

TUGAS AKHIR TF 145565

RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER DENGAN MODE FAST PWM MENGGUNAKAN STM32F NUCLEO BOARDS

HANNANG PRASETYA MUKTI NRP 2413 031 031

Dosen Pembimbing Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc NIP. 19620822 198803 1 001

PROGRAM STUDI DIII METROLOGI DAN INSTRUMENTASI JURUSAN TEKNIK FISIKA Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2016



FINAL PROJECT TF 145565

DESIGN SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH FAST PWM MODE USING STM32F NUCLEO BOARDS

HANNANG PRASETYA MUKTI NRP 2413031031

ADVISOR LECTURER Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. NIP. 19620822 198803 1 001

DIPLOMA III OF METROLOGY AND INSTRUMENTATION DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS Faculty of Industrial Technology Sepuluh Nopember Institute of Technology Surabaya 2016

RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER DENGAN MODE FAST PWM MENGGUNAKAN STM32F NUCLEO BOARDS

TUGAS AKHIR

Oleh :

Hannang Prasetya Mukti NRP. 2413 031 031

Surabaya, 29 Juli 2016 Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing

uar

Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, MSc NIP. 19620822 198803 1 001



Ketua Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi

Dr. Ir. Purwadi Agus D, M.Sc. NIP. 19620822 198803 1 001

iii

RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER DENGAN MODE FAST PWM MENGGUNAKAN STM32F NUCLEO BOARDS

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Ahli Madya pada Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi Jurusan Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember

> Oleh : HANNANG PRASETYA MUKTI NRP. 2413 031 031

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :
1. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc. (Pembimbing)
2. Ir. Harsono Hadi, MT, Ph.D.,
3. Ir. Heri Joestiono, MT
4. Murry Raditya, ST, MT

SURABAYA JULI 2016

is/

RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER DENGAN MODE FAST PWM MENGGUNAKAN STM32F NUCLEO BOARDS

Nama Mahasiswa	: Hannang Prasetya Mukti
NRP	: 2413 031 031
Program Studi	: D3-Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan	: Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing	: Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.

Abstrak

Energi listrik yang dihasilkan panel surya telah digunakan sebagai solusi energi terbarukan untuk menunjang kehidupan manusia. Dalam kenyataannya, energi alternatif ini belum banyak digunakan karena kendala dari investasi awal yang mahal sehingga perlu dirancang komponen pembangkit listik tenaga surya yaitu salah satunya solar charge controller yang handal, optimal, efisien dan ekonomis. Pembuatan dan penelitian mengenai solar charge controller dilakukan dengan menggunakan sistem open loop. Kontroler dibuat tanpa mendapat feedback dari sensor. Kontroler yang dibuat menggunakan metode switching. Proses switching dapat terjadi dengan cara mengatur duty cycle melalui stm32f Nucleo Board pada rangkaian solar charge controller. Berdasarkan hasil pengujian didapat nilai duty cycle sebesar 1% hingga 20% dapat terjadi proses switching. Duty cycle yang telah diatur pada solar charge controller 5,124%. Tegangan input dari panel surya sebesar ±19,6 volt dapat diregulasi menjadi ±14,5 volt dengan arus rata-rata sebesar 0,6 A oleh solar charge controller. Berdasarkan spesifikasi charging aki, output kontroler tersebut dapat digunakan untuk charging aki 12 volt. Ketika proses charging, dibandingkan daya input dan daya output dari kontroler didapat rata-rata efisiensi solar charge controller sebesar 26,65904%.

Kata Kunci: Panel Surya, Open loop, Switching, Charging, Efisiensi.

DESIGN SOLAR CHARGE CONTROLLER WITH FAST PWM MODE USING STM32F NUCLEO BOARDS

Student Name	: Hannang Prasetya Mukti
NRP	: 2413 031 031
Study Program	: D3-Metrology and Instrumentation
Department	: Physics Engineering ITS
Advisor Lecture	: Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.

Abstract

The electrical energy produced by the solar panels have been used as a renewable energy solution to support human life. In fact, alternative energy has not been widely used because of the constraints of the initial investment is expensive so it needs to be designed solar electric plant components, namely one solar charge controller that is reliable, optimal, efficient and economical. Preparation and research on the solar charge controller is done using open-loop system. The controller is made without getting feedback from the sensors. The controllers are made using the method of switching. The process of switching may occur by adjusting the duty cycle through stm32f Nucleo Board on a series of solar charge controller. Based on test results obtained value of the duty cycle of 1% to 20% could be switching process. Duty cycle which has been set at 5.124% solar charge controller. The input voltage of the solar panel by ± 19.6 volts can be regulated to ± 14.5 volts with an average current of 0.6 A by the solar charge controller. Based on the specifications of charging the battery, the controller output can be used for charging the 12-volt battery. When the charging process, compared to the power input and power output of the controller obtained the average efficiency of solar charge controller of 26.65904%.

Keywords: Photovoltaic, Open Loop, Switching, Charging, Efficiency.

DAFTAR ISI

	Hal
HA	LAMAN JUDULi
LEN	MBAR PENGESAHANiii
ABS	STRAKv
ABS	STRACTvi
KA	ГА PENGANTARvii
DA	FTAR ISIix
DAI	FTAR GAMBARxi
DAI	FTAR TABELxiv
BAI	B I. PENDAHULUAN1
1.1	Latar Belakang1
1.2	Permasalahan2
1.3	Batasan Masalah2
1.4	Tujuan2
1.5	Sistematika Laporan
BAI	B II. TINJAUAN PUSTAKA5
2.1	TeoriDasarListrik5
2.2	Panel Surya
2.3	Baterai7
2.4	Power Supply Switching9
2.5	Buck Converter
2.6	Charging Mode Solar Charge Controller11
2.7	Pulse Width Modulation12
2.8	Rangkaian <i>Relay Driver</i>
2.9	Mosfet14
2.10	STM32F Nucleo Boards17
2.11	Analiss Spesifikasi ResponWaktu
BAI	B III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT 21
3.1	Diagram Alir(<i>Flowchart</i>)
3.2	Keterangan <i>Flowchart</i>
	3.2.1 Studi Sistem Kontrol Pengecasan

3.2.2Perancangan dan Pembuatan Hardware serta	L
Software Solar Charge Controller	22
3.2.3 Integrasi Hardware dan Software Pemrograman	36
3.2.4 Pengujian Sistem Pengecasan	36
3.2.5 Pengambilan Data Solar Charge Controller	36
3.2.6 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan	39
3.2.4 Pengujian Sistem Pengecasan3.2.5 Pengambilan Data <i>Solar Charge Controller</i>3.2.6 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan	3 3

BAB IV. PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS SISTEM .41

4.1	Pengu	ijian Alat	41
	4.1.1	Hasil Rancang Bangun	41
	4.1.2	Pengujian Rangkaian Pembangkit Sinyal PWM	42
	4.1.3	Pengujian Rangkaian Solar Charge Controller	49
4.2	Analis	is Sistem	69

BAI	B V. PENUTUP	73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran	74
DA	FTAR PUSTAKA	

LAMPIRAN A	A (Da	ıtasheet	Kom	ponen)			
LAMPIRAN I	B (<i>L</i>	isting	Pro	gram	di	Mikrokon	ıtroler
	S7	T M32F 1	Nucle	o Board	ds)		
LAMPIRAN	C (1	Konfigu	rasi 🛛	Solar (Charge	Controller	Pada
	С	ube MX	()				
LAMPIRAN	D (<i>P</i>	engaml	bilan	Data S	Solar C	harge Con	troller
	S	elama L)ua H	ari)			

BIOGRAFI PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Hal
Gambar 2.1 Kurva I-V Panel Surya
Gambar 2.2 KontruksiBaterai
Gambar 2.3 Diagram Blok Power Supply Switching
Gambar 2.4 RangkaianBuck Converter 11
Gambar 2.5 Diagram <i>Three Stage Charging</i> 12
Gambar 2.6 GelombangOutputSinyalPWM
Gambar 2.7 Duty CyclePerbangdinganTondanToff
Gambar 2.8 Rangkaian <i>Relay Driver</i> 12 Volt14
Gambar 2.9 P dan N <i>Channel</i> Mosfet
Gambar 2.10KurvaKarakteristikOutput Mosfet
Gambar 2.11RangkaianDriver N ChannelMosfet
Gambar 2.12STM32F Nucleo Boards 17
Gambar 2.13 Grafik Spesifikasi Respon Waktu 17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir 22
Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Pengecasan Aki
Menggunakan Panel Surya23
Gambar 3.3 Block Flow Diagram Perancangan Solar Charge
Controller24
Gambar 3.4 Rangkaian Penguat Arus TIP 295525
Gambar 3.5 Rangkaian Buck Converter dan Power Supply
Switching27
Gambar 3.6 Rangkaian Modul Relay 12 V 28
Gambar 3.7 Mikrontroler Stm32f Nucleo Boards
Gambar 3.8 Modul Step-Down LM2596
Gambar 3.9 Pengaktifan Stm32f Nucleo Boards
Menggunakan Aki 12 Volt30
Gambar 3.10 Desain Rangkaian Solar Charge Controller
Menggunakan Software Proteus
Gambar 3.11 Rangkaian Solar Charge Controller
Gambar 3.12 Spesifikasi Panel Surya 50WP
Gambar 3.13 Pin Konfigurasi Stm32 Nucleo Boards
Gambar 3.14 Pemrograman Pembangkitan Sinyal PWM
Menggunakan Software Keil V5

Gambar3.15	Pembangkitan Sinyal PWM Pada Osiloskop
	Dengan Duty Cycle 25%
Gambar 3.16	Keterangan Sinyal PWM Pada Osiloskop
	Dengan Duty Cycle 25%41
Gambar 4.1	Alur Sistem Mini Plant PLTS dan Penempatan
	Solar Charge Controller41
Gambar 4.2	Mini Plant PLTS 41
Gambar 4.3	Pemasangan Solar Charge Controller Pada
	Mini Plant PLTS42
Gambar 4.4	Rangkaian Pembangkit Sinyal PWM (Pulse
	Width Modulation)
Gambar 4.5	Hasil Dari Sinyal Pembangkit Sinyal PWM
	Dengan Duty Cycle 25%43
Gambar 4.6	Hasil Dari Sinyal Pembangkit Sinyal PWM
	Dengan Duty Cycle 50%44
Gambar 4.7	Hasil Dari Sinyal Pembangkit Sinyal PWM
	Dengan Duty Cycle 75%44
Gambar 4.8	Hasil Dari Sinyal Pembangkit Sinyal PWM
	Dengan Duty Cycle 99%45
Gambar 4.9	Konfigurasi Pengukuran Tegangan Keluaran
	PWM dan Kaki Gate Mosfet46
Gambar 4.10	Rangkaian Kontroler Dengan 1 Mosfet49
Gambar 4.11	Rangkaian Kontroler Dengan 2 Mosfet50
Gambar4.12	Wiring Pengukuran Tegangan dan Arus
	Keluaran Solar Charge Controller Dengan
~	Beban Lampu
Gambar 4.13	Grafik Nilai Perbandingan <i>Duty Cycle</i> Terhadap
~	<i>Pout</i>
Gambar 4.14	Grafik Nilai Histerisis Alat Ukur Arus
Gambar 4.15	Grafik Nilai Histerisis Alat Ukur Tegangan 58
Gambar 4.16	Wiring Pengukuran Tegangan dan Arus
	Keluaran Solar Charge Controller Dengan
a 1 44	Beban Akı 12 Volt
Gambar 4.17	Grafik Respon <i>Output</i> Tegangan Tanpa Beban
	Terhadap Waktu62

Gambar	4.18 Grafik	Respon	Output	Arus	Tanpa	Beban	
	Terhada	p Waktu.					.62
Gambar 4	4.19 Respon	Sistem	Output	Kont	rol Te	egangan	
	Terhada	p Waktu.					.63
Gambar	4.20 Grafik R	espon Oi	utput Teg	gangan	Dengar	n Beban	
	Terhada	p Waktu.					.65
Gambar	4.21 Grafik	Respon	Output	Arus 1	Dengan	Beban	
	Terhada	p Waktu.					.65
Gambar 4	4.22 Grafik F	Perbandin	gan Resp	on Out	tput Teg	gangan .	66
Gambar 4	4.23 Grafik F	Perbandin	gan Resp	on Out	<i>tput</i> Aru	18	66
Gambar 4	4.24 Grafik F	Perbandin	gan Radi	asi Ter	hadap V	Waktu	67
Gambar 4	4.25 Efisiens	i Solar C	harge Co	ontrolle	r		68

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1	Voltase Charging Untuk Berbagai Jenis Baterai9
Tabel 4.1	Pembacaan Tegangan Keluaran V _{pwm} pin pb746
Tabel 4.2	Pembacaan Tegangan Keluaran V _{gate} Mosfet
	IRF540N
Tabel 4.3	Pembacaan Tegangan Keluaran Kontroler Dengan
	Satu Mosfet IRF540N51
Tabel 4.4	Pembacaan Tegangan Keluaran Kontroler Dengan
	Dua Mosfet IRF540N
Tabel 4.5	Perbandingan Duty CycleTerhadap Daya Keluaran53
Tabel 4.6	Data Karakteristik Statik Alat Ukur Arus55
Tabel 4.7	Data Karakteristik Statik Alat Ukur Tegangan57
Tabel 4.8	Pengujian Output Kontroler Tanpa Beban Aki 12
	Volt
Tabel 4.9	Pengujian Output Kontroler Dengan Beban Aki 12
	Volt
Tabel 4.10	Tabel Efisiensi Solar Charge Controller67

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan manusia^[11]. Peningkatan kebutuhan energi dapat peningkatan kemakmuran. merupakan indikator namun bersamaan dengan itu juga menimbulkan masalah dalam usaha penyediaannya. Kebutuhan energi yang semakin meningkat, salah satunya yaitu energi listrik. Konsumsi energi listrik di Indonesia mencapai 2.250 per kWh, merupakan nominal yang cukup besar juga dibandingkan beberapa negara di Asia Tenggara lainnya. Dengan kebutuhan yang sangat meningkat maka pemerintah mengupayakan peningkatan kapasitas energi listrik dengan membangun pembangkit listrik. Sehingga pemerintah mencari alternatif suatu pembangkit vaitu pembangkit listrik tenaga surva yang sangat menjanjikan prospeknya untuk kedepan.

Terkait dengan pembangkit listrik tenaga surya, Indonesia sebagai negara tropis mempunyai potensi energi surva yang cukup besar. Untuk memanfaatkan potensi energi surya tersebut, ada 2 (dua) macam teknologi yang sudah diterapkan yaitu teknologi energi surva termal dan energi panel surva. Energi surya termal pada umumnya digunakan untuk memasak (kompor surva), mengeringkan hasil pertanian (perkebunan, perikanan, kehutanan, tanaman pangan) dan memanaskan air. Energi panel surya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik, pompa air, televisi, telekomunikasi dan lemari pendingin di wilayah terpencil. Energi listrik alternatif yang dihasilkan panel surya digunakan sebagai solusi energi telah terbarukan untuk menunjang kehidupan manusia. Pembangunan pembangkit listrik tenaga surya membutuhkan perencanaan yang sangat baik agar tidak menimbulkan dampak yang berlebihan bagi lingkungan. Untuk membangun suatu pembangkit listrik tenaga surya memerlukan investasi awal yang cukup mahal. Sehingga perlu dirancang komponen pembangkit listik tenaga surya yaitu salah satunya solar charge controller yang handal, optimal, efisien dan ekonomis sehingga diperoleh perencanaan pembangunan plts yang efisien dan optimal.

Dalam tugas akhir ini, memaparkan implementasi *power* supply switching untuk mengedalikan *input* yang diperoleh dari panel surya agar sesuai dengan spesifikasi baterai sehingga terjadi proses *charging*. Kelebihan dari metode switching yang digunakan yaitu *reduction power loss, fast working and* reliability^[3] sehingga kontroler ini akan bekerja dengan efisien dan optimal untuk mendukung perencanaan pembangunan plts yang sangat baik.

1.2 Permasalahan

Adapun dari latar belakang yang diuraikan diatas terdapat beberapa permasalahan yang perlu dibahas antara lain :

- 1. Bagaimana melakukan rancang bangun *solar charge controller* yang dapat digunakan untuk melakukan pengisian muatan listrik (*charging*) pada baterai 12 volt menggunakan panel surya ?.
- 2. Bagaimana mengetahui pengaruh *duty cycle* terhadap *output solar charge controller* ?.
- 3. Bagaimana mengetahui efisiensi kerja *solar charge controller*?.

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini, maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

- 1. Input untuk kontroler ini hanya berasal dari panel surya.
- 2. Spesifikasi baterai yang digunakan adalah 12 volt.
- 3. Beban yang dihubungkan memiliki spesifikasi tegangan DC.

1.4 Tujuan

Adapun maksud dan tujuan topik ini adalah :

1. Membuat rancang bangun *solar charge controller* yang dapat digunakan untuk melakukan pengisian muatan

listrik (*charging*) pada baterai 12 volt menggunakan panel surya.

- 2. Dapat mengetahui pengaruh *duty cycle* terhadap *output solar charge controller*.
- 3. Dapat mengetahui efisien kerja solar charge controller.

1.5 Sistematika Laporan

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I. Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan dan sistematika laporan.

BAB II. Tinjauan Pustaka

Bab ini berisi teori-teori dan alat yang digunakan dalam rancang bangun *solar charge controller* dengan metode *fast pwm* menggunakan stm32f *Nucleo Boards*.

BAB III. Perancangan dan Pembuatan Alat

Bab ini berisi tentang langkah – langkah dalam pengerjaan rancang bangun *solar charge controller* dengan metode *fast pwm* menggunakan stm32f *Nucleo Boards*.

BAB IV. Pengujian Alat dan Analisis Sistem

Bab ini berisi tentang pengujian dan analisis sistem dari rancang bangun *solar charge controller* dengan metode *fast pwm* menggunakan stm32f *Nucleo Boards*.

BAB V. Penutup

Bab ini berisi kesimpulan yang berasal dari kesimpulan dan saran sebagai penunjang pengembangan penelitian kedepannya.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Teori Listrik

Membicarakan tentang kelistrikan pada dasarnya adalah membicarakan segala sesuatu yang menyangkut perpindahan elektron. Pola berpindahnya elektron-elektron sehingga menimbulkan energi listrik. Dalam ilmu kelistrikan ada beberapa besaran dasar yang sangat penting dan sangat dominan, di antaranya adalah besaran tegangan, besaran arus dan besaran daya.

Tegangan listrik adalah gaya listrik yang menggerakkan arus untuk mengalir di sepanjang sebuah rangkaian listrik. Besaran satuan untuk tegangan listrik adalah *volt*, dengan simbol $V^{[3]}$. Tegangan listrik merupakan elektron yang mengalir karena adanya beda potensial, makin tinggi potensialnya maka akan akan semakin cepat elektron mengalir ke daerah yang potensialnya lebih rendah.

Arus merupakan jumlah muatan listrik yang mengalir setiap satuan waktu. Besaran satuan untuk arus listrik adalah *ampere*. Simbol besaran ini adalah A. Hanya sedikit orang yang menggunakan kata *ampere*. Umumnya yang digunakan adalah $amp^{[3]}$. Arah arus listrik yang mengalir dalam suatu konduktor adalah dari potensial tinggi ke potensial rendah (berlawanan arah dengan gerak elektron). Satu *ampere* sama dengan 1 *couloumb* dari elektron melewati satu titik pada satu detik.

Dava listrik didefinisikan sebagai laju perubahan energi listrik dalam rangkaian listrik. Satuan SI daya listrik adalah *watt* yang banyaknya tenaga menvatakan listrik vang mengalir per satuan waktu (joule/detik). Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut. Daya yang dibangkitkan sebuah perangkat listrik sebanding dengan besarnya arus yang mengalir melewatinya. Daya juga sebanding dengan tegangan yang menggerakkan arus tersebut. Semakin besar arus dan semakin besar gaya listriknya, semakin besar pula daya yang dihasilkan^[3]. Apabila dituiskan dalam bentuk persamaan

$$Daya (P) = Arus(I) \times Tegangan(V)$$
(2.1)

Dimana :

Ρ Dava Listrik dengan Watt = satuan (W) V Tegangan Listrik dengan Volt (V) = satuan Arus Listrik dengan satuan *Ampere* (A) T =

2.2 Panel Surya

Panel surya merupakan salah satu sumber energi listrik terbarukan, parameter dari panel surya dapat diperoleh melalui karakteristik arus-tegangan antara lain arus hubungan singkat(Isc) tegangan rangkaian terbuka (Voc), daya maksimum dan *fill factor*^[1]. Panel surya adalah perangkat rakitan sel-sel fotovoltaik yang mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Arus dan tegangan memiliki spesifikasi sesuai dengan daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya. Seperti pada Gambar 2.1 merupakan hubungan arus dan tegangan yang dapat dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 2.1 Kurva I-V Panel Surya^[1]

Pembangkitan arus pada sel surya memiliki beberapa proses, diantaranya sebagai berikut :

- 1. Cahaya dalam bentuk partikel foton jatuh pada permukaan sel surya, lalu diserap dan menghasilkan *electron* dan *hole*. Tetapi elektron pada semikonduktor tipe p dan *hole* pada tipe n yang dihasilkan tidak stabil dan hanya terjadi pada jangka waktu yang sama dengan waktu hidup pembawa minoritas, sebelum terjadi rekombinasi.
- 2. Untuk mencegah rekombinasi digunakan p-n *junction* yang memisahkan *electron* dengan *hole*.

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari (untuk memastikan efisiensi maksimum). Panel surya modern memiliki perlindungan *overheating* yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan *overheating* sangat penting karena panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian *overheating* dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan^[1]. Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satusatunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut.

2.3 Baterai

Baterai adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (*katoda*) dan kutub negatif (*anoda*). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Baterai atau aki adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia *reversible* adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia. Pengisian kembali dengan cara regenerasi dan elektroda-elektroda yang dipakai yaitu dengan melewatkan arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Baterai atau aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang akan digunakan untuk mensuplai listrik ke komponen yang dihubungkan. Di dalam baterai terdapat elektrolit asam sulfat, elektroda positif dan negatif dalam bentuk plat. Plat-plat tersebut dibuat dari timah karena itu baterai tipe ini sebut di baterai timah. Ruangan didalamnya dibagi menjadi beberapa sel (biasanya 6 sel) dan di dalam masing-masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam elektrolit^[2]. Kontruksi dari baterai dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kontruksi Baterai^[2]

Jumlah tenaga listrik yang disimpan dalam baterai dapat digunakan sebagai sumber tenaga listrik tergantung pada kapasitas baterai dalam satuan *ampere hours* (AH)^[2]. Jika pada kotak baterai tertulis 12 volt 60 AH, berarti jika baterai tersebut digunakan dengan arus 60 A dalam waktu 1 jam akan kosong (habis). Kapasitas baterai tersebut juga dapat menjadi kosong setelah 2 jam jika arus pemakaian hanya 30 A. Disini terlihat

bahwa lamanya pengosongan baterai ditentukan oleh besarnya pemakaian arus listrik dari baterai tersebut. Semakin besar arus yang digunakan, maka akan semakin cepat terjadi pengosongan baterai. Dan sebaliknya jika semakin kecil arus yang digunakan, maka akan semakin lama pula baterai mengalami pengosongan.

Secara konstruksi baterai dibedakan menjadi beberapa macam yaitu *flooded lead acid*, *sealed lead acid*, *valve regulated lead acid* (VRLA), gel dan AGM semuanya merupakan aki yang berbasis asam timbal. Tabel 2.1 menunjukkan voltase yang diperlukan untuk proses *absorption charging* dan *float charging*^[2].

Туре	Typical Absorption	Typical Float
	Voltage Range	Voltage Range
Flooded	14,2 to 14,5 V	13,2 to 13,5 V
Sealed	14,2 to 14,5 V	13,2 to 13,5 V
VRLA	14,2 to 14,5	13,2 to 13,5 V
AGMS	14,2 to 15,5 V	13,2 to 13,8 V
GEL	14,0 to 14,2 V	13,2 to 13,4 V

Tabel 2.1 Voltase Charging Untuk Berbagai Jenis Baterai

2.4 Power Supply Switching

Power suplai dengan metode *switching* ini lebih dikenal sebagai *power supply switching*. Kelebihan power suplai ini adalah efisiensi daya yang besar sampai 83% jika dibandingkan dengan power suplai dengan regulasi biasa yang menggunakan LM78xx. Efisiensi yang rendah pada regulator LM78xx dikarenakan kelebihan tegangan *input* regulator akan dirubah menjadi panas sehingga sebagian besar daya *input* akan hilang karena dirubah menjadi panas tersebut^[3].



Gambar 2.3 Diagram Blok Power Supply Switching

Secara umum blok diagram dari *power supply* switching dapat dilihat pada Gambar 2.4. Dapat dijelaskan sesuai Gambar 2.4 tegangan *input* masuk rangkaian *rectifier* kemudian melalui rangkaian *switching* akan diregulasi dengan cara men-*switching* transistor *on* atau *off*. Digunakan *pwm* (*Pulse Width Modulation*) dalam mengatur tegangan bekerja dengan mengubah periode *ton* pada tegangan berfrekuensi artinya keadaan tersebut didapatkan dari perbandingan antara lama waktu saat tegangan pada kondisi maksimum (T_{on}) dengan nilai tegangan saat kondisi minimum (T_{off}), perbandingan bisa di sebut dengan *duty cycle*. Dengan demikian *duty cycle*-nya menentukan tegangan DC rata-rata^[9].

2.5 Buck Converter

Buck converter berfungsi untuk menurunkan tegangan *output* dari tegangan *input*, pada Gambar 2.5 merupakan rangkaian *buck converter* yang terdiri dari induktor, dioda, mosfet, kapasitor dan beban. Cara kerja *buck converter* dibagi menjadi dua yaitu, saat *switch* S terbuka arus listrik pada induktor meningkat secara linier dan dioda d mati. Saat switch S tertutup energi yang tersimpan pada induktor dilepaskan melalui dioda menuju rangkaian RC^[9].



Gambar 2.4 Rangkaian Buck Converter^[10]

Untuk *buck converter* ideal, setiap tegangan *output* dari 0 V untuk VIN dapat diperoleh. Telah terbukti bahwa tegangan *output* sebanding dengan siklus dan masukan tegangan. Mengingat tegangan *input* tertentu, ada keterbatasan yang mencegah siklus dari meliputi seluruh yang berkisar dari 0 sampai 100%^[10].

2.6 Charging Mode Solar Charge Controller

Dalam *charging mode*, umumnya baterai diisi dengan metode *three stage charging*^[2]:

- Fase *bulk* : baterai akan di cas sesuai dengan tegangan *setup* (*bulk* antara 14.4 sampai 14.6 volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup* (*bulk*) dimulailah fase *absorption*.
- Fase *absorption* : pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charge controller timer* (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai pada kapasitas baterai.
- Fase *float* : baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13.4 sampai 13.7 volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya.

Pada Gambar 2.5 menunjukkan diagram dari tiga metode fase pengecasan :



Gambar 2.5 Diagram Three Stage Charging

2.7 Pulse Width Modulation

Pengaturan lebar pulsa modulasi atau *pwm* merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan dalam sistem kendali (*control system*) saat ini^[8]. Pengaturan lebar modulasi dipergunakan di berbagai bidang yang sangat luas, salah satu diantaranya adalah: *speed control* (kendali kecepatan), *power control* (kendali sistem tenaga), *measurement and communication* (pengukuran atau instrumentasi dan telekomunikasi).

Modulasi lebar pulsa (*pwm*) dicapai atau diperoleh dengan bantuan sebuah gelombang kotak yang mana siklus kerja (*duty cycle*) gelombang dapat diubah-ubah untuk mendapatkan sebuah tegangan keluaran yang bervariasi yang merupakan nilai rata-rata dari gelombang tersebut. Gelombang sinyal *output pwm* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Gelombang Sinyal Output PWM



Gambar 2.7 Duty Cycle Perbandingan Ton dan Toff

Dari Gambar 2.7 dapat dijelasakan bahwa *pwm* mengeluarkan pulsa dengan jeda waktu, dimana T_{on} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi tinggi (baca: *high* atau 1) dan T_{off} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi rendah (baca: *low* atau 0)^[8]. Anggap T_{total} adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara T_{on} dengan T_{off} , biasa dikenal dengan istilah periode satu gelombang.

2.8 Rangkaian Relay Driver

Relay Driver merupakan rangkaian pendukung yang berguna untuk mengaktifkan suatu relay. Suatu relay tidak dapat aktif tanpa ada rangkaian *relay driver*^[5]. Dengan relay ini kita bisa mengontrol dan mengoperasikan perangkat dari jarak jauh sehingga tak perlu bergeser atau pindah tempat duduk. *Rangkaian* *relay driver* ini bisa diaplikasikan untuk berbagai peralatan. Bisa untuk televisi, transmitter, sound sistem dan lain-lain



Gambar 2.8 Rangkaian Relay Driver 12 Volt

Pada Gambar 2.8 merupakan rangkaian *relay driver* menggunakan transistor NPN. Adapun cara kerja dari rangkaian ini yaitu relay dihubungkan antara sumber positif dan kaki basis dari transistor. Sedangkan kaki emitor mendapat ground. Bila sinyal *input* mengalir ke dasar transistor, sirkuit bekerja dan menarik relay. Dioda DI 4007 menghilangkan kembali ggl ketika relay switch off dan melindungi transistor.

2.9 Mosfet

Mosfet (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*) merupakan salah satu jenis transistor yang yang memiliki impedansi masukan (*gate*) sangat tinggi (hampir tak berhingga) sehingga dengan menggunakan mosfet sebagai saklar elektronik^[3], memungkinkan untuk menghubungkannya dengan semua jenis gerbang logika. Dengan menjadikan mosfet sebagai saklar, maka dapat digunakan untuk mengendalikan beban dengan arus yang tinggi dan biaya yang lebih murah daripada menggunakan transistor bipolar^[7]. Secara umum komponen ini terbagi menjadi dua yaitu N-*channel* dan P-*channel*



Gambar 2.9 P dan N Channel Mosfet^[6]

MOSFET memiliki karakter dasar yang menjadikannya memiliki performa yang lebih baik daripada *bipolar transistor* (BJT) dan *junction field effect transistor* (JFET)^[3]. Seorang *engineer* harus mengetahui dan memahami dengan baik karakter-karakter MOSFET sebelum menggunakannya dalam pembangunan suatu sistem elektronika. Karakteristik mosfet dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Kurva Karakteristik *Output* Mosfet^[6]

Pada Gambar 2.10 dapat dijelaskan bahwa Vgs diatur pada kondisi dibawah kurva *threshold* untuk mengaktifkan mosfet. Untuk membuat mosfet sebagai saklar maka hanya menggunakan mosfet pada kondisi saturasi (*ON*) dan kondisi *cut-off* (*OFF*). Pada daerah *cut-off* mosfet tidak mendapatkan tegangan *input* (Vin = 0V) sehingga tidak ada arus *drain* (Id) yang mengalir. Kondisi ini akan membuat tegangan Vds = Vdd. Dengan beberapa kondisi diatas maka pada daerah *cut-off* ini mosfet dikatakan *off* (*full off*). Kondisi *cut-off* ini dapat diperoleh dengan menghubungkan jalur *input* (*gate*) ke *ground*, sehingga tidak ada tegangan *input* yang masuk ke rangkaian saklar mosfet. Untuk mendapatkan kondisi mosfet dalam keadaan *open* maka tegangan *gate* (Vgs) harus lebih rendah dari tegangan *threshold* (Vth) dengan cara menghubungkan terminal *input* (*gate*) ke *ground*. Wilayah saturasi (mosfet *on*) pada daerah saturasi mosfet mendapatkan bias *input* (Vgs) secara maksimum sehingga arus *drain* pada mosfet juga akan maksimum dan membuat tegangan Vds = 0V. Pada kondisi saturasi ini mosfet dapat dikatakan dalam kondisi *fully on*^[7].



Gambar 2.11 Rangkaian Driver N Channel Mosfet^[6]

Mosfet dapat digunakan sebagai saklar otomatis sesuai dengan refrensi rangkaian pada Gambar 2.11. Pada Gambar 2.11 menggunakan mosfet *channel* N. Gerbang *gate* pada mosfet dapat membuka sesuai dengan Vin yang diberikan yaitu berupa sinyal *pwm* dengan prosentase 0 hingga 100%. Arus yang mengalir dari kaki *source* bergantung pada sinyal *pwm* yang

diberikan sehingga beban yang tersambung dapat aktif karena mendapat aliran arus yang berasa dari kaki *drain* mosfet.

2.10 STM32F Nucleo Boards

STMicroelectronics adalah suatu sistem pengendali berukuran mikro yang sumber kodenya dapat diakses secara umum (open-source), perancangan board STM32F dibuat untuk mempermudah dalam penggunaan elektronik dalam segala bidang. Pada hardware STM32F menggunakan prosessor berbasis ARM 32- bit Cortex M4 CPU with FPU dari pabrikan STMicroelektronics dan dapat digunakan dengan beberapa software diantaranya Intregated Development Enviroments (IDEs). IAR Embeded System, Keil, Cocooks dengan menggunakan bahasa pemrograman tersendiri serta dapat dijalankan pada linux, windows, serta mac. STM32F Nucleo Board memiliki beberapa macam, namun pada bahasan ini menggunakan jenis STM32F NUCLEO BOARD. Tampilan visual stm32f Nucleo Boards dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 STM32F Nucleo Board STM32F NUCLEO BOARD adalah suatu mikrokontroller yang menggunakan ARM dengan fitur yang dimiliki yaitu 50 pin GPIO (General Purpose Input Output), 12-bit ADC with 16 channel, 7 pin General Purpose Timers, 4 pin USART/UART, 3 pin I2C, 3 pin SPI 16 MHZ osilator kristal, USB koneksi, power,

ICSP, serta tombol reset (UM1724 User manual STM32F Nucleo Boards.

2.11 Analisa Spesifikasi Respon Waktu

Sistem kendali dirancang memiliki faktor redaman lebih kecil dari satu, misalnya pada respon berupa osilasi dari masukan sinyal *step*. Pada sistem kendali orde yang lebih tinggi lagi biasanya memiliki *pole-pole* konjugate kompleks dengan faktor redaman lebih besar dari satu yang cenderung melampaui *pole* yang lain. Oleh sebab itu respon waktu sistem kendali orde dua dan orde yang lebih tinggi dengan masukan sinyal step umumnya berupa redaman osilasi alami. Dari Gambar 2.14 tampak bahwa respon memiliki *overshoot* dan *undershoot* yang nyaris tiada batas waktu berhentinya.



Gambar 2.13 Grafik Spesifikasi Respon Waktu

Respon waktu dapat diklasifikasikan secara kualitatif menurut pertanyaan-pertanyaan berikut :

- Berapa cepat perubahan sistem dalam respon masukannya?.
- Berapa lama waktu yang diperlakukan hingga batas akhir respon dicapai?.

Dari kedua pertanyaan diatas perlu diketahui bahwa perubahan yang terjadi tidak dapat bebas atau netral dari keterkaitan parameter yang satu dengan parameter yang lainnya.

- Waktu tunda (*delay time = td*), yaitu waktu yang diperlukan respon untuk mencapai 50% dari harga akhir puncak lewatan yang pertama.
- 2) Waktu naik (*rise time = rt*), yaitu waktu yang diperlukan respon untuk naik dari 10% hingga 90% hingga akhir sistem redaman lebihnya atau dari 0 hingga 100% dari harga akhir sistem redaman kurangnya..
- Waktu puncak (*peak time = tp*), yaitu waktu yang diperlukan respon untuk mencapai puncak lewatan (*overshoot*) dari lewatan yang pertama.
- 4) Lewatan puncak (*peak overshoot* = Mp), yaitu harga lewatan puncak atau lewatan maksimum dari kurva respon yang diukur dari harga satu (100%). Jika harga respon keadaan tunaknya tidak sama dengan satu, maka biasa digunakan persen lewatan puncak yang dirumuskan sebagai (%) lewatan puncak.
- 5) Waktu penetapan (*setting time = Is*), yaitu waktu yang diperlukan kurva respon untuk mencapai dan menetap pada daerah pita toleransi antara 2% 5% dari harga akhimya.
- 6) Kesalahan tunak (*steady state error* = ess), yaitu kesalahan yang merupakan selisih antara keluaran yang sebenarnya dengan keluaran yang diharapkan.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Diagram Alir (Flowchart)

Tahapan penelitian Tugas Akhir ini, secara umum dapat digambarkan dalam *flowchart* seperti Gambar 3.1 :





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

3.2 Keterangan *Flowchart*

3.2.1 Studi Sistem Kontrol Pengecasan

Mempelajari literatur dari penelitian – penelitian yang mengenai pernah dilakukan sebelumnva sistem kontrol pengecasan menggunakan buck converter, power supply switching dan fast pwm. Selain belajar sistem pada perancangan alat, juga mencari literatur – literatur yang berkaitan dengan elemen-elemen yang digunakan dalam pembuatan alat sistem pengecasan, misalnya *datasheet*komponen kontrol dan karakteristik mikrokontroller

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan Hardware serta Software Solar Charge Controller

Pada perancangan dan pembuatan *hardware* serta *software*terdapat beberapa tahap, yaitu pembuatan rangkaian *buck*

converter, rangkaian *power supply switching*, rangkaian penguat arus, rangkaian modul relay dan rangkaian regulator *step down*kemudian masuk ke pemrograman mikrokontroller stm32f *Nucleo Board* untuk pengaktifan *fast pwm*. Pada perancangan sistem kontrol pengecasan ini terdapat diagram alirsistem. Pada Gambar 3.2 merupakan diagram alir sistem pengecasan aki menggunakan panel surya.



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Solar Charge Controller Untuk Pengecasan Aki Menggunakan Panel Surya Sedangkan *block flow diagram* sistem *solar charge controller* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Block Flow DiagramPerancangan Solar Charge Controller

Pada Gambar 3.3 dapat dilihat bahwa inputdari rangkaian regulator 12 volt dan rangkaian penguat arus TIP 2955 berupa arus dan tegangan dari panel surya 50 Wp. Modul relay akan aktif jika mendapat tegangan input lebih dari 12 volt sehingga dari rangkaian penguat arus yang berfungsi menstabilkan arus dapat mengalirkan arus dan tegangan keluarannya. Keluaran dari rangkaian penguat arus diterima oleh rangkaian buck converter dan *power supply switching* dengan keluaran rangkaian ini belum teregulasi. Proses switching pada rangkaian buck converter dan power supply switching diatur melalui sinyal pwm yang dibangkitkan melalui mikrokontroler stm32f Nucleo Boards. Mikrokontroler mengeluarkan output prosentase nilai duty cycle kepada rangkaian buck converter dan power supply switching agar dapat meregulasi tegangan yang diperoleh dari modul relay 12 volt. Tegangan keluaran dari rangkaian buck converter dan power supply switching yang sudah diregulasi sesuai dengan ketentuan Tabel 2.1 maka dapat langsung digunakan untuk
charging aki 12 volt. Daya dari aki 12 volt juga digunakan sebagai *input* rangkaian LM 2596 *step down* 5 volt untuk mengaktifkan mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards*.

a. Perancangan dan Pembuatan Alat (Hardware)

Rancang bangun *solar charge controller* ini terdiri dari beberapa rangkaian yaitu *buck converter, power supply switching,* rangkaian penguat arus,rangkaian modul relay dan rangkaian regulator*step down.* Rangkaian *buck converter* dan *power supply switching* berfungsi sebagai regulator dengan metode switching menggunakan *fast pwm.* Rangkaian penguat arus berfungsi untuk menjaga kestabilan arus yang dihasilkan oleh panel surya 50Wp yaitu sebesar 2,62 A berdasarkan Gambar 3.12. Rangkaian modul relay digunakan sebagai saklar otomatis pengaman. Sedangkan rangkaian regulator disini untuk mengaktifkan modul relay 12 volt serta mengaktifkan minimum sistem mikrokontroler stm32f *Nucleo Board.*



Gambar 3.4 Rangkaian Penguat Arus TIP 2955

Rangkaian penguat arus TIP 2955 dapat dilihat pada Gambar 3.4, berfungsi untuk menjaga kestabilan arus menggunakan komponen utama yaitu resistor 100hm 3 Watt, transitor TIP2955 dan inductor 330 uH. Rangkaian penguat arus ini digunakan sebagai *input* awal *solar charge controller* yang kemudian *output*rangkaian ini dihubungkan dengan *outputbuck converter* dan *power supply switching*.

Untuk pengendalian variabel tegangan dari panel surya rangkaian buck converter dan power supply digunakan switchingseperti pada Gambar 3.5.Keluaran dari panel surva dikendalikan sehingga dapat mencapai set point yang sesuai tegangan charging aki yaitu sebesar $\pm 14,55$ volt. Pada rangkaian buck converter dan power supplyini menggunakan metode switching yang maksutnya tidak menggunakan ic regulator pada umumnya. Sehingga arus yang keluar dari kontroler ini dapat maksimal. Rangkaian buck converter dan power supply *switching* dikendalikan melalui sinval fast dari pwm mikrokontroler stm32f Nucleo Board. Beberapa komponen yang digunakan pada rangkaian buck converter dan power supply switching vaitu opto coupler 4n25, mosfet irf540n, resistor1k ohm1/4 Watt, capacitor 4700uF, 100uF.

Sinyal keluaran pwm dihubungkan pada kaki anoda optocoupler 4n25 sedangkan kaki katoda terhubung ke ground. Sebelun *input* ke anoda dan katoda optocoupler 4n25 dipasang capacitor 100uF untuk menghilangkan ripple tegangan keluar sinyal *pwm*. Keluaran dari regulator 5 volt dihubungkan pada kaki collector optocoupler 4n25.Sedangkan kaki emiter optocoupler dihubungkan pada kaki gatemosfet irf540n. Ketika 4n25 optocoupler 4n25 mendapat sinyal keluaran *pwm* dari mikrokontroler stm32f Nucleo Board sebesar yang ditentukan sesuai tegangan minimum untuk membuka switching dari collector ke emiter optocoupler 4n25 maka teganganinput collector sebesar 5 volt akan mengalir ke kaki emitor. Sehingga kaki gate mosfet irf540n terbuka. Untuk kaki drain mosfet irf540 terhubung pada terminal negatifdari aki sedangkan kaki source mosfet irf540n terhubung pada grounddengan masukan tegangan negatif dari panel surya. Jadi ketika kaki gate mosfet irf540n telah terbuka, maka tegangan dapat mengalir dari kaki drain ke kakisource mosfet irf540n. Besarnva aliran tegangan keluaran melalui kaki drainbergantung dari seberapa besar tegangan yang digunakan untuk membuka kaki *gate* mosfet irf540n yang berasal dari keluaran kaki emiter optocoupler 4n25 sesuai dengan sinyal *pwm* atau prosentase *duty cycle* dari mikrokontroller stm32f *Nucleo Board*. Rangkaian ini juga disertai *led*indikator berwarna hijau yang menandakan bahwa sistem *switching*sudah berjalan.



Gambar 3.5 Rangkaian Buck Converter dan Power Supply Switching

Pada rangkaian *solar charge controller* juga dirangkai suatu modul relay 12 volt. Rangkaian ini berfungsi sebagai pemutus tegangan *output* ke aki. Rangkaian ini dapat aktif bergantung pada *output* tegangan dari panel surya. Jika *output* tegangan dari panel surya lebih besar dari rangkaian modul relay yang dipasang regulator 12 volt maka modul relay akan aktif karena mendapat tegangan sesuai kebutuhan *coil* relay 12 volt. Ketika relay tersebut aktif maka arus dapat mengalir. Namun apabila *output* tegangan dari panel surya kurang dari 8 volt (tegangan minimal untuk mengaktifkan relay) maka relay tidak dapat aktif sehingga lampu indikator *led* merah menyala menandakan bahwa tidak terjadi sistem pengecasan. Jadi modul relay berfungsi juga sebagai sistem pengaman otomatis untuk menghindari rendahnya *output* tegangan dari *solar charge controller* yang bergantung juga pada *input*panel surya. Rangkaian modul relay seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian Modul Relay 12V

Solar charge controlleryang telah dirancang menggunakan mikrokontroler stm32f Nucleo Boards. Mikrokontroler ini digunakan untuk memberikan sinyal *inputpwm*pada rangkaian Sehingga mikrokontroler merupakan komponen switching. penting untuk membuat buck converter dan power supply switching. Kemudahan penggunaan mikrokontroler stm32f Nucleo Board untuk menghasilkan input pwm dibandingkan dengan rangkaian analog biasa yaitu stm32f Nucleo Boards hanya perlu mengubah settingprogram config pulse untuk menghasilkan duty cycleyang diperlukan. Untuk mendapatkan nilaiduty cycle juga bergantung dengan nilai frekuensi *clock* mikrokontroler, untuk stm32f Nucleo Boards memiliki nilai frekuensi clock 84 MHz. Sedangkan frekuensi switching mosfet irf540n memiliki dua mode yaitu High Switching dengan frekuensi 17 kHz dan Low Switching dengan frekuensi 50 Hz. Pada sistem switching

rangkaian *solar charge controller* yang telah dibuat memakai mode *High Switching* untuk mendapatkan nilai prosentase *duty cycle*.



Gambar 3.7 Mikrokontroler Stm32f Nucleo Boards

Gambar 3.7 Pada merupakan tampilan visual dari mikrokontroler stm32f Nucleo Boards. Mikrokontroler memerlukan *supply* tegangan agar dapat aktif. Fitur yang tersedia untuk men-supplymikrokontroler ini sangat flexible antara lain external supply memiliki range tegangan antara 7 volt < VIN < 12 volt, external 5 volt (pin E5V) dan external 3,3 volt. Untuk mengaktifkan rangkaian solar charge *controller* ini, mikrokontroler stm32f Nucleo Boards harus aktif terlebih dahulu sebelum ada input dari panel surya. Maka dari itu untuk pengaktifan mikrokontroler ini diperlukan tegangan yang bukan berasal dari panel surya, yaitu *output* kontroler yang terhubungan dengan aki 12 volt. Daya dari aki ini dapat dimanfaatkan untuk mengaktifkan mikrokontroler stm32f Nucleo Boards, tegangan aki yang bernilai ± 12 volt diregulasikan menjadi 5 volt agar memenuhi persyaratan *input* tegangan minimal agar dapat mengaktifkan mikrokontroler stm32f Nucleo Boards. Untuk meregulasi tegangan 12 volt dari aki menjadi 5 volt untuk men*suplly* mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards* menggunakan modul *step-down*LM 2596 *variable adjusters*eperti pada Gambar 3.8.Seri LM2596 dari regulator sirkuit terpadu monolitik yang menyediakan semua fungsi aktif untuk langkah *step down* (*buck*) regulator *switching*, mampu menerima bebanmaksimal 3A. Perangkat ini tersedia dalam tegangan output tetap 3.3 volt , 5 volt , 12 volt dan versi *output*dapat disesuaikan.Instalasi aki 12 volt dengan rangkaian *solar charge controller* dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.8 Modul Step-Down LM2596



Gambar 3.9 Pengaktifan Stm32f Nucleo Boards Menggunakan Aki 12 Volt

Untuk dapat merangkai semua rangkaian dari *solar charge controller*diperlukan skematik lengkap dari perancangan semua sistem. Skematik rangkaian *solar charge controller* didesain menggunakan *software* proteus yang berguna untuk memudahkan perancangan setiap komponen serta pembuatan *pcb*.Skematik secara kesuluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.10.





Gambar 3.11 Rangkaian Solar Charge Controller

Pada Gambar 3.11 merupakan gambar *solar charge controller* yang telah dipasang didalam panel box.Pada terminal kanan bawah digunakan untuk pemasangan *input* panel surya dan *output* dari *solar charge controller* menuju ke aki 12 volt.

Adapun parameter yang digunakan sesuai dengan data spesifikasi panel surya 50 Wp sesuai pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Spefisikasi Panel Surya 50 Wp

• Daya

Pada pembuatan *solar charge controller* ini di buat agar dapat digunakan pada daya maksimal sebesar 50 Wattsesuai spesifikasi dari panel surya yang digunakan.

• Tegangan *Input* Tegangan *input* pada rangkaian *solar charge controller* ini menggunakan panel surya dengan maksimal Vmp 19.12 volt.

Arus *Input* Arus *input* yang dapat dihasilkan oleh panel surya 50Wp yaitu 2.62 ampere ketika maksimum *power*.

b. Perancangan dan Pembuatan Alat (Software)

solar Perancangan software pada charge controllerdigunakan sebagai pendukung mikrokontroler stm32f Nucleo Boards untuk dapat membangkitkan sinyal pwm.Stm32f Nucleo Boards terintegreasi dengan IDE (Integrated Development Enviroment) sehingga dapat di program melalui beberapa software antara lain IAR, Keil, GCC-based IDEs. Untuk memudahkan pemrograman pada suatu software, stm32f Nucleo Boards dari pabrikan ARM ini juga menyediakan suatu softwarebernama stm cube mx untuk sinkronisasi pin yang akan diaktifkan dengan software pemrograman yang akan digunakan. Pin konfigurasi yang telah dibuat untuk pembangkitan sinyal pwm seperti pada Gambar 3.13 menggunakan stm32f Nucleo Boards digunakan apb2 TIM4 channel1 dan channel 2 pada pin pb6 dan pb7. Untuk mensinkronisasi pada *software* pemrograman langkah selanjutnya dipilih Generate Code dan pilih software pemrograman yang dingingkan. Software pemrograman yang digunakan pada sistem solar charge controller yaitu Keil V5.



Gambar 3.13 Pin Konfigurasi Stm32f Nucleo Boards Pada sistem Solar Charge Controller.

Menggunakan software Keil V5 dapat dilakukan pembangkitan sinyal pwm yang diatur melalui config pulse TIM4. Jadi prosentase duty cycledapat dirubah melalui nilai config pulse pada TIM4. Config pulseberacuan pada TIM period, nilai TIM period pada program Keil V5 sistem solar charge controller ini perhitungan 4941 didapat dari nilai frekuensi clock mikrokontroller beserta frekuensi switching yang digunakan. Berikut persamaan untuk memperoleh perhitungan duty cycle:

$$Timer_tick_frequency= \underline{timer_default_frequency}_{(prescaller_set+1)}$$
(3.1)

Dengan timer yang digunakan pada apb 2 memiliki frekuensi 84 MHz dengan prescaller yang di setting pada program dengan nilai 0 sehingga dapat diketahui nilai *timer_tick_frequency* sebagai berikut :

 $Timer_tick_frequency= \frac{84000000}{(0+1)}$

Timer_tick_frequency=84000000

Pada perancangan *software* digunakan 17kHz *pwm* frekuensi, sehingga dapat dihitung TIM_Period sebagai berikut :

 $TIM_Period = \frac{Timer_tick_frequency}{(pwm frequency-1)}$ (3.2) $TIM_Period = \frac{84000000}{(17000-1)}$

TIM_Period= 4941

Untuk mendapatkan variasi *duty cycle*, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

pulse_length=((TIM_Period + 1)*DutyCycle)/100 - 1 (3.3)

Sehingga menggunakan persamaan 3.3 dapat diketahui nilai *pulse_length*dengan *duty cycle* 0 hingga 100%. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

- 25% *Duty Cycle*: pulse_length = ((4941 + 1) * 25) / 100 - 1 = 1235.25
- 30% *Duty Cycle*: pulse_length = ((4941 + 1) * 30) / 100 - 1 = 1482.3
- 40% *Duty Cycle*: pulse_length = ((4941 + 1) * 40) / 100 - 1 = 1976.4
- 50% *Duty Cycle*: pulse_length = ((4941 + 1) * 50) / 100 - 1 = 2470.5
- 60% *Duty Cycle*: pulse length = ((4941 + 1) * 60) / 100 - 1 = 2964.6
- 70% *Duty Cycle*: pulse_length = ((4941 + 1) * 70) / 100 - 1 = 3458.7
- 75% *Duty Cycle*: pulse_length = ((4941 + 1) * 80) / 100 - 1 = 3705.75

- 80% Duty Cycle: pulse_length = ((4941 + 1) * 80) / 100 - 1 = 3952.8
- 90% Duty Cycle: pulse_length = ((4941 + 1) * 25) / 100 - 1 = 4446.9
- 100% *Duty Cycle*: pulse length = ((4941 + 1) * 25) / 100 - 1 = 4941

Nilai *pulse_length* yang telah diperoleh digunakan pengaturan program pada *software*Keil V5 seperti Gambar 3.13.

📄 mair	uc .
166	void MX_TIM4_Init(void)
167	
168	TIM MasterConfigTypeDef sMasterConfig;
169	TIM OC InitTypeDef sConfigOC;
170	
171	htim4.Instance = TIM4;
172	<pre>htim4.Init.Prescaler = 0;</pre>
173	htim4.Init.CounterMode = TIM_COUNTERMODE_UP;
174	<pre>htim4.Init.Period = 65535;</pre>
175	htim4.Init.ClockDivision = TIM_CLOCKDIVISION_DIV1;
176	HAL TIM PWM Init(shtim4);
177	
178	sMasterConfig.MasterOutputTrigger = TIM_TRGO_RESET;
179	<pre>sMasterConfig.MasterSlaveMode = TIM_MASTERSLAVEMODE_DISABLE;</pre>
180	HAL_TIMEx_MasterConfigSynchronization(&htim4, &sMasterConfig);
181	
182	sConfigOC.OCMode = TIM OCMODE PWM1;
183	sConfigOC.Pulse = 1750;
184	sConfigOC.OCPolarity = TIM_OCFOLARITY_HIGH;
185	<pre>sConfigOC.OCFastMode = TIM_OCFAST_DISABLE;</pre>
186	HAL TIM PWM ConfigChannel(&htim4, &sConfigOC, TIM CHANNEL 1);
187	
188	sConfigOC.Pulse = 259;
189	HAL_TIM_PWM_ConfigChannel(&htim4, &sConfigOC, TIM_CHANNEL_2);
190	}

Gambar 3.14Pemrograman Pembangkitan Sinyal *PWM*Menggunakan *Software* Keil V5

3.2.3 Integrasi Hardware dan Software Pemrograman

Ketika program pada *software* Keil V5 sudah selesai maka dilakukan pengintegrasian pada mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards*.Sebelum melakukan *upload* program pada mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards*, langkah awal harus sinkronisasi antara *device* yang digunakan untuk memrogram dengan mikrokontroler. Jika *upload* program sudah berhasil, maka hasil *output pwm* dapat dilihat dengan cara mengukur tegangan *output* pin *pwm* dan melihat sinyal gelombang *pwm*pada osiloskop.Pada osiloskop dapat dilihat juga nilai prosentase *duty cycle* telah diatur pada program berdasarkan hasil perhitungan pada persamaan 3.3. Seperti pada Gambar 3.14 dan Gambar 3.15 merupakan sinyal gelombang *output* dari *pwm* serta keterangan dari sinyal *pwm* yang telah dibangkitkan diantaranya frekuensi, period, *rise time* dan prosentase *duty cycle*.



Gambar 3.15 Pembangkitan Sinyal *PWM*Pada Osiloskop Dengan Duty Cycle 25%



Gambar 3.16 Ketereangan Sinyal *PWM*Pada Osiloskop Dengan Duty Cycle 25%

3.2.4 Pengujian Sistem Pengecasan

Pengujian sistem pengecasan ini dilakukan untuk mengetahui sudah berjalan sesuai tujuan atau belum program yang telah dibuat pada *software* Keil V5 kemudian di *upload* ke *hardware* stm32f *Nucleo Boards* dan keluaran dari sinyal *pwm*dimasukkan menjadi *input solar charge controller*. Jika dari masing-masing *element* masih belum dapat mengeluarkan keluaran sesuai tujuan, maka proses pemrograman dan integrasi antara *software* dan *hardware* perlu diulang.

3.2.5 Pengambilan Data Solar Charge Controller

Dalam tahap ini dapat melihat spesifikasi yang dimiliki oleh sistem pengecasan aki menggunakan panel surya yang telah dibuat.Dimana dari keterangan data yang telah diperoleh dapat dilihat baik atau tidaknya performansi keluaran *solar charge controller*.Dilakukan perbandingan antara daya masukan yang diperoleh dari panel surya dengan daya keluaran dari *solar charge controller*.

3.2.6 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan

Pada tahap terakhir dibuat analisa data sesuai yang dihasilkan dari pembuatan *solar charge controller*.Setelah analisa data didapat maka dilakukan penarikan kesimpulan dari semua elemen yang berhubungan dengan *solar charge controller* yang mempengaruhi hasil dari data tersebut.

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB IV PENGUJIAN ALAT DAN ANALISIS SISTEM

4.1 Pengujian Alat

Pada tugas akhir pembuatan rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS dilakukan pengujian alat serta pengambilan data dilakukan sebagai berikut :

4.1.1 Hasil Rancang Bangun

Berikut pada Gambar 4.1 merupakan alur sistem dari *mini* plant PLTS yang telah dibuat. Rancang bangun solar charge controller ini dirangkai untuk menerima *input* dari panel surya.



Gambar 4.1 Alur Sistem *Mini Plant* PLTS dan Penempatan *Solar Charge Controller*^[4]



Gambar 4.2 Mini Plant PLTS

Pada Gambar 4.2 merupakan *miniplant* PLTS yang telah dibuat dengan menggunakan panel surya 50 Wp sesua dengan spesifikasi panel surya pada Gambar 3.12.*Solar charge controller* sendiri diletakkan setelah panel surya ,dikontrol dengan mikrokontroller stm32f *Nucleo Boards*sehingga menjadi rangkaian *solar charge controller*. Pada Gambar 4.3 tampilan dari *solar charge controller* yang dihubungkan pada *plant*.



Gambar 4.3 Pemasangan Solar Charge Controller Pada Mini Plant PLTS

4.1.2 Pengujian Rangkaian Pembangkit Sinyal PWM

Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 mengenai *pulse width modulation* dan mosfet, *pwm* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk men-*driver* dari pada mosfet yang digunakan pada rangkaian *solar charge controller*. Pada bab ini akan dibahas mengenai pengujian sinyal *pwm*.

Rangkaian *driver*mosfet atau pembangkit sinyal *pwm*(*Pulse Width Modulation*) pada rangkaian *solar charge controller* ini dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Pembangkit Sinyal PWM (Pulse Width Modulation)

Dari rangkaian pada Gambar 4.4 dilakukan pengujiankeluaran sinyal *pwm*dengan hasil perhitungan *duty cycle*berdasarkan persamaan 3.3.Hasil pengujian menggunakan osiloskop didapat sinyal gelombang *pwm* seperti pada Gambar 4.5 hingga Gambar 4.8.



Gambar 4.5 Hasil Dari Sinyal Pembangkit *PWM* Dengan *Duty Cycle*25%



Gambar 4.6 Hasil Dari Sinyal Pembangkit *PWM* Dengan *Duty Cycle*50%



Gambar 4.7 Hasil Dari Sinyal Pembangkit *PWM* Dengan *Duty Cycle*75%



Gambar 4.8 Hasil Dari Sinyal Pembangkit *PWM* Dengan *Duty Cycle*99%

Pada Gambar 4.5 sampai Gambar 4.8 merupakan *output* sinyal *pwm* yang dilihat melalui osiloskop. Nilai yang diatur adalah bervariasi mulai dari 25%, 50%, 75% dan 99%*duty cycle*berdasarkan nilai perhitungan dengan persamaan 3.3. Dari hasil yang sesuai dengan Gambar 4.5 sampai Gambar 4.8 maka dapat disimpulkan bahwa nilai *duty cycle* tersebut sesuai pengaturanpada mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards*.

Selanjutnya dilakukan dua pengujian yaitupengujian tegangan keluaran sinyal $pwm(V_{pwm})$ dari mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards*dan tegangan keluaran dari *optocoupler* 4N25 atau rangkaian *driver*mosfet.Konfigurasi pengukuran tegangan keluaran sinyal *pwm*dankeluaran dari *optocoupler* 4N25 atau rangkaian *driver* mosfet seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Konfigurasi Pengukuran Tegangan Keluaran *PWM* dan Kaki *Gate* Mosfet

Dari konfigurasi pada Gambar 4.9 dilakukan pengukuran didapat hasil pengujian tegangan keluaran sinyal *pwm* dapat dilihat pada Tabel 4.1 sedangkan hasil pengujian tegangan keluaran.

Tabel 4.1 Pembacaan Tegangan Keluaran V_{pwm} pin pb7

No	Duty Cycle	V <i>pwm</i> pin pb7 (volt)
1	0%	0
2	10%	0,13
3	20%	0,37
4	30%	0,65
5	40%	0,8
6	50%	0,89
7	60%	1,01
8	70%	1,11
9	80%	1,19
10	90%	1,25

Seperti pada Tabel 4.1 terlihat bahwa tegangan keluaran dari V_{pwm} berubah sesuai dengan prosentase nilai *duty cycle* diatur

melalui mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards*.Dengan nilai tegangan keluaran maksimum *duty* cycle adalah 1.25 volt, sedangkan nilai tegangan keluaran minimum *duty* cycle adalah 0.13 volt.Dari konfigurasi pada Gambar 4.9 dilakukan pengukuran didapat hasil pengujian tegangan keluaran dari kaki V_{gate} mosfet dapat dilihat pada Tabel 4.2.Tegangan keluaran kaki V_{gate} mosfet juga dilakukan perhitungan agar dapat diketahui selisih dari nilai pembacaan rangkaian.. Tegangan keluaran kaki V_{gate} mosfet dihitung dengan persamaan seperti berikut :

$$Vgate = (4.7 V * Duty Cycle)/100$$
 (4.1)

Perhitungannya adalah sebagai berikut :

- 10% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 10) /100= 0.47 V
- 20% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 20) /100= 0.94 V
- 30% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 30) /100= 1.14 V
- 40% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 40) /100= 1.88 V
- 50% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 50) /100= 2.35 V
- 60% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 60) /100= 2.82 V
- 70% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 70) /100= 3.29 V
- 80% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 80) /100= 3.76 V
- 90% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 90) /100= 4.23 V
- 100% Duty Cycle: Vgate = ((4.7 V + 100)/100= 4.7 V

No	Frekuensi (kHz)	Duty Cycle	Input (volt)	Vgate Perhitungan (volt)	Vgate Mosfet (volt)	Error (volt)
1		0%		0	0	0
2		10%		0,47	0,13	0,34
3		20%		0,94	0,22	0,72
4		30%		1,14	0,53	0,61
5		40%		1,88	1,33	0,5
6	17	50%	4,7	2,35	2,03	0,32
7		60%		2,82	2,63	0,19
8		70%		3,29	3,26	0,03
9		80%		3,76	3,89	0,13
10		90%		4,23	4,34	0,11
11		100%		4,7	4,46	0,24

Tabel 4.2 menunjukkan kesesuaian dari nilai perhitungan dengan nilai pembacaan yang dihasilkan oleh rangkaian. **Tabel 4.2** Pembacaan Tegangan Keluaran *V_{onte}* Mosfet IRF540N

Seperti Tabel 4.2, mikrokontroler stm32f Nucleo Boards ataupun mosfet menggunakan high switching dengan output frekuensi 17.00 kHz. Dengan variasi prosentase nilai duty cycle, 0% sampai 100% dari nilai perhitungan menggunakan persamaan 3.3 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran dari kaki gate mosfet juga berubah. Pada duty cycle 20% menunjukkan nilai error masksimal atau paling tinggi dengan penunjukan nilai error sebesar 0,72 volt. Kemudian pada saat pembacaan nilai duty cycle60-90 % terdapat errordibawah 0,2 volt. Sedangkan error yang paling kecil yaitu pada saat duty cycle70%dengan penunjukkan nilai 0.03 volt.Dengan tegangan input pada kaki collector optocoupler sebesar 4,7 volt dari output 5,0 volt mikrokontroler stm32f Nucleo Boards serta perubahan nilai duty cycle dari 10% sampai 100%, didapat keluaran tegangan pada kaki gate mosfet (V_{gate}) 0,13-4,46 volt. Dengan range tegangan V_{eate} yang telah didapat, menurut *datasheet* mosfet irf540n yang terlampir, sudah cukup untuk membuka gerbang *gate* mosfet, sehingga proses *switching* dapat berlangsung. Maka dengan mengatur nilai *duty cycle* melalui mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards* maka tegangan *output* juga akan berubah.

4.1.3 Pengujian Rangkaian Solar Charge Controller

Dilakukan pengujian terhadap *solar charge controller* dengan melihat perbandingan antara nilai *output* dari kontroler. Pengujian yang dilakukan yaitu membandingkan penggunan satu dan dua mosfet dalam kontroler. Perbedaan penambahan komponen mosfet dapat dilihat Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.Untuk konfigurasi pengukuran rangkaian dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.10 Rangkaian Kontroler Dengan 1 Mosfet



Gambar 4.11 Rangkaian Kontroler Dengan 2 Mosfet



Gambar 4.12 Wiring Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran Solar Charge Controller Dengan Beban Lampu

Berdasarkan skematik pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11 dilakukan pengujian sesuai dengan konfigurasi pengukuran pada Gambar 4.12. Dilakukan menggunakan variable power supplydengan input diatur 19,3 volt. Beban maksimal yang dapat digunakanpada variable power supply ini yaitu 5A.Tipe mosfet yang digunakan dari kedua pengujian yaitu irf540n.Beban yang digunakan pada solar charge controlleryaitu lampu led 12 volt 3 Watt. Pengujian dilakukan dengan cara merubah prosentase nilai duty cycledari 0 hingga 100% sesuai dengan nilai perhitungan dari persamaan 3.3.Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Pembacaan Tegangan Keluaran Kontroler Dengan SatuMosfet IRF540N

No	Duty Cycle	Input (volt)	Output Tegangan (volt)	Output Arus Dengan Beban Lampu 12V 3Watt (amp)
1	0%		0	0
2	10%		14,59	0,013
3	20%		14,67	0,013
4	30%		18,43	0,019
5	40%		18,60	0,021
6	50%	19,3	18,62	0,018
7	60%		18,63	0,124
8	70%		18,63	0,143
9	80%		18,64	0,147
10	90%		18,63	0,242
11	100%		18,60	0,362

No	Duty Cycle	Input (volt)	Output Tegangan (volt)	Output Arus Dengan Beban Lampu 12V 3Watt (amp)
1	0%		0	0
2	10%		14,59	0,013
3	20%		14,67	0,013
4	30%		18,42	0,017
5	40%		18,62	0,021
6	50%	19,3	18,64	0,021
7	60%		19,64	0,155
8	70%		18,63	0,212
9	80%		18,62	0,203
10	90%		18,63	0,228
11	100%		18,61	0,326

Tabel 4.4 Pembacaan Tegangan Keluaran Kontroler Dengan DuaMosfet IRF540N

Seperti pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 dapat dilihat dua hasil keluaran dari pengujian solar charge controller.Hasil tersebut sebagai pengaturan digunakan nilai dutv cvcle pada mikrokontroler stm32f Nucleo Boards. Ketika prosentase nilai duty cycle10-20%, solar charge controller dapat meregulasi tegangan inputyaitu 19,3 volt menjadi ±14,5 volt. Berdasarkan pengujian Tabel 2.1. hasil dari solar charge controllermenghasilkan output tegangan ±14,5 volt dapat melakukan proses charging pada aki 12 volt. Dapat disimpulkan prosentase nilai duty cycle boleh diatur dengan range1% hingga 20% agar solar charge controller dapat meregulasi tegangan input.

Pembacaan tegangan keluaran dengan satu atau dua mosfet menggunakan *input* tegangan dengan acuan V_{mp}dari panel surya berdasarkan Gambar 3.12. Pengujian yangdilakukan hampir sama seperti pengujian rangkaian pwm yaitu dengan merubah nilai duty cyclesesuai dengan hasil perhitungan persamaan 3.3. Dari tabel 4.3 dan 4.4 dapat dilihat pada *duty cycle* 10-20% menunjukkan perubahan selisih tegangan ±4,8volt dari tegangan input. Perubahan output arus dari duty cycle 0-100% selalu mengalami kenaikan. Nilai kenaikan arus yang tertinggi terjadi pada duty cycle 90-100% pada penggunaan satu mosfet, yaitubernilai 0,120 A. Sedangkan untuk penggunaan dua mosfet nilai kenaikan arus tertinggi pada duty cycle 50-60%, yaitu bernilai 0,134 A. Kecuali pada duty cycle 40-50% dengan penggunaan satu mosfet terjadi penururan arus sebesar 0,03 A dan pada duty cycle 70-80% dengan penggunaan dua mosfet terjadi penurunan arus sebesar 0,09 A. Dari data tegangan dan arus keluaran pada pengujian solar charge controller menggunakan satu atau dua mosfet dapat dihitung daya yang dihasilkan seperti pada Tabel 4.5.Perhitungan rumus daya menggunakan persamaan 2.1.

No	Duty Cycle	Pout 1 (Watt)	Pout 2 (Watt)
1	0%	0	0
2	10%	0,18967	0,18967
3	20%	0,19071	0,19071
4	30%	0,35017	0,31314
5	40%	0,3906	0,39102
6	50%	0,26068	0,39144
7	60%	2,31012	3,0442
8	70%	2,66409	3,94956
9	80%	2,74008	3,77986

Tabel 4.5Perbandingan Duty Cycle Terhadap Daya Keluaran



Gambar 4.13 Grafik Nilai Perbandingan Duty Cycle Terhadap Pout

Tabel 4.5menunjukkan hasil antara nilai daya keluaran dari penggunaan satu atau dua mosfet.Dari nilai pembacaan *duty cycle* dari nilai 10% hingga 40%, pembacaan daya keluaran memiliki nilai keduanya memiliki selisih yang kecil. Perbedaan pembacaan daya keluaran mulai terlihat pada nilai *duty cycle* 50% keatas.Pada *range* nilai *duty cycle* 50% hingga 80%, daya keluaran dari penggunaan dua mosfet lebih tinggi dibanding penggunaan satu mosfet. Pada nilai *duty cycle* 80% hingga 100%, kenaikan daya keluaran penggunan dua mosfet baru linier naik ketika nilai *duty cycle* 90% berbeda dengan penggunaan satu mosfet yang sudah linier ketika nilai *duty cycle* 80%.

Selanjutnya dilakukan pengujian rangkaian *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS diperoleh beberapa hasil uji.Data diambil melalui pembacaan arus dan tegangan keluaran dari *solar charge controller*.Dari variabel arus dan tegangan dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1 sehingga memperoleh daya

keluaran. Spesifikasi dari alat ukur arus dan tegangan untuk pengambilan data adalah sebagai berikut :

No	Pembacaan Standart	Pembaca	aan Alat	Beda Historisis	(Std – Alot)/std
110	(A)	Naik	Turun	(A)	(A)
1	0	0	0	0	~
2	0.55	0.49	0.59	0.1	0.109
3	1	1.08	1.06	-0.02	-0.08
4	1.5	1.522	1.538	0.016	-0.0147
5	2.01	2	2.026	0.026	0.00497
6	2.5	2.454	2.464	0.01	0.0184
7	3	2.94	2.91	-0.03	0.02
8	3.5	3.152	3.374	0.222	0.0994
9	4	3.56	3.806	0.246	0.11
10	4.4	4.096	4.078	-0.018	0.069

Tabel 4.6 Data Karakteristik Statik Alat Ukur Arus

Sehingga menghasilkan nilai :

- a. Range : 0 A 4,4 A
- b. Span : 4,4 A
- c. Resolusi : 0,01
- d. Histerisis : 6%
- e. Akurasi : 66,4%
- f. Kesalahan : 0.336

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur arus berdasarkan data pada Tabel 4.6.

Sensitivitas

sensitivitas=
$$\frac{\Delta?}{\Delta?}$$
? $\frac{??????}{?????}$? ????

 Histerisis : H(I) = O(I)_{I↑} - O(I)_{I↓}, Ĥ = H(I)_{max} sehingga : % maksimum histerisis =

Dari histerisis tersebut dapat dijadikan grafik. Berikut ini pada Gambar 4.10merupakan grafik dari pengukuran naik dan turun dari pengujian alat ukur arus :



Gambar 4.14 Grafik Nilai Histerisis Alat Ukur Arus

I.

• Akurasi

Dengan :

Yn = Pembacaan Standar

Xn = Pembacaan Alat

• Kesalahan(Error)

$$\mathbf{e} = 1 - \mathbf{A}$$

$$e = 1 - 0,664$$

e = 0.336

No	Pemb.Std	Peml	b. Alat V)	Koreksi	Histerisis	
110	(V)	Naik	Turun			
1	0	0	0	0	0	
2	1.1	1.046	1.028	0.063	0.018	
3	2.05	1.968	1.978	0.077	-0.01	
4	3.05	2.918	2.92	0.131	-0.002	
5	4.01	3.844	3.862	0.157	-0.018	
6	5	4.84	4.838	0.161	0.002	
7	6.04	5.816	5.802	0.231	0.014	
8	7.03	6.806	6.812	0.221	-0.006	
9	8.04	7.772	7.774	0.267	-0.002	
10	9	8.734	8.736	0.265	-0.002	
11	10	9.806	9.774	0.21	0.032	
12	11	10.74	10.7	0.28	0.04	
13	12	11.76	11.64	0.3	0.12	
14	13	12.6	12.7	0.35	-0.1	
15	14	13.6	13.6	0.4	0	
Σ	45.32	43.74	43.75	1.573	-0.006	
Rata	4.532	4.374	4.375	0.157	-0.0006	

Tabel 4.7 Data Karakteristik Statik Alat Ukur Tegangan

Sehingga menghasilkan nilai :

a.	Range	: 0 V – 15V
b.	Span	: 14 V
c.	Resolusi	: 0,01
d.	Histerisis	: 0,88%

e. Akurasi : 66,3%

f. Kesalahan : 0,337

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur tegangan berdasarkan data pada Tabel 4.7.

• Sensitivitas Sensitivitas

 Histerisis : H(I) = O(I)_{I↑} - O(I)_{I↓}, Ĥ = H(I)_{max} sehingga : % maksimum histerisis =

Dari nilai perhitungan histerisis dapat dijadikan grafik.Pada Gambar 4.11 merupakan grafik dari pengukuran nilai histerisis.



Gambar 4.15 Grafik Nilai Histerisis Alat Ukur Tegangan 58

Spesifikasi dari alat ukur arus dan tegangan pada sistem monitoring *mini plant* PLTS telah diketahui, spesfikasi dari alat ukur ini digunakan sebagai acuan jika terjadi koreksi pada pengambilan data dari *solar charge controller*. Dengan sistem monitoring arus dan tegangan maka selanjutnya dilakukan pengujian respon *output* kontroler terhadap *input* yang diberikan.Untuk konfigurasi pengukuran rangkaian dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Wiring Pengukuran Tegangan dan Arus Keluaran Solar Charge Controller Dengan Beban Aki 12 Volt

Berdasarkan pada Gambar 4.16 dapati dilakukan pengujian dengan hasil seperti Tabel 4.8.

No	Tanggal	Waktu	Vin (volt)	Vout (volt)	Iout (amp)	Pout (Watt)
1	06/21/2016	1:51:57	20,01	14,5	0,62	9,01
2	06/21/2016	1:51:59	20,01	14,5	0,62	9
3	06/21/2016	1:52:01	20,01	14,5	0,62	9,01
4	06/21/2016	1:52:05	20,01	14,5	0,62	9,04
5	06/21/2016	1:52:09	20,01	14,5	0,62	9,04

Tabel 4.8 Pengujian *Output* Kontroler Tanpa Beban Aki 12 Volt

6	06/21/2016	1:52:20	20,01	14,5	0,62	9
7	06/21/2016	1:52:24	20,01	14,5	0,62	8,98
8	06/21/2016	1:52:26	20,01	14,5	0,62	9,07
9	06/21/2016	1:52:27	20,01	14,5	0,62	9,01
10	06/21/2016	1:52:29	20,01	14,5	0,62	9

Tabel 4.8 Tabel Lanjutan

No	Tanggal	Waktu	Vin	Vout	Iout	Pout
INU	Tanggai	waktu	(volt)	(volt)	(amp)	(Watt)
11	06/21/2016	1:52:33	20,01	14,6	0,62	9
12	06/21/2016	1:52:42	20,01	14,6	0,62	9,11
13	06/21/2016	1:52:44	20,01	14,6	0,62	9,09
14	06/21/2016	1:52:46	20,01	14,6	0,62	9,07
15	06/21/2016	1:52:48	20,01	14,6	0,62	9,1
16	06/21/2016	1:52:50	20,01	14,6	0,62	9,11
17	06/21/2016	1:52:53	20,01	14,6	0,62	9,1
18	06/21/2016	1:52:57	20,01	14,6	0,62	9,12
19	06/21/2016	1:52:59	20,01	14,6	0,62	9,07
20	06/21/2016	1:53:03	20,01	14,6	0,62	9,09
21	06/21/2016	1:53:08	20,01	14,6	0,62	9,14
22	06/21/2016	1:53:10	20,01	14,6	0,62	9,12
23	06/21/2016	1:53:14	20,01	14,7	0,62	9,1
24	06/21/2016	1:53:16	20,01	14,7	0,62	9,09
25	06/21/2016	1:53:23	20,01	14,7	0,62	9,14
26	06/21/2016	1:53:25	20,01	14,7	0,62	9,14
27	06/21/2016	1:53:31	20,01	14,6	0,62	9,11
28	06/21/2016	1:53:36	20,01	14,7	0,62	9,13
29	06/21/2016	1:53:42	20,01	14,6	0,62	9,13
30	06/21/2016	1:53:45	20,01	14,6	0,62	9,09
31	06/21/2016	1:53:51	20,01	14,7	0,62	9,15
32	06/21/2016	1:53:59	20,01	14,7	0,62	9,12
33	06/21/2016	1:54:00	20,01	14,7	0,62	9,17
34	06/21/2016	1:54:02	20,01	14,7	0,62	9,15
35	06/21/2016	1:54:04	20,01	14,7	0,62	9,13
36	06/21/2016	1:54:06	20,01	14,6	0,62	9,11
37	06/21/2016	1:54:08	20,01	14,7	0,62	9,11
38	06/21/2016	1:54:21	20,01	14,7	0,62	9,13
39	06/21/2016	1:54:28	20,01	14,7	0,62	9,11
40	06/21/2016	1:54:30	20,01	14,7	0,62	9,11
41	06/21/2016	1:54:36	20,01	14,7	0,62	9,11
42	06/21/2016	1:55:04	20,01	14,6	0,62	9,07
43	06/21/2016	1:55:05	20,01	14,6	0,62	9,11
44	06/21/2016	1:55:09	20,01	14,6	0,62	9,1
45	06/21/2016	1:55:33	20,01	14,6	0,62	9,12
----	------------	---------	-------	------	------	------
46	06/21/2016	1:55:50	20,01	14,7	0,62	9,08
47	06/21/2016	1:56:12	20,01	14,7	0,62	9,16
48	06/21/2016	1:56:46	20,01	14,7	0,62	9,17

Tabel 4.8menunjukkan hasil pengujian solar charge *controller*tanpa menggunakan beban aki 12 volt untuk mengetahui respon *output* selama ± 5 menit. Prosentase nilai *duty* cvcle digunakan sebesar 5,124% sesuai prosentase yang diperbolehkan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4.Teganganinput berasal dari panel surya 50 Wp, dengan spesifikasi V_{mp} dan I_{mp} sebesar 19,12 volt dan 2,62 A. Teganganinput pada saat dilakukan pengujian yaitu 20 volt. Tegangan input dengan nilai tersebut menunjukkan bahwa panel surya sedang bekerja dalam keadaan maksimal *power*. Dari data o*utput*tegangansolar charge controller pada Tabel 4.8 didapat rata-rata sebesar 14,60667 volt. Tegangan maksimum yang dihasilkan yaitu 14,68 volt sedangkan tegangan minimumnya yaitu 14,49 volt. Untuk output arus yang dihasilkan bernilai konstan yaitu 0,62 A. Dari data output arus dan tegangan dapat dihitung daya sesuai persamaan 2.1. Berdasarkan Tabel 4.8 daya rata-rata yang dihasilkan selama pengujian yaitu sebesar 9,092083 Watt. Daya maksimal yang dihasilkan yaitu sebesar 9,17 Watt sedangkan untuk daya minimumnya yaitu 8,98 Watt.

Gambar 4.17 dan Gambar 4.18 merupakan grafik yang diambil melalui sistem monitoring arus dan tegangan menggunakan *software* Visual Basic pada *mini plant* PLTS. Pengambilan data dilakukan selama ±7 menit. Pada Gambar 4.17 grafik respon *output* tegangan menunjukan kestabilan tegangan tidak terjadi fluktuaksi yang terlalu rendah maupun tinggi. Sedangkan pada Gambar 4.18 grafik respon *output* arus menunjukkan grafik yang fluktuaksi terutama pada jam 01:52:39 sampai jam 01:53:07. *Output* arus mulai stabil pada jam 01:53:27, dan pada jam selanjutnya hanya terjadi sedikit fluktuasi.



Gambar 4.17 Grafik Respon *Output* Tegangan Tanpa Beban Terhadap Waktu





Gambar 4.19 Respon Sistem Kontrol Tegangan Terhadap Waktu

Gambar 4.19 menunjukkan grafik dari respon sistem kontrol tegangan dalam mencapai *set point* $\pm 14,55$ volt. Grafik tegangan tersebut diambil secara *real time*. Berdasarkan data pada Gambar 4.19 dapat diambil spesifikasi respon waktu sesuai dengan respon *output* dari *solar charge controller* sebagai berikut :

- Waktu tunda (*delay time = td*), yaitu waktu yang diperlukan respon untukmencapai 50%dari harga akhir puncak lewatan yang pertama sehingga dari Gambar 4.19 diperoleh nilai *delay time* sebesar ±11 detik.
- Waktu naik (*rise time = rt*), yaitu waktu yang diperlukan respon untuk naikdari 10% hingga 90% hingga akhir sistem redaman lebihnya atau dari Ohingga 100% dari harga akhir sistem redaman sehingga dari Gambar 4.19 diperoleh *rise time*sebesar ±22 detik.
- Waktu puncak (*peak time = tp*), yaitu waktu yang diperlukan respon untukmencapai puncak lewatan (*overshoot*) dari lewatan yang pertama sehingga dari Gambar 4.19 diperoleh *peak times*ebesar ±24 detik.

- 4) Lewatan puncak (*peak overshoot = Mp*), yaitu harga lewatan puncak ataulewatan maksimum dari kurva respon yang diukur dari harga satu (100%). Jika harga respon keadaan tunaknya tidak sama dengan satu, maka biasadigunakan persen lewatan puncak yang dirumuskan sebagai (%) lewatanpuncak sehingga dari Gambar 4.19 diperoleh *peak overshoot*sebesar ±38 detik.
- 5) Waktu penetapan (*setting time= Is*), yaitu waktu yang diperlukan kurvarespon untuk mencapai dan menetap pada daerah pita toleransi antara 2% 5% dari harga akhimya sehingga dari Gambar 4.19 diperoleh *setting times*ebesar $\pm 22,5$ detik.
- 6) Kesalahan tunak (steady state error= ess), yaitu kesalahanyang merupakanselisih antara keluaran yang sebenarnya dengan keluaran yang diharapkan sehingga dari Gambar 4.19 diperoleh steady state errorsebesar 0,7 volt didapat dari selisih set point dengan peak overshoot.

No	Tanggal	Waktu	Vin (volt)	Vout (volt)	Iout (amp)	Pout (Watt)
1	06/21/2016	2:14:57	20,01	11,57	1,08	12,4956
2	06/21/2016	2:14:59	20,01	11,58	1,08	12,5064
3	06/21/2016	2:15:01	20,01	11,58	1,08	12,5064
4	06/21/2016	2:15:03	20,01	11,58	1,08	12,5064
5	06/21/2016	2:15:05	20,01	11,57	1,08	12,4956
6	06/21/2016	2:15:07	20,01	11,58	1,08	12,5064
8	06/21/2016	2:15:11	20,01	11,6	1,08	12,528
9	06/21/2016	2:15:13	20,01	11,6	1,08	12,528
10	06/21/2016	2:15:15	20,01	11,63	1,08	12,5604
11	06/21/2016	2:15:17	20,01	11,63	1,08	12,5604
12	06/21/2016	2:15:19	20,01	11,64	1,08	12,5712
13	06/21/2016	2:15:21	20,01	11,64	1,08	12,5712

Tabel 4.9 Pengujian *Output* Kontroler Dengan Beban Aki 12Volt

Pada Tabel 4.9 merupakan hasil pengujian solar charge controller menggunakan beban aki 12 volt untuk mengetahui

respon output selama ±30 detik. Tegangan input berasal dari panel surva 50 Wp, dengan spesifikasi V_{mp} dan I_{mp} sebesar 19,12 volt dan 2,62 A.Prosentase nilai duty cycle digunakan sebesar 5,124% sesuai prosentase yang diperbolehkan pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4Selama dalam waktu pengujian alat, terjadi kenaikan tegangan sebesar 0,7 volt. Untuk arus keluaran konstan sebesar 1,08 A. Sesuai dengan data tegangan *output*yang selalu mengalami kenaikan maka sistem charging sedang berlangsung.Daya yang dihasilkan dari solar charge controller selalu mengalami kenaikan terhadap waktu. Sehingga didapat grafik respot output seperti pada Gambar 4.20 dan Gambar 4.21.



Gambar 4.20 Grafik Respon *Output* Tegangan Dengan Beban Terhadap Waktu



Gambar 4.21 Grafik Respon *Output* Arus Dengan Beban Terhadap Waktu

Berdasarkan Tabel 4.8 dan Tabel 4.9 hasil dari kedua pengujian yang telah dilakukan yaitu uji *solar charge controller* tanpa beban dan menggunakan beban aki 12v, dapat dibuat grafik perbandingan dari keduanya seperti pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23.



Gambar 4.22 Grafik Perbandingan Respon Output Tegangan



Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Respon Output Arus

Untuk pembacaan efisiensi *solar charge controller* diperoleh nilai dari perbandingan antara daya *input* dibandingkan dengan daya *output*. Nilai *input* tegangan dari panel surya sebesar 19,8 volt. Adapun hasil pengujian efisiensi dapat dilihat pada Tabel 4.10 didapatkan hasil pengukuran antarai nilai arus dan tegangan baik *input* maupun *output*.

No	Welstn	Radiasi	Vout	Iout	Pin	Pout	EFISIENSI
INO	vv aktu	(W/m2)	(V)	(A)	(Wp)	(Watt)	(%)
1	8:00:00	3703,36	11,43	0,47	50	5,3721	10,7442
2	9:00:00	4760,44	11,56	0,99	50	11,4444	22,8888
3	10:00:00	6319,44	11,61	1,15	50	13,3515	26,703
4	11:00:00	7558,89	11,73	1,55	50	18,1815	36,363
5	12:00:00	9021,59	11,78	1,93	50	22,7354	45,4708
6	13:00:00	8512,86	11,82	1,81	50	21,3942	42,7884
7	14:00:00	6912,81	11,89	1,27	50	15,1003	30,2006
8	15:00:00	5488,93	11,91	0,75	50	8,9325	17,865
9	16:00:00	3551,73	11,89	0,57	50	6,7773	13,5546
10	17:00:00	1819,45	11,73	0,32	50	3,7536	7,5072
11	8:00:00	3423,14	11,36	0,34	50	3,8624	7,7248
12	9:00:00	4363,11	11,51	0,77	50	8,8627	17,7254
13	10:00:00	5922,67	11,59	0,9	50	10,431	20,862
14	11:00:00	6411,83	11,63	1,38	50	16,0494	32,0988
15	12:00:00	8145,51	11,79	1,82	50	21,4578	42,9156
16	13:00:00	8823,16	11,82	1,91	50	22,5762	45,1524
17	14:00:00	6903,65	11,9	1,22	50	14,518	29,036
18	15:00:00	5362,72	11,89	0,73	50	8,6797	17,3594
19	16:00:00	3751,84	11,89	0,5	50	5,945	11,89
20	17:00:00	1643,49	11,89	0,19	50	2,2591	4,5182

Tabel 4.10 Tabel Efisiensi Solar Charge Controller



Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Radiasi Terhadap Waktu



Gambar 4.25 Efisiensi Solar Charge Controller

Data pada Tabel 4.10 dilakukan pengambilan data radiasi menggunakan pyranometer.Kondisi cuaca pada saat pengambilan data cerah. Sehingga nilai radiasi yang keluar sesuai dengan cuaca normal yang biasanya radiasi tertinggi terletak pada jam 11.00 hingga 13.00. Tabel 4.10 menunjukkan pengujian efisiensi dari solar charge controllerpada jam 08:00:00 hingga 17:00:00. Tegangan output yang dihasilkan terus mengalami kenaikan yang menandakan sistem charging sedang berlangsung.Dari Gambar 4.19 didapat radiasi tertinggi pada 12:00:00 dengan nilai 9021,59 W/m².Daya *input* dari panel surya sebesar 50Wp, yang artinya ketika panel surva sedang dalam keadaan *peak power*, daya yang dapat dihasilkan adalah sebesar 50 Watt. BerdasarkanGambar 4.25 efisiensi dari solar charge controller, pada jam 08:00:00 hingga 15:00:00 efisiensi dari kontroler terus mengalami kenaikan dengan ada sedikit fluktuasi pada jam 11:00:00 dan 13.00.00Ketika sudah diatas jam 13:00:00 efisiensinva menurun. Efisiensi tertinggi terjadi pada jam 12:00:00 dengan nilai pembacaan sebesar 45,4708%. Nilai rata-rata pembacaan dari efisiensi solar charge controller adalah 24,65904 %.

4.2 Analisis Sistem

Dari semua pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian sinyal pembangkit *pwm*, pengujian tegangan keluaran pada kaki *gate* mosfet, pengujian rangkaian *solar charge controller* menggunakan satu atau dua mosfet dan pengujian *solar charge controller* pada *miniplant* PLTS dilakukan analisis. Dimulai dari pembahasan untuk pengujian pertama tentang sinyal pembangkit *pwm*. Sinyal *pwm* dibangkitkan melalui mikrokontroler stm32f *Nucleo Boards* dengan *duty cycle* diatur pada program dengan frekuensi yang digunakan 17,00 kHz. Pengujian keluaran sinyal *pwm* dengan *duty cycle* 25%, 50%, 75% dan 99% setelah tegangan keluaran dicek terjadi perubahan nilai tegangan keluaran sesuai dengan perubahan nilai *duty cycle* yang diberikan seperti data pada Tabel 4.1, maka dapat dipastikan pembangkitan sinyal *pwm* melalui stm32f *Nucleo Boards* sudah berhasil. Dengan nilai

minimum dan nilai maksimum *duty cycle* secara berurutan yaitu 0,13 volt dan 1,25 volt.

Untuk pengujian kedua membahas tentang pembacaan tegangan keluaran pada kaki gate mosfet.Berdasarkan data pada Tabel 4.2 menunjukkan duty cycle 20% memiliki error maksimal dengan nilai sebesar 0,72 volt. Hal ini bisa terjadi karena pembangkitan sinyal *pwm* dengan *duty cycle* yang kecil memiliki selisih nilai tegangan keluaran yang besar dari prosentase nilai duty cycle diatas 50%. Dapat dibandingkan saat pembacaan nilai duty cycle 60% hingga 90% memiliki error dibawah 0,2 volt. Selisih 0.52 volt dari duty cycle 20%. Sedangkan errorterkecil terjadi pada duty cycle 70% dengan penunjukkan tegangan keluaran sebesar 0,03 volt. Tegangan *input* diberikan pada kaki collectoroptocoupler sebesar 4,7 volt dan diberikan perubahan nilai duty cycle 0% hingga 100% pada rangkaian switching didapat keluaran tegangan pada kaki gate mosfet (V_{gate}) sebesar 0,13 hingga 4,46 volt, dapat dijelaskan ketika nilai duty cycle dirubah maka tegangan output pada rangkaian switching juga berubah.

Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menunjukkan data mengenai pengujian rangkaian *solar charge controller* menggunakan satu atau dua mosfet. Perubahan *output* arus dari *duty cycle* 0% hingga 100% selalu mengalami kenaikan, hal ini dikarenakan semakin besar kaki *gate* mosfet untuk membuka proses *switching* maka semakin besar arus yang dapat dilewatkan. Didapat data pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 ketika nilai *duty cycle* 90% hingga 100% memiliki kenaikan arus yang tertinggi yaitu sebesar 0,120 A. Pada Gambar 4.19 menunjukkan kenaikan daya keluaran dari *solar charge controller* baru linier ketika nilai *duty cycle* 80% untuk penggunaan satu mosfet dan nilai *duty cycle* 90% untuk penggunaan satu mosfet dan nilai *duty cycle* 90% untuk penggunaan dua mosfet, hal ini disebabkan saat *duty cycle* bernilai besar maka nilai keluaran arus dan tegangan juga besar sehingga sedikit yang tertahan arus maupun tegangan yang dialirkan.

Untuk pengujian ketiga membahas tentang pengujian rangkaian solar charge controller pada mini plant PLTS. Seperti

pada Tabel 4.8 didapat hasil pengujian tanpa menggunakan beban aki 12 volt dengan hasil respon output tegangan rata-rata dari solar charge controller sebesar 14,60667 volt. Dengan tegangan minimum dan maksimum secara berurutan yaitu 14,49 volt dan 14,68 volt. Dengan nilai tegangan input dari solar charge controller sebesar 20 volt diregulasi menjadi ±14,55 volt diatur nilai duty cycle sebesar 5,241% dengan frekuensi 17 kHz. Dari nilai respon output arus dan tegangan solar charge controller didapat daya rata-rata sebesar 9,092083 Watt. Pada Gambar 4.17 diperoleh grafik respon output tegangan terjaga konstan dengan nilai pembacaan sebesar ±14,55 volt. Berbeda dengan grafik respon output arus pada Gambar 4.18 terjadi nilai yang fluktuasi terutama pada jam 01:52:39 sampai jam 01:53:07. Dari grafik respon sistem kontroler tegangan pada Gambar 4.19 dapat diambil beberapa parameter spesifikasi respon waktu antara lain delav time sebesar ± 11 detik, nilai rise time sebesar ± 22 detik. nilai peak time sebesar ±24 detik, nilai peak overshoot sebesar ± 38 detik, nilai setting time sebesar ± 22.5 detik dan nilai steady state error sebesar 0,7 volt.

Tabel 4.9 menunjukkan hasil pengujian solar charge controller menggunakan beban aki 12 volt untuk mengetahui respon *output* selama ±30 detik. Selama dalam pengujian terjadi kenaikan tegangan sebesar 0,7 volt dan arus keluaran konstan sebesar 1,08 A. Kondisi tersebut terus mengalami kenaikan sehingga proses charging sudah dapat berlangsung. Daya yang dihasilkan solar charge controller selalu mengalami kenaikan terhadap waktu. Pada Tabel 4.10 menunjukkan hasil pengujian efisiensi solar charge controller yang dilakukan pada jam 08:00:00 hingga jam 17:00:00. Tegangan output yang dihasilkan terus mengalami kenaikan yang menandakan sistem charging sedang berlangsung. Kemudian dari Gambar 4.24 menunjukkan pada saat pengujian dilakukan radiasi tertinggi terjadi pada jam 12:00:00 dengan nilai radiasi sebesar 9021,59 W/m². Berdasarkan Gambar 4.25 efisiensi solar charge controller pada jam 08:00:00 hingga jam 15:00:00 terus mengalami kenaikan dengan nilai efisiensi sebesar 45,4708%, namun ketika diatas jam 14:00:00

efiensinya menurun. Hal ini dikarenakan radiasi sangat mempengaruhi kinerja panel surya, ketika diatas jam 13:00:00 radiasi sudah mengalami penurunan dengan nilai 0,003 hingga 0,004 W/m². Semakin tinggi radiasi maka semakin tinggi kinerja panel surya untuk mencapai maksimum *power* sehingga arus dan tegangan keluaran dari *solar charge controller* juga akan maksimal.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan alat dan hasil penelitian rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS dapat diambil beeberapa keismpulan yaitu :

- 1. Rancang bangun *solar charge controller* telah dibuat dengan memiliki *set point* $\pm 14,55$ volt agar memenuhi tegangan minimum untuk dapat mengecas baterai menggunakan panel surya.
- Variabel *input* dari panel surya dikendalikan oleh *solar charge controller* menggunakan metode *switching*. Dengan cara merubah nilai *duty cycle* melalui stm32f Nucleo Boards. Sehingga tegangan *input* dari panel surya sebesar ±19,66 volt dapat diregulasi menjadi ±14,55 volt oleh kontroler.
- 3. Rangkaian *solar charge controller* bekerja dengan perubahan *duty cycle*. Sinyal *pwm* menjadi *input* pada optocoupler 4n25 untuk dapat melewatkan tegangan masukan pada kaki *collector* sebesar 5 volt menjadi *range* tegangan 0 hingga 4,7 volt dengan prosentase nilai *duty cycle* diruba dari 0 hingga 100%. *Output* range tegangan tersebut menjadi *input* kaki *gate* mosfet irf540n agar dapat terjadi proses *switching* sehingga tegangan *input* kontroler dapat teregulasi.
- 4. Efisiensi kerja dari *solar charge controller* telah diketahui dengan melakukan perbandingan antara daya masukan dari panel surya dengan daya keluaran yang dihasilkan oleh *solar charge controller*. Setelah dilakukan perhitungan menurut data yan diperoleh, didapat nilai rata-rata pembacaan dari efisiensi *solar charge controller* yaitu sebesar 26,65904%

5.2 Saran

Adapun saran perancangan alat dan hasil penelitian rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS ini adalah sebagai berikut :

- 1. Sebaiknya variabel input dari panel surya dikendalikan menggunakan sistem pengendalian tertutup (closed loop system) agar lebih optimal dan efisien.
- 2. Sebaiknya dalam pembuatan rangkaian *pcb solar charge controller* pada *software* lebih berhati-hati dan lebih teliti lagi, agar tidak perlu komponen atau *jumper* tambahan pada rangkaian yang sudah *fix*.
- 3. Sebaiknya dalam pengambilan data *solar charge controller* dilakukan beberapa metode lagi serta diperinci lagi analisa datanya, agar dapat diketahui faktor apa saja yang berpengaruh terhadap *solar charge controller* sehingga mendapat hasil kontroler yang optimal dan efisien.

LAMPIRAN A (Datasheet Komponen)

VISHAY.

1.1 Datasheet Optocoupler 4N25

4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Vishay Semiconductors





4N25, 4N26, 4N27, 4N28

Optocoupler, Phototransistor Output, Vishay Semiconductors with Base Connection

ABSOLUTE MAXIMUM RATIN	GS (1)			
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
COUPLER				
egation test voltage		VISIO	5000	Vrame
Creepage distance			27	mm
Clearance distance			27	mm
isolation thickness between emitter and detector			≥0.4	mm
Comparative tracking index	DIN IEC 112/VDE 0303, part 1		175	
Instation contribution in	Vic) = 500 V, Tarts = 25 *C	Ro	1012	ũ
Isolation resistance	Vio = 500 V, Tent = 100 °C	Ro	1011	Ω
Storage temperature		Tatg	- 55 to + 125	+C
Operating temperature		Tent	- 55 to + 100	*0
Junction temperature		Tj.	125	°C
Soldaring temperature (9)	max 10 s dip soldaring: distance to seating plane ≥ 1.5 mm	Tata	260	Q.

Notes

Procession of the stepsile of the stepsile

ELECTRICAL CHARACTERIS	TICS (1)						
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MN.	TYP.	MAX	UNIT
INPUT			1	100		-	
Forward voltage ⁽¹⁾	lp = 50 mA		Vs		1.3	1.5	V
Reverse current (4)	Vn = 3 V		la -	1	0.1	100	μΑ
Capacitance	V _H = 0 V		Co		25		pF
OUTPUT							
Collector base breakdown voltage ⁽¹⁾	lc = 100 μA		BVCRO	70			V
Collector emitter breakdown voltage PI	lg = 1 mA		BNCED	30		5	V
Emitter collector braskdown voltage [2]	lg = 100 μA		EWEDD	7			V
		4N25			5	50	nA
A deteried by		4N26			5	50	nA .
(CEO(case) in	ACE = 10 & frigge obseid	4N27	1		6	50	nA
		4N28	1		10	100	nA
loso(dark) #	V _{CR} = 10 V. (emitter open)				2	20	nA
Collector emitter capacitance	Vcc=0		C _{CE}		6		₽F
COUPLER	den service al					21	
isolation test voltage (2)	Peak, 60 Hz		Vic	5000		S	V
Saturation voltage, collector emitter	lcs = 2 mA ls = 50 mA		Vcsawt			0.5	V
Resistance, input output ⁵⁰	V _{ID} = 500 V		Ro	100			GQ
Capacitance, input output	f = 1 MHz		Cio		3.0	3	pF

Notes

More = 25 °C, unless otherwise specified. Minimum and meanimum values are testing requirements. Typical values are characteristics of the device and are the result of engineering evaluation. Typical values are to information only and are not part of the testing requirements.

IF JEDEC registured values are 2500 V, 1500 V, 1500 V, and 500 V for the 4N26, 4N26, 4N27, and 4N28 respectively.

4N25, 4N26, 4N27, 4N28



Vishay Semiconductors Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection

CURRENT TRANSFER RATIO [1]							
PARAMETER	TEST CONDITION	PART	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
		4N25	CTROC	20	50		36
not assessed in such as well.		4N26	CTROC	20	50	1	96
DC current transfer ratio	$V_{GE} = 10 \text{ V}, k = 10 \text{ mA}$	4N27	CTROC	10	30		96
		4N25	CTRoc	10	30		96

Note

10 Indicates JEDEC registered values.

SWITCHING CHAR	ACTERISTICS		-			
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Rise and fail timas	$V_{DE} = 10 V_{e} I_{E} = 10 \text{ mA}, P_{L} = 100 \Omega$	t _o t _i		2		με

TYPICAL CHARACTERISTICS

Tanto = 25 °C, unless otherwise specified



Fig. 1 - Forward Voltage vs. Forward Current







Fig. 3 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current



Fig. 4 - Normalized Non-Saturated and Saturated CTR vs. LED Current

1.2 Datasheet Mosfet IRF540N



IRF540, IRF541, IRF542, IRF543, RF1S540, RF1S540SM

25A and 28A, 80V and 100V, 0.077 and 0.100 Ohm, N-Channel Power MOSFETs

Description

November 1997

Features

- · 26A and 28A, 80V and 100V
- FDB(CM) = 0.07712 and 0.10012
- . Single Pulce Avalanohe Energy Rated
- · Nanosecond Switching Speeds
- Linear Transfer Charaoterictios
- High Input Impedance
- · Related Literature
 - TB334 "Guidelines for Soldering Surface Mount Components to PC Boards"

Ordering Information

PART NUMBER	PACKAGE	BRAND
IRF540	TO-220AB	IRF540
IRF541	TO-220AB	IRF541
IRF542	TO-220AB	IRF542
IRF543	TO-220AB	IRF543
RF18540	TO-262AA	RF18540
RF185408M	TO-263AB	RF185408M

NOTE: When ordering, use the entire part number. Add the suffix 9A to

Packaging

power field effect transistors. They are advanced power MOSFETs designed, tested, and guaranteed to withstand a specified level of energy in the breakdown avalanche mode of operation. All of these power MOGFETs are designed for applications such as switching regulators, switching convertors, motor drivers, relay drivers, and drivers for high power bipolar switching transistors requiring high speed and low gate drive power. These types can be operated directly from Integrated circuits. Formerly developmental type TA17421.

These are N-Channel enhancement mode silicon gate



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge. Users should follow proper ESD Handling Procedures. Copyright @ Harris Corporation 1997 5-1

File Number 2309.3

IRF540, IRF541, IRF542, IRF543, RF1S540, RF1S540SM

Absolute Maximum Ratings Tc = 25°C, Unless Ot	herwise Specified				
	IRF540, RF18540, RF18540SM	IRF541	IRF542	IRF543	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage (Note 1)	100	80	100	80	V
Drain to Gate Voltage (Ros = 20k0) (Note 1) Vpgat	100	80	100	80	V
Continuous Drain Current Ip T _C = 100 ⁴ C. Ip	28 20	28 20	25 17	25 17	A .
Pulsed Drain Current (Note 3)	110	110	100	100	A
Gate to Source Voltage	120	::20	:20	±20	V
Maximum Power Dissipation Pp	150	150	150	150	w
Dissipation Derating Factor	1	1	1	1	WPC
Single Pulse Avalanche Energy Rating (Note 4)	230	230	230	230	mJ.
Operating and Storage Temperature	-55 to 175	-55 to 175	-55 to 175	-55 to 175	PC .
Maximum Temperature for Soldering Leads at 0.063in (1.6mm) from Case for 10s TL Package Body for 10s. See Techtrief 334 TL	300 260	300 260	300 260	300	°C °C

CAUTION. Stresses above those index in "Amobias Maximum Retrige" may cause permanent demage to the device. This is a stress only reting and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE.

1. T_ = 25°C to T_ = 150°C.

Electrical Specifications T_C = 25%, Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Drain to Source Breakdown Voltage IRF540, IRF542, RF18540, RF185405M	wh Voltage BVbbs Ib = 250pA, Vos = 0V (Figure 10) M		100			v
IRF541, IRF543	1			•		V
Gate to Threshold Voltage	Vas(TH)	V _{GS} = V _{DS} , I _O = 250µA	2	-	4	V
Zero Gate Voltage Drain Current	^I pss	V _{DS} = Rated BV _{DSS} , V _{DS} = 0V	•	-	25	μΑ
		$V_{DS} = 0.8 \times Rated BV_{DSS}$, $V_{QS} = 0V$ $T_J = 150^{9}C$	-	•	250	μA
Cn-State Drain Current (Note 2) IRF540, IRF541, RF18540, RF185406M	ID(ON)	VDE > ID(ON) X IDS(ON) MAX, VDE = 10V (Figure 7)	28		4	A
IRF542, IRF543	1		25		-	A
Gate to Source Leakage Current	GSS	V ₀₅ = ±20V			::100	nA
Drain to Source On Resistance (Note 2) IRF540, IRF541, RF18540, RF185406M	PDS(ON)	$I_0 = 17A$, $V_{GS} = 10V$ (Figures 8, 9)		0.060	0.077	n
IRF542, IRF543	1			0.080	0.100	Ω
Forward Transconductance (Note 2)	Rts	V _{DS} ≥ 50V, I _D = 17A (Figure 12)	8.7	13		8
Turn-On Delay Time	Ed(ON)	Vpp = 50V /p = 28A, Rg = 9.10, RL = 1.70	-	15	23	716
Rise Time	ų,	(Figures 17, 18) MOSFET Switching Times are 1 Essentially independent of Operating	18	70	110	m
Turn-Off Delay Time	Lacorr)	Temperature		40	60	ns
Fail Time	4			50	75	ns
Total Gate Charge (Gate to Source + Gate to Drain)	Q _{g(TOT)}	V _{DS} = 10V, I _D = 28A, V _{DS} = 0.8 x Rated BV _{DSS} , I _{mitED} = 1.5mA (Figures 14, 19, 20)		38	69	nC
Gate to Source Charge	Q _{ge}	Gate Charge is Essentially Independent of Op- erating Temperature	-	8		nC
Gate to Drain "Miller" Charge	Q _{pt}	and the same		21		nC

SYMBOL	TEST CON	DITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Ciss	Vps = 25V, Vps = 0V, f	= 1MHz		1450		pF
Coss	(Figure 11)		•	550		pF
Cass				100	-	pF
LD	Veasured From the Contact Screw on Tab To Center of Die Internal Devices			3.5	•	лH
	Measured From the Drain Lead, 6mm (0.25in) from Package to Center of Die	Inductances	•	4.5	•	nH
Ls	Measured From the Source Lead, 6mm (0.25in) From Header to Source Bonding Pad	art the		7.5		nH
Raic				-	1	4C/W
RaiA	Free Air Operation				80	POM
Dura	RF185406M Mounted on FR-4 Board with Minimum Mounting Pad		-		02	Gran
Nala	Minimum Mounting Pad	PH-4 Board With				Sim
ations	Minimum Mounting Pad	1 PH-4 Board With			-	- Crim
SYNBOL	TEST CON	DITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SYMBOL	TEST CON Modified MORFET Sym	DITIONS	MIN -	TYP .	MAX 28	UNITS
ISDA	TEST CON Molinum Mounting Pad TEST CON Modified MOSFET Sym- bol Browing the Integral Revense P-N-Junction Diode		- -	TYP .	MAX 28 110	
ISDA	TEST CON Molinum Mourting Pad TEST CON Modified WORFET Sym- bol Showing The Integral Revense P-N Junction Diode		MIN	- -	MAX 28 110 2.5	
Itions SYMBOL Isp Isom Vsp Ir	TEST COM Minimum Mounting Pad TEST COM Modified MOGFET Sym- bol Browing the Integral Revense PAN Junction Diode T_J = 25 th C, I _{SD} = 27A, V T_J = 25 th C, I _{SD} = 27A, V	DITIONS a b b b b b b b b b b b b b b b b b b b		TYP -	MAX 28 110 2.5 300	
	Ciss Coss Criss Lo Ls Rauc Rauc	CIBS Vpg = 25V, Vpg = 0V, F Coss (Fgure 11) DRSS (Contact Screw on Tab To Center of Die Measured From the Drain Lead, form (0.25m) from Package to Center of Die Lg Measured From the Drain Lead, form (0.25m) from Header to Source Lead, form Lg Measured From the Source Lead, form Source Bonding Pad Psuc Paula Free Air Operation	CIBS Vpg = 25V, Vpg = 6V, f = 1MHz Coss (Fgure 11) Coss (Fgure 11) Coss (Fgure 11) Coss (Fgure 11) Lo Measured From the Costact Screw on Tab To Centre of Die Modified MOSRET Symbol Showing the Internal Devices Internal Devices Measured From the Source Lead, 6mm (0.25m from Headerto Source Bonding Pad 0 Rsup Rsup Rsup Free Air Operation 0	CIBS Vips = 25V, Vips = 0V, f = 1MHz - Coss (Figure 11) - Citss - - Lo Measured From the Cortact Sorew on Tab To Center of Die Modified MOSFET Measured From the Data Lead, Smm (0.25m) from Package to Center of Die Industances Ls Measured From the Source Lead, Smm Source Bonding Pad - Rsup - - Rsup - -	CIBS Vpg = 25V, Vpg = 0V, f = 1MHz - 1450 Coss - 550 - 100 Coss - 100 - 3.5 Coss - 100 - 3.5 Coss - - 100 Lo Measured From the Costact Screw on Tab To Centre of Die - - 3.5 Measured From the Coste of Die - - - 4.5 Measured From the Source Lead, firm (0.25m from Headerto Source Bonding Pad - - 7.5 Rup - - - - - Lg Measured From the Source Bonding Pad - - - Rup Free Air Operation - - -	CIBS VDS = 25V, VDS = 0V, f = 1MHz 1450 - COIDS (Fgure 11) - 550 - Critiss - 100 - - Lo Measured From the Cortact Screw on Tab To Centre of Die Modified MOBFET - 3.5 - Measured From the Data Lead, 6mm (0.25m) from Package to Center of Die Modified MOBFET - 3.5 - Lg Measured From the Source Lead, 6mm (0.25m) from Header to Source Bonding Pad 0 - - - Rg.gc - - 1 - - 1

IRF540, IRF541, IRF542, IRF543, RF1S540, RF1S540SM

1.3 Datasheet STM32F Nucleo Boards



UM1724 User manual

STM32 Nucleo-64 boards

Introduction

The STM32 Nucleo-64 board (NUCLEO-F030R8, NUCLEO-F070RB, NUCLEO-F073RC, NUCLEO-F03RC, NUCLEO-F103RB, NUCLEO-F302R8, NUCLEO-F303R8, NUCLEO-F334R8, NUCLEO-F334R8, NUCLEO-F410RB, NUCLEO-F41RE, NUCLEO-F44RE, NUCLEO-L073R2, NUCLEO-L073R2, NUCLEO-L152RE, NUCLEO-L476RG) provides an affordable and flexible way for users to try out new ideas and build prototypes with the STM32 microcontrollers in LQFP64 package, choosing from the various combinations of performance, power consumption and features. The Arduino™ connectivity support and ST Morpho headers make it easy to expand the functionality of the Nucleo board does not require any separate probe as it integrates the ST-LINK/V2-1 debugger/programmer. The STM32 Nucleo board comes with the STM32 comprehensive software HAL library together with various packaged software examples, as well as direct access to model online resources at http://mbed.org/.



Figure 1. STM32 Nucleo-64 board (1)

1. Picture not contractual.

Hardware layout and configuration





Hardware layout and configuration

UM1724



CN No.	Pin No.	Pin name	MCU pin	Function
Left conr	nectors			
	1	NC	-	
	2	IOREF		3.3V Ref
	3	RESET	NRST	RESET
CN6	4	+3V3	÷	3.3V input/output
power	5	+5V	-	5V output
	6	GND		Ground
	7	GND		Ground
	8	VIN		Power input
	1	AO	PAO	ADC1_0
	2	A1	PA1	ADC1_1
CN8	3	A2	PA4	ADC1_4
analog	4	A3	PB0	ADC1_8
	5	A4	PC1 or PB9 ⁽¹⁾	ADC1_11 (PC1) or I2C1_SDA (PB9)
	6	A5	PC0 or PB8 ⁽¹⁾	ADC1_10 (PC0) or I2C1_SCL (PB8)
Right con	nnectors			
	10	D15	PB8	I2C1_SCL
	9	D14	PB9	I2C1_SDA
CN5 digital	8	AREF		AVDD
S. S. Car	7	GND	-	Ground
	6	D13	PA5	SPI1_SCK

Table 15. Arduino connectors on NUCLEO-F401RE, NUCLEO-F411RE

UM1724

Hardware layout and configuration

Table 15. Arduino connectors on NUCLEO-F401RE, NUCLEO-F411RE (continued)

CN No.	Pin No.	Pin name	MCU pin	Function
	5	D12	PA6	SPI1_MISO
	4	D11	PA7	TIM1_CH1N or SPI1_MOSI
CN5 digital	3	D10	PB6	TIM4_CH1 or SPI1_CS
	2	D9	PC7	TIM3_CH2
	1	D8	PA9	
	8	D7	PA8	
	7	D6	PB10	TIM2_CH3
	6	D5	PB4	TIM3_CH1
CN9	5	D4	PB5	-
digital	4	D3	PB3	TIM2_CH2
	3	D2	PA10	
	2	D1	PA2	USART2_TX
	1	DO	PA3	USART2_RX

1. Please refer to Table 9: Solder bridges for details.

LAMPIRAN B (Listing Program di Mikrokontroler STM32F Nucleo Boards)

2.1 Listing Program STM32F Nucleo Boards /* Includes ------_*/ #include "stm32f4xx hal.h" #include <stdio.h> /* USER CODE BEGIN Includes */ /* USER CODE END Includes */ /* Private variables --------*/ TIM HandleTypeDef htim1; TIM HandleTypeDef htim4; /* USER CODE BEGIN PV */ /* Private variables ------__*/ /* USER CODE END PV */ /* Private function prototypes ---------*/ void SystemClock Config(void); static void MX GPIO Init(void); static void MX TIM1 Init(void); static void MX TIM4 Init(void); /* USER CODE BEGIN PFP */ /* Private function prototypes ----------*

/* USER CODE END PFP */

/* USER CODE BEGIN 0 */

/* USER CODE END 0 */

int main(void)

/* USER CODE BEGIN 1 */ /* USER CODE END 1 */

/* MCU Configuration------*/

/* Reset of all peripherals, Initializes the Flash interface and the Systick. */ HAL Init();

/* Configure the system clock */
SystemClock Config();

/* Initialize all configured peripherals */ MX_GPIO_Init(); MX_TIM1_Init(); MX_TIM4_Init();

/* USER CODE BEGIN 2 */

/* USER CODE END 2 */

/* Infinite loop */

/* USER CODE BEGIN WHILE */

HAL_TIM_PWM_Start(&htim1, TIM_CHANNEL_1); HAL_TIM_PWM_Start(&htim4, TIM_CHANNEL_1); HAL_TIM_PWM_Start(&htim4, TIM_CHANNEL_2);

RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct;

_PWR_CLK_ENABLE();

__HAL_PWR_VOLTAGESCALING_CONFIG(PWR_REGUL ATOR_VOLTAGE_SCALE1);

```
RCC_OscInitStruct.OscillatorType =
RCC_OSCILLATORTYPE_HSI;
RCC_OscInitStruct.HSIState = RCC_HSI_ON;
RCC_OscInitStruct.HSICalibrationValue = 16;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource =
RCC_PLLSOURCE_HSI;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLM = 16;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLN = 336;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLP = RCC_PLLP_DIV4;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLP = RCC_PLLP_DIV4;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLQ = 7;
HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct);
```

```
RCC_ClkInitStruct.ClockType =
RCC_CLOCKTYPE_SYSCLK|RCC_CLOCKTYPE_PCLK1;
RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource =
RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
RCC_ClkInitStruct.AHBCLKDivider = RCC_SYSCLK_DIV1;
RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV2;
RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;
HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct,
FLASH_LATENCY_2);
```

```
HAL_SYSTICK_Config(HAL_RCC_GetHCLKFreq()/1000);
```

HAL_SYSTICK_CLKSourceConfig(SYSTICK_CLKSOURCE_ HCLK);

```
/* SysTick_IRQn interrupt configuration */
HAL_NVIC_SetPriority(SysTick_IRQn, 0, 0);
}
```

```
/* TIM1 init function */
void MX_TIM1_Init(void)
{
```

TIM_ClockConfigTypeDef sClockSourceConfig; TIM_MasterConfigTypeDef sMasterConfig;

```
htim1.Instance = TIM1;
htim1.Init.Prescaler = 0;
htim1.Init.CounterMode = TIM_COUNTERMODE_UP;
htim1.Init.Period = 0;
htim1.Init.ClockDivision = TIM_CLOCKDIVISION_DIV1;
htim1.Init.RepetitionCounter = 0;
HAL_TIM_Base_Init(&htim1);
```

sClockSourceConfig.ClockSource =
TIM_CLOCKSOURCE_INTERNAL;
HAL_TIM_ConfigClockSource(&htim1,
&sClockSourceConfig);

```
sMasterConfig.MasterOutputTrigger = TIM_TRGO_RESET;
sMasterConfig.MasterSlaveMode =
TIM_MASTERSLAVEMODE_DISABLE;
HAL_TIMEx_MasterConfigSynchronization(&htim1,
&sMasterConfig);
```

}

/* TIM4 init function */ void MX_TIM4_Init(void) { TIM_MasterConfigTypeDef sMasterConfig; TIM_OC_InitTypeDef sConfigOC;

```
htim4.Instance = TIM4;
htim4.Init.Prescaler = 0;
htim4.Init.CounterMode = TIM_COUNTERMODE_UP;
htim4.Init.Period = 65535;
htim4.Init.ClockDivision = TIM_CLOCKDIVISION_DIV1;
HAL_TIM_PWM_Init(&htim4);
```

```
sMasterConfig.MasterOutputTrigger = TIM_TRGO_RESET;
sMasterConfig.MasterSlaveMode =
TIM_MASTERSLAVEMODE_DISABLE;
HAL_TIMEx_MasterConfigSynchronization(&htim4,
&sMasterConfig);
```

```
sConfigOC.OCMode = TIM_OCMODE_PWM1;
sConfigOC.Pulse = 1750;
sConfigOC.OCPolarity = TIM_OCPOLARITY_HIGH;
sConfigOC.OCFastMode = TIM_OCFAST_DISABLE;
```

```
HAL_TIM_PWM_ConfigChannel(&htim4, &sConfigOC, TIM_CHANNEL_1);
```

```
sConfigOC.Pulse = 259;
HAL_TIM_PWM_ConfigChannel(&htim4, &sConfigOC,
TIM_CHANNEL_2);
}
/** Configure pins as
 * Analog
 * Input
 * Output
 * EVENT_OUT
 * EXTI
PA2 -----> USART2_TX
PA3 -----> USART2_RX
*/
void MX_GPIO_Init(void)
{
```

GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct;

/* GPIO Ports Clock Enable */ __GPIOC_CLK_ENABLE(); __GPIOH_CLK_ENABLE(); __GPIOA_CLK_ENABLE(); __GPIOB_CLK_ENABLE();

```
/*Configure GPIO pin : PC13 */
GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_13;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_EVT_RISING;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
HAL GPIO Init(GPIOC, &GPIO InitStruct);
```

```
/*Configure GPIO pins : PA2 PA3 */
GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_2|GPIO_PIN_3;
```

```
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_AF_PP;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_LOW;
GPIO_InitStruct.Alternate = GPIO_AF7_USART2;
HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStruct);
```

}

/* USER CODE BEGIN 4 */

/* USER CODE END 4 */

#ifdef USE_FULL_ASSERT

/**

* @brief Reports the name of the source file and the source line number

* where the assert_param error has occurred.

* @param file: pointer to the source file name

* @param line: assert_param error line source number

* @retval None

*/

void assert_failed(uint8_t* file, uint32_t line)

{

/* USER CODE BEGIN 6 */

 $/\ast$ User can add his own implementation to report the file name and line number,

ex: printf("Wrong parameters value: file %s on line %d\r\n", file, line) */

/* USER CODE END 6 */

```
}
```

#endif

/**



/********************************(C) COPYRIGHT STMicroelectronics *****END OF FILE****/

LAMPIRAN C (Konfigurasi Solar Charge Controller Pada Cube MX)

solar_nucleo Project Configuration Report

1. Description

1.1. Project

Project Name	solar nucleo	
Board Name	NUCLEO-F401RE	
Generated with:	STM32CubeMX 4.10.1	
Date	06/23/2016	

1.2. MCU

MCU Series	STM32F4	
MCU Line	STM32F401	
MCU name	STM32F401RETx	
MCU Package	LQFP64	
MCU Pin number	64	

2. Pinout Configuration



3. Pins Configuration

Pin Number LQFP64	Pin Name (function after reset)	Pin Type	Alternate Function(s)	Label
1	VBAT	Power		
2	PC13-ANTI_TAMP	VO	GPIO_EXTI13	B1 [Blue PushButton]
3	PC14-OSC32_IN *	VO	RCC_OSC32_IN	
4	PC15-OSC32_OUT *	VO	RCC_OSC32_OUT	
5	PHD - OSC_IN *	U/O	RCC_OSC_IN	
6	PH1-OSC OUT "	VO	RCC OSC OUT	
7	NRST	Reset		
12	VSSAWREF-	Power		
13	VREF+	Power		
16	PA2 *	1/0	USART2_TX	USART_TX
17	PA3 *	I/O	USART2_RX	USART_RX
18	VSS	Power		
19	VDD	Power		
30	VCAP1	Power		
31	VSS	Power		
32	VDD	Power		
47	VSS	Power		
48	VDD	Power		
49	PA14 '	VO	SYS_JTCK-SWCLK	тск
55	PB3 *	I/O	SYS_JTDO-SWO	SWO
58	PB6	NO.	TIM4_CH1	8
59	PB7	I/O	TIM4 CH2	
60	BOOTO	Boot		
63	VSS	Power		
64	VDD	Power		0

* The pin is affected with a peripheral function but no peripheral mode is activated

5. IPs and Middleware Configuration

5.1. TIM1

Clock Source : Internal Clock

5.1.1. Parameter Settings:

Counter Settings:	
Presceler (PBC - 18 bits value)	0
Counter Mode	Up
Counter Period (AutoReload Register - 16 bits value)	0
Internal Clock Division (CKD)	No Division
Repetition Counter (RCR - 8 bits value)	a
Trigger Output (TRGO) Parameters:	
Muster/Slave Mode	Disable (no sync between this TIM (Mester) and its Slaves
Trigger Event Selection	Reset (UG bit from TIMs_EGR)

5.2. TIM4

Channel1: PWM Generation CH1 Channel2: PWM Generation CH2

5.2.1. Parameter Settings:

margaret and	-	A	- * in	-
Count	er.	38	աո	08.

Prescaler (PSC - 16 bits value)	0
Counter Mode	Up
Counter Period (AutoRaload Register - 16 bits value)	65535 *
Internal Clock Division (CRD)	No Division
Trigger Output (TRGO) Parameters:	
Mexter/Sleve Mode	Disable (no sync between this TIM (Master) and its Slaves
Trigger Event Selection	Reset (UG bit from TIMx_EGR)
PWM Generation Channel 1:	
Mode	PWM mode 1
Pulse (16 bits value)	a
Fast Mode	Disable
CH Poleity	High

solar_nucleo Project Configuration Report

PWM Generation Channel 2:

Mode	
Pulse (16 bits value)	
Fiest Mode	
CH Poletty	

PWM mode 1 65535 * Disable High

* User modified value

7. Power Plugin report

7.1. Microcontroller Selection

Series	STM32F4	
Line	STM32F401	
MCU	STM32F401RETx	
Datasheet	025644 Rev3	

7.2. Parameter Selection

Temperature	25	
Vdd	null	

solar_nucleo	Project
Configuration	Report

8. Software Project

8.1. Project Settings

Name	Value
Project Name	solar nucleo
Project Folder	C:\Users\asus\Desktop\solar_nucleo
Toolchain / IDE	SW4STM32
Firmware Package Name and Version	STM32Cube FW F4 V1.8.0

8.2. Code Generation Settings

Name	Value
STM32Cube Firmware Library Package	Copy all used libraries into the project folder
Generate peripheral initialization as a pair of ".o/.h' files	No
Backup previously generated files when re-generating	No
Delete previously generated files when not re-generated	Yes
Set all free pins as analog (to optimize the power consumption)	No

8.3. Toolchains Settings

Name	Value	
Compiler Optimizations	Balanced Size/Speed	_
LAMPIRAN D (Pengambilan Data Solar Charge Controller Selama Dua Hari)

No	Tanggal	Waktu	Vout	Iout	Pout
110	1 aliggai	Waktu	(V)	(A)	(Watt)
1	19/07/2016	10:00:05	12,61	0,93	11,7273
2	19/07/2016	10:05:05	12,61	0,94	11,8534
3	19/07/2016	10:10:05	12,55	0,95	11,9225
4	19/07/2016	10:15:05	12,58	0,96	12,0768
5	19/07/2016	10:20:05	12,54	0,97	12,1638
6	19/07/2016	10:25:05	12,61	0,98	12,3578
7	19/07/2016	10:30:05	12,61	0,98	12,3578
8	19/07/2016	10:35:05	12,61	0,98	12,3578
9	19/07/2016	10:40:05	12,61	0,97	12,2317
10	19/07/2016	10:45:05	12,54	1,25	12,2892
11	19/07/2016	10:50:05	12,55	1,24	12,299
12	19/07/2016	10:55:05	12,66	1,35	12,4068
13	19/07/2016	11:00:05	12,87	1,35	17,3745
14	19/07/2016	11:05:05	12,89	1,35	17,4015
15	19/07/2016	11:10:05	12,88	1,39	17,9032
16	19/07/2016	11:15:05	13,21	1,43	18,8903
17	19/07/2016	11:20:05	13,56	1,43	19,3908
18	19/07/2016	11:25:05	13,77	1,45	19,9665
19	19/07/2016	11:30:05	14,01	1,35	18,9135
20	19/07/2016	11:35:05	14,24	1,69	24,0656
21	19/07/2016	11:40:05	14,23	1,73	24,6179
22	19/07/2016	11:45:05	14,46	1,73	25,0158
23	19/07/2016	11:50:05	14,35	1,74	24,969
24	19/07/2016	11:55:05	14,44	1,67	24,1148
25	19/07/2016	12:00:05	14,54	1,75	25,445
26	19/07/2016	12:05:05	14,54	1,68	24,4272
27	19/07/2016	12:10:05	14,44	1,72	24,8368
28	19/07/2016	12:15:05	14,32	1,71	24,4872
29	19/07/2016	12:20:05	14,36	1,66	23,8376
30	19/07/2016	12:25:05	14,39	1,68	24,1752
31	19/07/2016	12:30:05	14,41	1,67	24,0647
32	19/07/2016	12:35:05	14,1	1,66	23,406
33	19/07/2016	12:40:05	13,92	1,66	23,1072
34	19/07/2016	12:45:05	13,88	1,62	22,4856
35	19/07/2016	12:50:05	13,91	1,65	22,9515
36	19/07/2016	12:55:05	13,96	1,64	22,8944
37	19/07/2016	13:00:05	13,77	1,68	23,1336

-					
38	19/07/2016	13:05:05	13,61	1,67	22,7287
39	19/07/2016	13:10:05	13,61	1,68	22,8648
40	19/07/2016	13:15:05	13,61	1,69	23,0009
41	19/07/2016	13:20:05	13,79	1,68	23,1672
42	19/07/2016	13:25:05	13,79	1,69	23,3051
43	19/07/2016	13:30:05	13,73	1,67	22,9291
44	19/07/2016	13:35:05	13,27	1,66	22,0282
45	19/07/2016	13:40:05	13,36	1,54	20,5744
46	19/07/2016	13:45:05	13,21	1,56	20,6076
47	19/07/2016	13:50:05	13,21	1,52	20,0792
48	19/07/2016	13:55:05	13,24	1,53	20,2572
49	19/07/2016	14:00:05	13,21	1,48	19,5508
50	19/07/2016	14:05:05	12,99	1,46	18,9654
51	19/07/2016	14:10:05	12,94	1,48	19,1512
52	19/07/2016	14:15:05	12,99	1,46	18,9654
53	19/07/2016	14:20:05	12,95	1,47	19,0365
54	19/07/2016	14:25:05	12,99	1,46	18,9654
55	19/07/2016	14:30:05	12,75	1,48	18,87
56	19/07/2016	14:35:05	12,75	1,43	18,2325
57	19/07/2016	14:40:05	12,75	1,46	18,615
58	19/07/2016	14:45:05	12,78	1,47	18,7866
59	19/07/2016	14:50:05	12,78	1,25	15,975
60	19/07/2016	14:55:05	12,57	1,19	14,9583
61	19/07/2016	15:00:05	12,57	0,79	9,9303
62	19/07/2016	15:05:05	12,43	0,78	9,6954
63	19/07/2016	15:10:05	12,15	0,68	8,262
64	19/07/2016	15:15:05	12,23	0,79	9,6617
65	19/07/2016	15:20:05	12,15	0,79	9,5985
66	19/07/2016	15:25:05	12,65	0,56	7,084
67	19/07/2016	15:30:05	12,65	0,35	4,4275
68	19/07/2016	15:35:05	12,65	0,23	2,9095
69	19/07/2016	15:40:05	12,65	0,1	1,265
70	19/07/2016	15:45:05	12,65	0	0
71	19/07/2016	15:50:05	12,65	0,1	1,265
72	19/07/2016	15:55:05	12,65	-0,1	-1,265
73	19/07/2016	16:00:05	12,65	-0,1	-1,265
74	19/07/2016	16:05:05	12,65	0,1	1,265
75	19/07/2016	16:10:05	12,65	0	0
76	19/07/2016	16:15:05	12,65	0,1	1,265
77	19/07/2016	16:20:05	12,65	0,1	1,265
78	19/07/2016	16:25:05	12,65	0,1	1,265
79	19/07/2016	16:30:05	12,65	0	0

80	19/07/2016	16:35:05	12,65	-0,1	-1,265
81	19/07/2016	16:40:05	12,65	-0,1	-1,265
82	19/07/2016	16:45:05	12,65	0,1	1,265
83	19/07/2016	16:50:05	12,65	0	0
84	19/07/2016	16:55:05	12,65	-0,1	-1,265
85	19/07/2016	17:00:05	12,61	0	0
86	19/07/2016	17:05:05	12,61	0	0
87	19/07/2016	17:10:05	12,61	0,1	1,261
88	19/07/2016	17:15:05	12,61	-0,1	-1,261
89	19/07/2016	17:20:05	12,61	0,1	1,261
90	19/07/2016	17:25:05	12,61	0,1	1,261
91	19/07/2016	17:30:05	12,61	-0,1	-1,261
92	19/07/2016	17:35:05	12,61	-0,1	-1,261
93	19/07/2016	17:40:05	12,61	0,1	1,261
94	19/07/2016	17:45:05	12,61	0	0
95	19/07/2016	17:50:05	12,61	-0,1	-1,261
96	19/07/2016	17:55:05	12,61	0,1	1,261
97	19/07/2016	18:00:05	12,61	0	0
- 98	19/07/2016	18:05:05	12,61	0	0
- 99	19/07/2016	18:10:05	12,61	0,1	1,261
100	19/07/2016	18:15:05	12,61	-0,1	-1,261
101	19/07/2016	18:20:05	12,61	-0,1	-1,261
102	19/07/2016	18:25:05	12,46	0	0
103	19/07/2016	18:30:05	12,46	0	0
104	19/07/2016	18:35:05	12,46	0	0
105	19/07/2016	18:40:05	12,46	0	0
106	19/07/2016	18:45:05	12,46	-0,1	-1,246
107	19/07/2016	18:50:05	12,46	0,1	1,246
108	19/07/2016	18:55:05	12,46	0,1	1,246
109	19/07/2016	19:00:05	12,46	0,1	1,246
110	19/07/2016	19:05:05	12,46	0,1	1,246
111	19/07/2016	19:10:05	12,46	0,1	1,246
112	19/07/2016	19:15:05	12,46	0,1	1,246
113	19/07/2016	19:20:05	12,46	0,1	1,246
114	19/07/2016	19:25:05	12,46	0,1	1,246
115	19/07/2016	19:30:05	12,44	0,1	1,244
116	19/07/2016	19:35:05	12,44	0,1	1,244
117	19/07/2016	19:40:05	12,44	0,1	1,244
118	19/07/2016	19:45:05	12,44	0,1	1,244
119	19/07/2016	19:50:05	12,44	0,1	1,244
120	19/07/2016	19:55:05	12,44	0,1	1,244
121	19/07/2016	20:00:05	12,44	0,1	1,244

122	19/07/2016	20:05:05	12,44	0,1	1,244
123	19/07/2016	20:10:05	12,38	0,1	1,238
124	19/07/2016	20:15:05	12,38	0,1	1,238
125	19/07/2016	20:20:05	12,38	0,1	1,238
126	19/07/2016	20:25:05	12,38	0,1	1,238
127	19/07/2016	20:30:05	12,38	0,1	1,238
128	19/07/2016	20:35:05	12,38	0,1	1,238
129	19/07/2016	20:40:05	12,38	0,1	1,238
130	19/07/2016	20:45:05	12,38	0,1	1,238
131	19/07/2016	20:50:05	12,38	0,1	1,238
132	19/07/2016	20:55:05	12,38	0,1	1,238
133	19/07/2016	21:00:05	12,38	0,1	1,238
134	19/07/2016	21:05:05	12,38	0,1	1,238
135	19/07/2016	21:10:05	12,38	0,1	1,238
136	19/07/2016	21:15:05	12,38	0,1	1,238
137	19/07/2016	21:20:05	12,38	0,1	1,238
138	19/07/2016	21:25:05	12,38	0,1	1,238
139	19/07/2016	21:30:05	12,38	0,1	1,238
140	19/07/2016	21:35:05	12,38	0,1	1,238
141	19/07/2016	21:40:05	12,38	0,1	1,238
142	19/07/2016	21:45:05	12,38	0,1	1,238
143	19/07/2016	21:50:05	12,38	0,1	1,238
144	19/07/2016	21:55:05	12,38	0,1	1,238
145	19/07/2016	22:00:05	12,38	0,1	1,238
146	19/07/2016	22:05:05	12,38	0,1	1,238
147	19/07/2016	22:10:05	12,38	0,1	1,238
148	19/07/2016	22:15:05	12,38	0,1	1,238
149	19/07/2016	22:20:05	12,38	0,1	1,238
150	19/07/2016	22:25:05	12,38	0,1	1,238
151	19/07/2016	22:30:05	12,38	0,1	1,238
152	19/07/2016	22:35:05	12,38	0,1	1,238
153	19/07/2016	22:40:05	12,38	0,1	1,238
154	19/07/2016	22:45:05	12,38	0,1	1,238
155	19/07/2016	22:50:05	12,38	0,1	1,238
156	19/07/2016	22:55:05	12,38	0,1	1,238
157	19/07/2016	23:00:05	12,38	0,1	1,238
158	19/07/2016	23:05:05	12,38	0,1	1,238
159	19/07/2016	23:10:05	12,38	0,1	1,238
160	19/07/2016	23:15:05	12,38	0,1	1,238
161	19/07/2016	23:20:05	12,38	0,1	1,238
162	19/07/2016	23:25:05	12,38	0,1	1,238
163	19/07/2016	23:30:05	12,38	0,1	1,238

164	19/07/2016	23:35:05	12,38	0,1	1,238
165	19/07/2016	23:40:05	12,38	0,1	1,238
166	19/07/2016	23:45:05	12,38	0,1	1,238
167	19/07/2016	23:50:05	12,38	0,1	1,238
168	19/07/2016	23:55:05	12,29	0,1	1,229
169	20/07/2016	0:00:05	12,29	0,1	1,229
170	20/07/2017	0:05:05	12,13	0,1	1,213
171	20/07/2018	0:10:05	12,13	0,1	1,213
172	20/07/2019	0:15:05	12,13	0,1	1,213
173	20/07/2020	0:20:05	12,13	0,1	1,213
174	20/07/2021	0:25:05	12,13	0,1	1,213
175	20/07/2022	0:30:05	12,13	0,1	1,213
176	20/07/2023	0:35:05	12,13	0,1	1,213
177	20/07/2024	0:40:05	12,13	0,1	1,213
178	20/07/2025	0:45:05	12,13	0,1	1,213
179	20/07/2026	0:50:05	12,13	0,1	1,213
180	20/07/2027	0:55:05	12,13	0,1	1,213
181	20/07/2028	1:00:05	12,13	0,1	1,213
182	20/07/2029	1:05:05	12,13	0,1	1,213
183	20/07/2030	1:10:05	12,13	0,1	1,213
184	20/07/2031	1:15:05	12,13	0,1	1,213
185	20/07/2032	1:20:05	12,13	0,1	1,213
186	20/07/2033	1:25:05	12,13	0,1	1,213
187	20/07/2034	1:30:05	12,13	0,1	1,213
188	20/07/2035	1:35:05	12,13	0,1	1,213
189	20/07/2036	1:40:05	12,02	0,1	1,202
190	20/07/2037	1:45:05	12,02	0,1	1,202
191	20/07/2038	1:50:05	12,02	0,1	1,202
192	20/07/2039	1:55:05	12,02	0,1	1,202
193	20/07/2040	2:00:05	12,02	0,1	1,202
194	20/07/2041	2:05:05	12,02	0,1	1,202
195	20/07/2042	2:10:05	12,02	0,1	1,202
196	20/07/2043	2:15:05	12,02	0,1	1,202
197	20/07/2044	2:20:05	12,02	0,1	1,202
198	20/07/2045	2:25:05	12,02	0,1	1,202
199	20/07/2046	2:30:05	12,02	0,1	1,202
200	20/07/2047	2:35:05	12,02	0,1	1,202
201	20/07/2048	2:40:05	12,02	0,1	1,202
202	20/07/2049	2:45:05	12,02	0,1	1,202
203	20/07/2050	2:50:05	12,02	0,1	1,202
204	20/07/2051	2:55:05	12,02	0,1	1,202
205	20/07/2052	3:00:05	12,02	0,1	1,202

206	20/07/2053	3:05:05	12,02	0,1	1,202
207	20/07/2054	3:10:05	12,01	0,1	1,201
208	20/07/2055	3:15:05	12,04	0,1	1,204
209	20/07/2056	3:20:05	12,05	0,1	1,205
210	20/07/2057	3:25:05	12,04	0,1	1,204
211	20/07/2058	3:30:05	12,04	0,1	1,204
212	20/07/2059	3:35:05	12,04	0,1	1,204
213	20/07/2060	3:40:05	12,04	0,1	1,204
214	20/07/2061	3:45:05	12,04	0,1	1,204
215	20/07/2062	3:50:05	12,04	0,1	1,204
216	20/07/2063	3:55:05	12,04	0,1	1,204
217	20/07/2064	4:00:05	12,04	0,1	1,204
218	20/07/2065	4:05:05	12,04	0,1	1,204
219	20/07/2066	4:10:05	12,01	0,1	1,201
220	20/07/2067	4:15:05	12	0,1	1,2
221	20/07/2068	4:20:05	12,01	0,1	1,201
222	20/07/2069	4:25:05	12	0,1	1,2
223	20/07/2070	4:30:05	11,99	0,1	1,199
224	20/07/2071	4:35:05	11,99	0,1	1,199
225	20/07/2072	4:40:05	11,99	0,1	1,199
226	20/07/2073	4:45:05	11,99	0,1	1,199
227	20/07/2074	4:50:05	11,99	0,1	1,199
228	20/07/2075	4:55:05	11,99	0,1	1,199
229	20/07/2076	5:00:05	11,99	0,1	1,199
230	20/07/2077	5:05:05	11,99	0,1	1,199
231	20/07/2078	5:10:05	11,99	-0,1	-1,199
232	20/07/2079	5:15:05	11,99	0	0
233	20/07/2080	5:20:05	11,99	-0,1	-1,199
234	20/07/2081	5:25:05	11,99	-0,1	-1,199
235	20/07/2082	5:30:05	11,99	-0,1	-1,199
236	20/07/2083	5:35:05	12	0	0
237	20/07/2084	5:40:05	12	-0,1	-1,2
238	20/07/2085	5:45:05	12,01	-0,1	-1,201
239	20/07/2086	5:50:05	12,02	0	0
240	20/07/2087	5:55:05	12,01	-0,1	-1,201
241	20/07/2088	6:00:05	12,03	0,14	1,6842
242	20/07/2089	6:05:05	12	0,14	1,68
243	20/07/2090	6:10:05	12,01	0,22	2,6422
244	20/07/2091	6:15:05	12,01	0,28	3,3628
245	20/07/2092	6:20:05	12,02	0,27	3,2454
246	20/07/2093	6:25:05	12,12	0,28	3,3936
247	20/07/2094	6:30:05	12,12	0,31	3,7572

248	20/07/2095	6:35:05	12,13	0,34	4,1242
249	20/07/2096	6:40:05	12,14	0,37	4,4918
250	20/07/2097	6:45:05	12,13	0,36	4,3668
251	20/07/2098	6:50:05	12,15	0,36	4,374
252	20/07/2099	6:55:05	12,14	0,48	5,8272
253	20/07/2100	7:00:05	12,15	0,47	5,7105
254	20/07/2101	7:05:05	12,16	0,48	5,8368
255	20/07/2102	7:10:05	12,23	0,48	5,8704
256	20/07/2103	7:15:05	12,22	0,47	5,7434
257	20/07/2104	7:20:05	12,23	0,49	5,9927
258	20/07/2105	7:25:05	12,27	0,5	6,135
259	20/07/2106	7:30:05	12,27	0,48	5,8896
260	20/07/2107	7:35:05	12,29	0,48	5,8992
261	20/07/2108	7:40:05	12,32	0,48	5,9136
262	20/07/2109	7:45:05	12,32	0,46	5,6672
263	20/07/2110	7:50:05	12,33	0,49	6,0417
264	20/07/2111	7:55:05	12,32	0,59	7,2688
265	20/07/2112	8:00:05	12,34	0,63	7,7742
266	20/07/2113	8:05:05	12,35	0,63	7,7805
267	20/07/2114	8:10:05	12,32	0,62	7,6384
268	20/07/2115	8:15:05	12,12	0,65	7,878
269	20/07/2116	8:20:05	12,14	0,71	8,6194
270	20/07/2117	8:25:05	12,15	0,73	8,8695
271	20/07/2118	8:30:05	12,32	0,72	8,8704
272	20/07/2119	8:35:05	12,24	0,73	8,9352
273	20/07/2120	8:40:05	12,26	0,81	9,9306

KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan alat dan hasil penelitian rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS dapat diambil beeberapa keismpulan yaitu :

- 1. Rancang bangun *solar charge controller* telah dibuat dengan memiliki *set point* $\pm 14,55$ volt agar memenuhi tegangan minimum untuk dapat mengecas baterai menggunakan panel surya.
- 2. Variabel *input* dari panel surya dikendalikan oleh *solar charge controller* menggunakan metode *switching*. Dengan cara merubah nilai *duty cycle* melalui stm32f Nucleo Boards. Sehingga tegangan *input* dari panel surya sebesar $\pm 19,66$ volt dapat diregulasi menjadi $\pm 14,55$ volt oleh kontroler.
- 3. Rangkaian *solar charge controller* bekerja dengan perubahan *duty cycle*. Sinyal *pwm* menjadi *input* pada optocoupler 4n25 untuk dapat melewatkan tegangan masukan pada kaki *collector* sebesar 5 volt menjadi *range* tegangan 0 hingga 4,7 volt dengan prosentase nilai *duty cycle* diruba dari 0 hingga 100%. *Output* range tegangan tersebut menjadi *input* kaki *gate* mosfet irf540n agar dapat terjadi proses *switching* sehingga tegangan *input* kontroler dapat teregulasi.
- 4. Efisiensi kerja dari *solar charge controller* telah diketahui dengan melakukan perbandingan antara daya masukan dari panel surya dengan daya keluaran yang dihasilkan oleh *solar charge controller*. Setelah dilakukan perhitungan menurut data yan diperoleh, didapat nilai rata-rata pembacaan dari efisiensi *solar charge controller* yaitu sebesar 26,65904.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]A, Karina. S, Santiko.2003.*Studi Karakteristik Arus-Tegangan* (Kurva I-V) Pada Sel Tunggal Polikrital Serta Pemodelannya.Jakarta:Universitas Negeri Jakarta.
- [2]Anonym.2005.*Sumber Arus Baterai*.Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [3]Bishop, Owen.2005.Dasar dasar Elektronika, Edisi Pertama.Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [4]El Dahab, Yasser. Saad, H. Nagger. Zekry, Abdahalim.2016.Enhancing The Design of Battery Charging Controller for Photovoltaic System. Egypt :University Cairo.
- [5]Karti, Gupta. Nindhi, Verma. Sheila, Mahapatra.2015.Implementation Of Solid State Relay For Power System Protection.International Journal Of Scientific & Technology Research Volume 4, Issue 06.65-70.June 2015.
- [6]Linggarjati, Jimmy.2012.Optimasi Penentuan Jenis Mosfet Pada Pengendali Elektronika Motor BLDC. Jakarta:Jurnal Teknik Komputer Vol 20.102-108.Agustus 2012
- [7]Oh, K.S.2000.*MOSFET Basics*.Application Note/AN9010. Fairchild Semiconductor.
- [8]Peddapelli, Satish Kumar.2014.*Recent Advances In Pulse Width Modulation Techniques And Multilevel Inverter*.International Science Index Vol 8. No:3.2014.
- [9]Pressman, Abraham I.1999.*Switching Mode Power Supply Design*.Newyork:McGraw Hill.
- [10]Tucker, John.2005.Understanding Output Voltage Limitations of DC/DC Buck Converters. America:Texas Instruments Incorporated.
- [11]Yves, Garnier, dkk.2005.*Manual Statistik Energi*.Paris:International Energy Agency(IEA).

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Gresik, 14 Agustus 1995. Diberi nama oleh kedua orangtua, yaitu Hannang Prasetya Mukti. Bapak bernama Wahyu Sri Widodo, Ibu bernama Siti Aisyah dan mempunyai kakak dan adik kandung bernama Desv Puspita Anggraeni dan Novelina Prasasti. Alamat asli rumah di Tulungangung di desa Jatimulvo, dusun Jabon, kecamatan Kauman. Penulis menyelesaikan Sekolah Dasar pada tahun 2007 di SDN Jatimulyo III Kauman, pada

tahun 2010 penulis menamatkan SMPN 1 Kauman dan pada tahun 2013 penulis menamatkan sekolah menengah di SMAN 1 Kauman. Penulis mempunyai minat terhadap bidang teknik. Semenjak dibangku SMP sekarang dibangku kuliah, penulis masih menggeluti bidang mekanik dan elektrik. Pada tahun 2016 ini, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Mode Fast PWM Menggunakan STM32F Nucleo Boards". Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, menghubungi penulis melalui email dapat hannang.prasetyam@gmail.com.