 39,6 Watt. Lampu lalu lintas dikontrol dengan PLC. *Prototype* ini dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Beban berupa *Prototype STL*

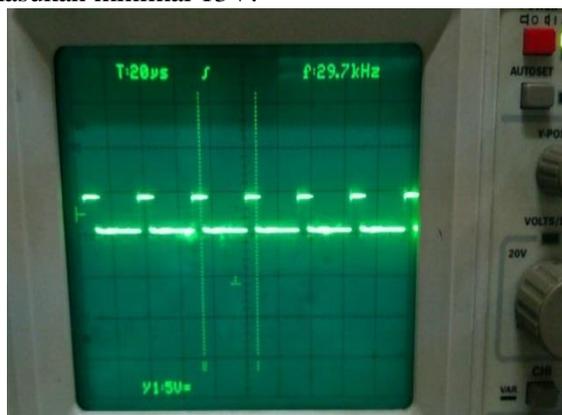
4.1.3. Pengujian Boost Converter

Pengujian dimulai dengan memberikan tegangan masukan pada *boost converter* dari 12 V hingga 22 V. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Tegangan Keluaran *Boost Converter*

Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)	Duty Cycle (%)	Tegangan Keluaran teori (V)	Error (%)
12	11,8	0	24	50,83
13	24,1	46	24	0,42
14	24,8	43,5	24	3,33
15	24,8	39,5	24	3,33
16	24,8	35,4	24	3,33
17	24,8	31,5	24	3,33
18	24,8	27,4	24	3,33
19	24,8	23,4	24	3,33
20	24,8	19,4	24	3,33
21	24,8	15,3	24	3,33
22	24,8	11,3	24	3,33

Nilai *duty cycle* minimal dari PWM adalah 11% dengan tegangan masukan maksimal adalah 22V dan *duty cycle* maksimal 46% pada tegangan masukan minimal 13V.



Gambar 10. *Duty Cycle* pada saat tegangan masukan 14V

4.1.4 Pengujian Tegangan *Charger* Baterai

Pengujian tegangan charger dilakukan dengan memberi tegangan masukan baterai dari 12V sampai 30V. Keluaran tegangan charger diatur agar tetap konstan sebesar 14,4V sesuai dengan tegangan pengisian baterai yang disarankan.

Tabel 3. Tegangan keluaran *Charger* Baterai

Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Pengisian (A)
12	9,1	0,08
13	10,6	0,2
14	12	0,4
15	12,8	0,4
16	14	0,5
17	13,8	0,66
18	14,3	0,7
19	14,4	0,7
20	14,4	0,7
21	14,4	0,7
22	14,4	0,7
23	14,4	0,7
24	14,4	0,7
30	14,4	0,7

Waktu pengisian baterai dari pukul 08.00 WIB dilakukan selama 11 jam dari tegangan 9,5 V hingga mencapai 13,3V dengan arus 10% dari kapasitas baterai yaitu 0,7A.

Tabel 4. Lama waktu pengisian Baterai

Waktu pengisian	Tegangan Charger (V)	Tegangan baterai (V)
08.00	9,8	9,5
9.00	10,6	10
10.00	10,8	10,3
11.00	11,0	10,9
12.00	11,4	11,0
13.00	11,6	11,4
14.00	12,0	12,1
15.00	12,4	12,2
16.00	12,6	12,5
17.00	12,9	12,8
18.00	13,4	13,2
19.00	13,8	13,3

Perhitungan lama pengisian baterai :

$$\frac{\text{Arus pada baterai}}{\text{Arus pengisian}} = \text{jam}^{[4]}$$

$$\frac{7\text{AH}}{0,7\text{A}} = 10 \text{ jam}$$

$$10 \times 60 = 600 \text{ menit}$$

$$600 \text{ menit} = 10 \text{ jam}$$

4.1.5. Pengujian Suplai Beban Oleh Baterai

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa lama ketahanan baterai dalam menyuplai beban melalui inverter. Beban berupa prototype smart traffic light dengan daya $\pm 40W$. Baterai yang digunakan adalah baterai 12V 7Ah. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tegangan Mula Baterai (V)	Waktu (Menit)	Tegangan Baterai (V_{DC})	Tegangan Beban (V_{AC})
12,8	0	12,8	170
	10	12,2	163
	20	11,8	158
	30	11	152
	40	10,4	135
	50	9,8	128
	60	9,3	120

Gambar 9. Pengujian Beban oleh Baterai

4.1.6. Pengujian Waktu Pindah antar Sumber

Tabel 5. Waktu Pindah antar Sumber

No.	Parameter	Waktu Pindah (s)
1	PLN – Baterai	0,08
2	Baterai – PLN	0,14

Dari pengujian didapatkan bahwa perpindahan sumber cukup cepat sehingga beban tetap hidup ketika terjadi pergantian sumber.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini didapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. *Boost converter* pada penelitian ini memiliki nilai tegangan masukan dari Panel Surya minimal 13V dan keluaran sebesar 24,8V yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban dengan nilai *duty cycle* minimal 11%.
2. Perbedaan rata-rata tegangan keluaran *boost converter* dari perhitungan teori dan prakteknya adalah sebesar 3%
3. Waktu pengisian baterai 12V 7Ah adalah selama 10 jam 40 menit saat tegangan baterai 10V hingga 13,8V dengan tegangan pengisian 14,4 V.
4. Beban ± 80 Watt dapat disuplai selama 1 jam untuk baterai 12V dengan kapasitas 7Ah.
5. *Prototype* berhasil melakukan perpindahan sumber listrik tanpa terjadi pemadaman.

5.2 Saran

1. Pada *boost converter* diharapkan menggunakan induktor dengan nilai yang lebih besar dan mosfet diberi rangkain *snubber* untuk menghindari kerusakan.
2. Proses konversi tegangan DC ke AC diharapkan menggunakan inverter dengan gelombang sinus agar dapat digunakan untuk beban induktif.
3. Pada baterai yang digunakan sebaiknya memiliki kapasitas yang lebih besar agar dapat bertahan lebih lama, dan sedikit modifikasi pada *charger* baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Romi Wiryadinata, dkk. 2013. *Studi Pemanfaatan Energi Matahari di Pulau Panjang Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif*. Jurnal Ilmiah Setrum Vol. 2, No. 1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon.
- [2] Guruh Wibisono. 2011. *Rancang Bangun Catu Daya Tenaga Surya Untuk Audio Mobil (Hardware)*. EEPIS Final Project.
- [3] Yohanes. Edwin, 2016. *Perancangan Switch Control Battery Charger Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Sebagai Suplai Beban Rumah*, Skripsi Teknik Elektro, Universitas Riau.
- [4] Giri Woryanto, dkk. 2013. *Rancang Bangun Battery Charge Controller Dual Sumber Suplai Beban Dengan PLTS dan PLN Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal informatika dan Teknik Elektro Terapan Vol. 1, No. 2, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
- [5] Effendi, Jodie Satria. 2015. *Perancangan Dan Implementasi Catu Daya Pc Dengan Sistem Penyimpanan Daya Pada Baterai*. Tugas Akhir Prodi D3 Teknik Telekomunikasi Fakultas Ilmu Terapan – Telkom University.
- [6] Rianti Mawarni Shahab. 2010. *Rancang Bangun Sistem Pengendali Pengisian Muatan Baterai dengan Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Base Transceiver Station (BTS) GSM*. Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.