

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* DENGAN CATU  
DAYA PANEL SURYA**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUH. RAFIUD PRIATNA YUSRIFAL  
D411 16 519**



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2021**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* DENGAN CATU  
DAYA PANEL SURYA**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUH. RAFIUD PRIATNA YUSRIFAL**

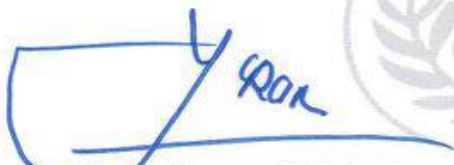
**D411 16 519**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 13 Oktober 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan


Menyetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Yusran, S.T., M.T.  
NIP. 19750404 200012 1 001



Ir. Yusri Syam Akil, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19770322 200501 1 001

Ketua Departemen Teknik Elektro,



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.  
NIP. 19691026 199412 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh. Rafiud Priatna Yusrifal  
NIM : D411 16 519  
Program : Teknik Elektro  
Jenjang : S1 / S2 / S3

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* DENGAN CATU DAYA  
PANEL SURYA

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi/tesis/disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi/tesis/disertasi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 7 Oktober 2021

Yang Menyatakan



Muh. Rafiud Priatna Yusrifal

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan kasih sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul: “Rancang Bangun *Buck-Boost Converter* Pada Panel Surya Untuk Perangkat Elektronik” dengan baik dan lancar.

Penulisan skripsi tugas akhir ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat menutup Program Strata-1 dan memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di program studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis sadar bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan kesalahan yang jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini dan untuk perkembangan penelitian ini serta diri penulis sendiri.

Dalam penulisan skripsi dan penyelesaian tugas akhir ini tak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan apapun bentuknya baik secara langsung maupun tidak langsung hingga tugas akhir ini selesai. Maka pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Alm. Bapak Yusron dan Ibu Hawaria selaku orang tua saya serta saudara-saudara saya yang tidak henti-hentinya memberikan doa dan dukungan dalam berbagai bentuk kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

2. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Dr. Ir. Yusran, S.T., M.T. selaku pembimbing I dan Bapak Ir. Yusri Syam Akil, S.T., M.T., Ph.D. selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam memberikan bimbingan, gagasan, serta ide-ide dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Ir. Gassing, M.T. dan Ibu Dr. Ir. Hasniaty A, S.T., M.T. selaku dosen penguji tugas akhir saya yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Seluruh dosen pengajar serta pegawai Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin atas bimbingan, didikan, kemudahan, dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh kuliah.
6. Teman-teman “Nandemonai (Adnan, Adul, Aidil, Ari, Arya, Gafur, Julian, Kiki, Reyhan, Riang, dan Wira)” yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan bantuan yang tak ternilai harganya.
7. Teman-teman Lab Riset Elektronika Daya yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam mengerjakan tugas akhir.
8. Teman-teman senasib seperjuangan “EXCITER” yang kebersamaan penulis dalam berbagai peristiwa dan yang takkan terlupakan di Fakultas Teknik UNHAS.

Akhir kata, penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi tugas akhir ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perkembangan dan penyempurnaan tugas akhir

ini. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi pembaca, Aamiin Ya Robbal'alamiin.

Makassar 13 Oktober 2021

Penulis,

Muh. Rafiud PriatnaYusrifal

## ABSTRAK

MUH. RAFIUD PRIATNA YUSRIFAL. *Rancang Bangun Buck-Boost Converter dengan Catu Daya Panel Surya* (dibimbing oleh Yusran dan Yusri Syam Akil).

Perkembangan energi listrik tenaga surya dianggap sebagai salah satu dari banyak solusi utama untuk memenuhi permintaan energi yang meningkat di berbagai daerah. Namun, pengembangan dalam bidang tenaga surya tetap menghadapi berbagai hambatan teknis, seperti efisiensi sel surya yang rendah, kinerja keseimbangan sistem yang rendah, hambatan ekonomi dan hambatan lainnya, serta tegangan panel surya yang dihasilkan kadang tidak sesuai keinginan dan menghasilkan tegangan yang tidak stabil. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan penggunaan sel surya untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran sel surya yang lebih stabil dan dapat diatur sesuai keinginan. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan perhitungan nilai komponen secara manual dengan menggunakan persamaan dan mensimulasikan rancangan rangkaian pada software PSIM dan kemudian dilanjutkan dengan membuat prototipe *buck-boost converter*. Pengambilan data dilakukan dengan tiga jenis pengujian, yaitu pengujian alat rancangan *buck-boost converter*, pengujian perbandingan dengan alat pasaran, dan pengujian perbandingan dengan alat pasaran dalam kurun waktu tertentu. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan rangkaian *buck-boost converter* bekerja sesuai fungsinya, dengan tegangan keluaran saat mode *buck* dapat diturunkan hingga  $\pm 0$  Volt dan saat mode *boost* dapat dinaikkan hingga  $\pm 30$  Volt. Pada pengujian rancangan *buck-boost converter* tiap jam, dengan mengatur tegangan keluaran pada mode *buck* sebesar 5 Volt dan mode *boost* sebesar 25 Volt, didapatkan tegangan keluaran dari rancangan *buck-boost converter* tetap stabil di nilai tersebut. Berdasarkan hasil pengujian perbandingan antara rancangan *buck-boost converter* dan *buck-boost converter* pasaran, didapatkan nilai tegangan keluaran dari rancangan *buck-boost converter* lebih stabil.

**Kata Kunci:** Buck-Boost Converter, Panel Surya, Mikrokontroler ATtiny85, Arduino UNO

## ABSTRACT

MUH. RAFIUD PRIATNA YUSRIFAL. *Buck-Boost Converter Design with Solar Panel as Power Supply* (Supervised by Yusran dan Yusri Syam Akil).

The development of solar energy is considered to be one of many key solutions toward fulfilling a various regions increasing demand for energy. Rapid growth within the field of solar technologies is nonetheless facing various technical barriers, such as low solar cell efficiencies, low performing balance of systems, economic hindrances, and other obstacles, and the resulting solar panel voltage is sometimes not as desired and produces an unstable voltage. This research aims to optimize the use of solar cells to obtain a more stable and adjustable solar cell output voltage value. This research was carried out by calculating the component values manually using equations and simulating the circuit design in PSIM software and then proceeding with making a prototype buck-boost converter. Data retrieval is carried out by three types of tests that is testing the buck-boost converter prototype, testing comparisons with market buck-boost converter, and testing comparisons with market buck-boost converter within a certain time. From research results that the buck-boost converter circuit design works according to its function, with the output voltage when in buck mode can be reduced to  $\pm 0$  Volts and when in boost mode can be increased to  $\pm 30$  Volts. In testing the buck-boost converter design every hour, by setting the output voltage in buck mode at 5 Volts and boost mode at 25 Volts, the output voltage from the buck-boost converter design remains stable at that value. Based on the results of the comparison test between the buck-boost converter design and the market buck-boost converter, the output voltage value of the buck-boost converter design is more stable.

**Keywords:** Buck-Boost Converter, Solar Panel, ATtiny85 Microcontroller, Arduino UNO



## DAFTAR ISI

	<b>halaman</b>
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 DC-DC Converter.....	7

2.1.1 Prinsip Kontrol DC-DC.....	8
2.1.2 <i>Buck Converter</i> .....	8
2.1.3 <i>Boost Converter</i> .....	10
2.1.4 <i>Buck-Boost Converter</i> .....	11
2.2 Komponen Elektronika Daya.....	12
2.3 MOSFET .....	12
2.3.1 Prinsip kerja MOSFET.....	13
2.3.2 Pengoperasian FET Sebagai Saklar .....	14
2.3.3 Karakteristik MOSFET .....	15
2.4 Pulse Width Modulation (PWM) .....	15
2.5 Pembangkit Sinyal PWM dengan <i>Atmega328p</i> .....	16
2.6 Sel Surya .....	18
2.6.1 Lintasan Matahari .....	19
2.6.2 Jenis dan Kemurnian Bahan.....	19
2.7 Arduino Uno.....	22
2.7.1 Catu Daya.....	24
2.7.2 Memori & Pin .....	24
2.8 Mikrokontroler ATtiny85.....	26
2.8.1 Fitur ATtiny85 .....	26
2.8.2 Konfigurasi Pin .....	28
2.9 Regulator LM7805 .....	29
2.10 Studi Literatur .....	30

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	34
3.2 Jenis Penelitian.....	35
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian .....	35
3.4 Perancangan Alat .....	35
3.4.1 Penentuan Parameter <i>Buck-Boost Converter</i> .....	36
3.4.2 Rancangan Rangkaian Simulasi <i>Buck-Boost Converter</i> .....	42
3.5 Perancangan <i>Programming Shield</i> ATTiny 85 .....	42
3.5.1 Konfigurasi Pin Arduino ke ATTiny85.....	42
3.5.2 Konfigurasi Software .....	44
3.5.3 Membuat Programming Board ATTiny85 .....	46
3.6 Rangkaian Rancangan <i>Buck-Boost Converter</i> .....	46
3.7 Data-data yang diperlukan .....	47
3.8 Alat dan Bahan Penelitian.....	48

### **BAB IV HASIL PENELITIAN**

4.1 Prototipe Rancangan <i>Buck-Boost Converter</i> .....	51
4.2 Hasil Simulasi Rangkaian <i>Buck-Boost Converter</i> .....	52
4.3 Pengujian Alat.....	57
4.4 Hasil Pengujian Rancangan <i>Buck-Boost Converter</i> .....	58
4.5 Hasil Perbandingan Rancangan <i>Buck-Boost Converter</i> dan <i>Buck-Boost Converter XX</i> .....	62
4.6 Hasil Pengujian Rancangan <i>Buck-Boost Converter</i> dan <i>Buck-Boost Converter XX</i> dengan Durasi.....	67

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan ..... 71

5.2 Saran..... 72

**DAFTAR PUSTAKA ..... 73**

**LAMPIRAN..... 76**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>halaman</b>
1. <b>Gambar 2.1</b> DC-DC Converter (W. Hart, 2011) .....	7
2. <b>Gambar 2.2</b> Skema Buck Converter (Roberts, 2015) .....	9
3. <b>Gambar 2.3</b> Skema Boost Converter (Roberts, 2015) .....	10
4. <b>Gambar 2.4</b> Skema Buck Boost Converter (Roberts, 2015) .....	11
5. <b>Gambar 2.5</b> Struktur dan bentuk transistor jenis FET (Ali, 2018) .....	13
6. <b>Gambar 2.6</b> MOSFET Sebagai saklar ON dan Off (Ali, 2018) .....	14
7. <b>Gambar 2.7</b> Daerah kerja MOSFET (Ali, 2018) .....	15
8. <b>Gambar 2.8</b> Sinyal PWM (Maulana, 2012) .....	16
9. <b>Gambar 2.9</b> Penyinaran dan insolasi dinyatakan sebagai jam matahari puncak (yaitu, 6 jam matahari = 6 kWh/m <sup>2</sup> ) .....	19
10. <b>Gambar 2.10</b> Monocrystalline, polycrystalline, dan padatan amorphous .....	21
11. <b>Gambar 2.11</b> Arduino Uno R3 .....	22
12. <b>Gambar 2.12</b> Pinout ATtiny85 (Atmel, n.d.) .....	28
13. <b>Gambar 2.13</b> Pinout LM7805 (Huda, 2017) .....	30
14. <b>Gambar 3.1</b> Diagram alir penelitian .....	34
15. <b>Gambar 3.2</b> Blok diagram sistem .....	36
16. <b>Gambar 3.3</b> Desain rangkaian non-inverting buck-boost converter .....	42
17. <b>Gambar 3.4</b> Pin ATtiny85 .....	42
18. <b>Gambar 3.5</b> Skema pin ATtiny85 yang terhubung ke pin Arduino .....	44

19. <b>Gambar 3.6</b> Mengunggah program ArduinoISP ke Arduino .....	44
20. <b>Gambar 3.7</b> Konfigurasi <i>board</i> menjadi ATtiny85 .....	45
21. <b>Gambar 3.8</b> <i>Programming board</i> ATtiny85.....	46
22. <b>Gambar 3.9</b> Skema rangkaian <i>buck-boost converter</i> .....	47
23. <b>Gambar 4.1</b> Rangkaian prototipe rancangan <i>buck-boost converter</i> .....	51
24. <b>Gambar 4.2</b> Keluaran sinyal PWM mode <i>buck</i> .....	52
25. <b>Gambar 4.3</b> Keluaran sinyal PWM mode <i>boost</i> .....	53
26. <b>Gambar 4.4</b> Hasil simulasi mode penaik tegangan ( <i>boost</i> ) dengan tegangan <i>input</i> 5 Volt .....	53
27. <b>Gambar 4.5</b> Hasil simulasi mode penurun tegangan ( <i>buck</i> ) dengan tegangan <i>input</i> 5 Volt.....	54
28. <b>Gambar 4.6</b> Hasil simulasi mode penaik tegangan ( <i>boost</i> ) dengan tegangan <i>input</i> 12 Volt .....	54
29. <b>Gambar 4.7</b> Hasil simulasi mode penurun tegangan ( <i>buck</i> ) dengan tegangan <i>input</i> 12 Volt.....	55
30. <b>Gambar 4.8</b> Hasil simulasi mode penaik tegangan ( <i>boost</i> ) dengan tegangan <i>input</i> 19 Volt .....	55
31. <b>Gambar 4.9</b> Hasil simulasi mode penurun tegangan ( <i>buck</i> ) dengan tegangan <i>input</i> 19 Volt.....	56
32. <b>Gambar 4.10</b> Hasil simulasi mode penaik tegangan ( <i>boost</i> ) dengan tegangan <i>input</i> 24 Volt.....	56
33. <b>Gambar 4.11</b> Hasil simulasi mode penurun tegangan ( <i>buck</i> ) dengan tegangan <i>input</i> 24 Volt.....	57

34. <b>Gambar 4.12</b> Ilustrasi panel surya dengan penghalang .....	62
35. <b>Gambar 4.13</b> Grafik perbandingan tegangan keluaran antara <i>buck-boost converter xx</i> dan rancangan <i>buck-boost converter</i> pukul 10.00.....	68
36. <b>Gambar 4.14</b> Grafik perbandingan tegangan keluaran antara <i>buck-boost converter xx</i> dan rancangan <i>buck-boost converter</i> pukul 12.00.....	69
37. <b>Gambar 4.15</b> Grafik perbandingan tegangan keluaran antara <i>buck-boost converter xx</i> dan rancangan <i>buck-boost converter</i> pada pukul 16.00 .....	70

## DAFTAR TABEL

	<b>halaman</b>
1. <b>Tabel 2.1</b> Spesifikasi Arduino Uno R3.....	23
2. <b>Tabel 3.1</b> Parameter rangkaian <i>buck-boost converter</i> .....	41
3. <b>Tabel 3.2</b> Alat dan bahan penelitian .....	48
4. <b>Tabel 3.3</b> Spesifikasi panel surya .....	50
5. <b>Tabel 4.1</b> Komponen penyusun .....	52
6. <b>Tabel 4.2</b> Hasil pengukuran <i>buck-boost converter</i> rancangan (mode <i>buck</i> ) hari ke-1, Senin 3 Mei 2021 .....	58
7. <b>Tabel 4.3</b> Hasil pengukuran <i>buck-boost converter</i> rancangan (mode <i>boost</i> ) hari ke-1, Senin 3 Mei 2021 .....	59
8. <b>Tabel 4.4</b> Hasil pengukuran <i>buck-boost converter</i> rancangan (mode <i>buck</i> ) hari ke-2, Selasa 4 Mei 2021 .....	59
9. <b>Tabel 4.5</b> Hasil pengukuran <i>buck-boost converter</i> rancangan (mode <i>boost</i> ) hari ke-2, Selasa 4 Mei 2021 .....	60
10. <b>Tabel 4.6</b> Hasil pengukuran <i>buck-boost converter</i> rancangan (mode <i>buck</i> ) hari ke-3, Kamis 6 Mei 2021.....	60
11. <b>Tabel 4.7</b> Hasil pengukuran <i>buck-boost converter</i> rancangan (mode <i>boost</i> ) hari ke-3, Kamis 6 Mei 2021.....	61
12. <b>Tabel 4.8</b> Hasil perbandingan antara <i>buck-boost converter</i> rancangan dan <i>buck-boost converter xx</i> hari ke-1, Jumat 21 Mei 2021(10.22 WITA).....	63



13. **Tabel 4.9** Hasil perbandingan antara *buck-boost converter* rancangan dan *buck-boost converter xx* hari ke-1, Jumat 21 Mei 2021(01.00 WITA)..... 63
14. **Tabel 4.10** Hasil perbandingan antara *buck-boost converter* rancangan dan *buck-boost converter xx* hari ke-1, Jumat 21 Mei 2021 (16.43 WITA).... 64
15. **Tabel 4.11** hasil perbandingan antara *buck-boost converter* rancangan dan *buck-boost converter xx* hari ke-2, Sabtu 22 Mei 2021(10.08 WITA) ..... 64
16. **Tabel 4.12** Hasil perbandingan antara *buck-boost converter* rancangan dan *buck-boost converter xx* hari ke-2, Sabtu 22 Mei 2021(01.06 WITA) ..... 65
17. **Tabel 4.13** Hasil perbandingan antara *buck-boost converter* rancangan dan *buck-boost converter xx* hari ke-3, Minggu 23 Mei 2021(10.01 WITA).. 65
18. **Tabel 4.14** Hasil perbandingan antara *buck-boost converter* rancangan dan *buck-boost converter xx* hari ke-3, Minggu 23 Mei 2021(01.00 WITA).. 66
19. **Tabel 4.15** Hasil perbandingan antara *buck-boost converter* rancangan dan *buck-boost converter xx* hari ke-3, Minggu 23 Mei 2021(16.00WITA)... 66
20. **Tabel 4.16** Hasil perbandingan antara rancangan *buck-boost converter* dan *buck-boost converter xx*, Minggu 13 Juni 2021(10.00 WITA)..... 67
21. **Tabel 4.17** Hasil perbandingan antara rancangan *buck-boost converter* dan *buck-boost converter xx*, Minggu 13 Juni 2021(12.00 WITA)..... 68
22. **Tabel 4.18** Hasil perbandingan antara rancangan *buck-boost converter* dan *buck-boost converter xx*, Minggu 13 Juni 2021(16.00 WITA)..... 69

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>halaman</b>
1. <b>Lampiran 1</b> Rangkaian <i>breadboard buck-boost converter</i> .....	76
2. <b>Lampiran 2</b> <i>Buck-boost converter</i> merek xx .....	76
3. <b>Lampiran 3</b> Prototipe <i>buck-boost converter</i> tampak atas .....	77
4. <b>Lampiran 4</b> Prototipe <i>Buck-boost converter</i> tampak bawah .....	77
5. <b>Lampiran 5</b> Tampilan 2D PCB layout <i>buck-boost converter</i> .....	78
6. <b>Lampiran 6</b> Tampilan 3D PCB layout <i>buck-boost converter</i> .....	78
7. <b>Lampiran 7</b> Tegangan <i>output</i> prototipe <i>buck-boost converter</i> pada mode <i>buck</i> .....	79
8. <b>Lampiran 8</b> Tegangan <i>output</i> prototipe <i>buck-boost converter</i> pada mode <i>boost</i> .....	79
9. <b>Lampiran 9</b> Panel surya .....	80
10. <b>Lampiran 10</b> Penghalang untuk panel surya .....	80
11. <b>Lampiran 11</b> Pengujian rancangan <i>buck-boost converter</i> dan <i>buck-boost</i> <i>converter</i> pasaran dengan menutup 9 baris sel dan ketinggian penghalang 50 cm.....	81
12. <b>Lampiran 12</b> Pengujian rancangan <i>buck-boost converter</i> dan <i>buck-boost</i> <i>converter</i> pasaran dengan menutup 9 baris sel dan ketinggian penghalang 30 cm.....	81

13. <b>Lampiran 13</b> Pengujian rancangan <i>buck-boost converter</i> dan <i>buck-boost converter</i> pasaran dengan menutup 9 baris sel dan ketinggian penghalang 10 cm.....	82
14. <b>Lampiran 14</b> Pengujian rancangan <i>buck-boost converter</i> dan <i>buck-boost converter</i> pasaran dengan menutup secara langsung 1 baris sel .....	82
15. <b>Lampiran 15</b> Pengujian rancangan <i>buck-boost converter</i> dan <i>buck-boost converter</i> pasaran dengan menutup secara langsung 1,5 baris sel .....	83
16. <b>Lampiran 16</b> Pengujian rancangan <i>buck-boost converter</i> dan <i>buck-boost converter</i> pasaran dengan menutup secara langsung 2 baris sel .....	83
17. <b>Lampiran 17</b> Pengujian rancangan <i>buck-boost converter</i> dan <i>buck-boost converter</i> pasaran dengan durasi 10 menit.....	84
18. <b>Lampiran 18</b> Program <i>buck-boost converter</i> .....	85

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Ada banyak jenis energi yang berbeda. Energi kinetik adalah energi yang tersedia dalam gerakan partikel, energi angin adalah salah satu contohnya. Energi potensial adalah energi yang tersedia karena posisi antar partikel. Misalnya, air yang tersimpan dalam bendungan, energi dalam pegas melingkar, dan energi yang tersimpan dalam molekul (bensin). Ada banyak contoh energi: mekanik, listrik, termal, kimia, magnet, nuklir, biologi, pasang surut, panas bumi, dan sebagainya. Energi terbarukan menunjukkan sumber energi yang bersih dan tidak beracun yang tidak dapat habis. Sumber energi terbarukan yang utama adalah Matahari, angin, biomassa, pasang surut, gelombang, dan panas bumi. Energi surya disebut sebagai energi terbarukan dan/atau berkelanjutan karena akan tersedia selama Matahari terus bersinar. Perkiraan untuk tahap pokok kehidupan utama Matahari adalah 4 hingga 5 miliar tahun lagi (Robert, 2010).

Energi matahari adalah kekuatan energi yang menopang kehidupan di Bumi untuk semua makhluk hidup. Ini memberikan solusi yang menarik bagi semua masyarakat untuk memenuhi kebutuhan mereka akan sumber energi yang bersih dan berlimpah di masa depan. Sumber energi matahari adalah interaksi nuklir pada inti Matahari, dimana energi tersebut berasal dari konversi hidrogen menjadi helium. Sinar matahari sudah tersedia, aman dari ketegangan geopolitik, dan tidak menimbulkan ancaman bagi lingkungan kita dan sistem iklim global kita dari emisi polusi. Energi matahari terutama ditransmisikan ke Bumi oleh gelombang elektromagnetik, yang juga dapat diwakili oleh partikel (foton). Energi matahari

dapat dimanfaatkan secara langsung (misalnya, Photovoltaic); tidak langsung seperti angin, biomassa, dan tenaga air; atau sebagai bahan bakar biomassa fosil seperti batu bara, gas alam, dan minyak. Sinar matahari sejauh ini merupakan sumber energi bebas karbon terbesar di planet ini. Lebih banyak energi dari sinar matahari menyerang Bumi dalam 1 jam ( $4.3 \times 10^{20}$  J) daripada semua energi yang dikonsumsi di planet ini dalam setahun ( $4,1 \times 10^{20}$  J) (Robert, 2010). Penggunaan panel surya sebagai alternatif pengganti listrik konvensional yang merupakan kebutuhan listrik sehari – hari, selain ramah lingkungan panel surya juga tidak membutuhkan perawatan yang mahal seperti layaknya penggunaan genset, selain itu panel surya juga cocok untuk digunakan di wilayah Indonesia yang memiliki iklim tropis dan memiliki suhu panas yang cukup untuk penggunaan panel surya (Staff, 2021).

Panel surya merupakan perangkat semikonduktor yang menghasilkan energi listrik melalui cahaya. Sel surya semikonduktor memiliki kapasitas untuk menyerap cahaya dan mengirimkan sebagian energi dari foton yang diserap ke pembawa arus listrik (*electron* dan *hole*). Dioda semikonduktor memisahkan dan mengumpulkan pembawa dan menghantarkan arus listrik yang dihasilkan secara istimewa ke arah tertentu. Jadi, sel surya hanyalah dioda semikonduktor yang telah dirancang dan dibuat dengan cermat untuk menyerap dan mengubah energi cahaya dari matahari menjadi energi listrik secara efisien.

Sinar matahari datang dari atas, di bagian depan sel surya. Sebuah grid logam membentuk salah satu kontak listrik dioda dan memungkinkan cahaya jatuh pada semikonduktor antara garis grid dan dengan demikian diserap dan diubah menjadi energi listrik. Lapisan anti reflektif antara garis grid meningkatkan jumlah

cahaya yang ditransmisikan ke semikonduktor. Dioda semikonduktor dibuat ketika semikonduktor tipe-n dan semikonduktor tipe-p disatukan untuk membentuk sambungan metalurgi. Ini biasanya dicapai melalui difusi atau memasukkan ketidakmurnian tertentu (dopan) atau melalui proses endapan. Hubungan listrik dioda lainnya dibentuk oleh lapisan logam di bagian belakang sel surya. Energi listrik yang dihasilkan merupakan energi listrik dalam bentuk tegangan dan arus searah (DC). Namun, meskipun memiliki potensi yang besar daya yang dihasilkan panel surya sangat bergantung pada intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sel surya, dan intensitas cahaya sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan cuaca (Luque & Hegedus, 2011).

Lingkungan dan cuaca yang berubah-ubah menyebabkan intensitas cahaya yang tidak konstan, sehingga tegangan yang dihasilkan sel surya juga berubah-ubah. Oleh karena itu diperlukan optimalisasi pada panel surya. Banyak metode yang dapat digunakan untuk memaksimalkan penggunaan panel surya, salah satu metode yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan rangkaian elektronika daya yaitu sebuah rangkaian konverter DC yang sesuai untuk kondisi tegangan tidak konstan. Rangkaian konverter ini berupa rangkaian konverter *buck-boost*. Konverter *Buck-Boost* adalah konverter yang berfungsi sebagai penaik dan penurun tegangan DC. Hal ini sangat sesuai untuk mengantisipasi tegangan luaran sel surya yang tak menentu, dimana tegangan luaran konverter ini dapat diatur lebih besar atau lebih kecil dari masukannya sesuai lebar *duty cycle* dari *pulse width modulation* (PWM) (Assyidiq, et al., 2017).

Perkembangan energi listrik tenaga surya dianggap sebagai salah satu dari banyak solusi utama untuk memenuhi permintaan energi yang meningkat di

berbagai daerah. Namun, pengembangan dalam bidang tenaga surya tetap menghadapi berbagai hambatan teknis, seperti efisiensi sel surya yang rendah, kinerja keseimbangan sistem yang rendah, hambatan ekonomi dan hambatan lainnya, serta tegangan panel surya yang dihasilkan kadang tidak sesuai keinginan dan menghasilkan tegangan yang tidak stabil (Kabir, et al., 2018). Untuk penggunaan panel surya sebagai sumber tegangan yang dapat diatur dan dapat disesuaikan dengan tegangan keluaran yang dibutuhkan digunakan *DC-DC converter*. Oleh karena itu dibutuhkan konsep perancangan rangkaian konverter *buck-boost* yang dapat dengan cepat merespon perubahan tegangan masukan dari panel surya yang berubah-ubah, maka dalam penelitian ini akan di rancang konverter *buck-boost* yang dapat menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dan dapat diatur.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membuat prototipe *Buck-Boost Converter* dengan tambahan rangkaian mikrokontroler ATtiny85?
2. Bagaimana menguji unjuk kerja prototipe *Buck-Boost Converter* yang dikembangkan terhubung panel surya?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui cara merancang dan membuat prototipe *Buck-Boost Converter* yang dapat dikontrol menggunakan mikrokontroler ATtiny85.
2. Mengetahui kinerja dari rancangan *Buck-Boost Converter*.

## **1.4 Batasan Masalah**

1. Penggunaan mikrokontroler Arduino UNO dan ATtiny85 sebagai kontrol sinyal PWM.
2. Parameter yang diamati adalah tegangan dan tidak mengamati parameter yang lain.
3. Penggunaan panel surya jenis *polycrystalline* sebagai *input buck-boost converter*.
4. *Software* PSIM digunakan untuk mensimulasikan rangkaian *buck-boost converter*.
5. *Programming shield* sebagai media untuk memprogram IC ATtiny85 menggunakan Arduino UNO



## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

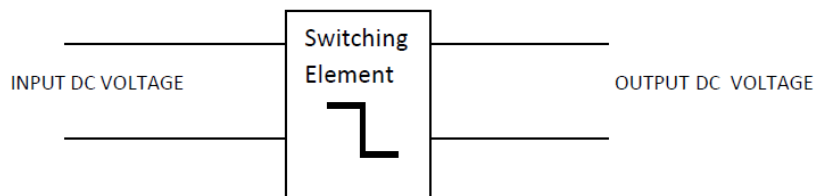
1. Pada penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi penambahan referensi yang berkaitan dengan *Buck-Boost Converter* di Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin.
2. Secara Praktis, penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk penggunaan sumber tegangan DC secara langsung dari panel surya, serta dapat bermanfaat untuk pihak Departemen Teknik Elektro Universitas Hasanuddin terutama pada Laboratorium Elektronika Daya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 DC-DC Converter

DC-DC Converter merupakan rangkaian elektronika daya untuk mengubah suatu masukan tegangan DC menjadi tegangan DC keluaran dengan nilai yang lebih besar atau kecil dari tegangan masukan. Rangkaian yang diuraikan dalam bab ini diklasifikasikan sebagai konverter DC-DC *switched-mode*, juga disebut *switching power supply* (W. Hart, 2011).



**Gambar 2.1** DC-DC Converter (W. Hart, 2011)

Dasar dari *switching power supply* terdiri dari tiga rangkaian topologi yaitu *buck (step-down)*, *boost (Step-up)*, dan *buck-boost (step-up/down)*. Ketiga rangkaian dasar *switching power supply* ini merupakan *non isolated DC-DC converter* dimana masukan dan keluaran dengan titik *grounding* yang sama. Pada dasarnya ada dua cara untuk meregulasi tegangan pada *switching power supply*, yaitu dengan *Pulse Width Modulation (PWM)* dan *Pulse Frecuenvy (PFM)* (Ananaba, 2009).

### 2.1.1 Prinsip Kontrol DC-DC

Konverter DC-DC harus memberikan tegangan keluaran DC yang diatur di bawah berbagai kondisi beban dan tegangan input. Nilai komponen konverter juga berubah seiring waktu, suhu, tekanan, dan sebagainya. Oleh karena itu, kontrol tegangan output harus dilakukan secara tertutup menggunakan prinsip umpan balik negatif. Dua metode kontrol loop tertutup yang paling umum untuk konverter DC-DC PWM, yaitu kontrol mode tegangan dan kontrol mode arus (Rashid, 2001).

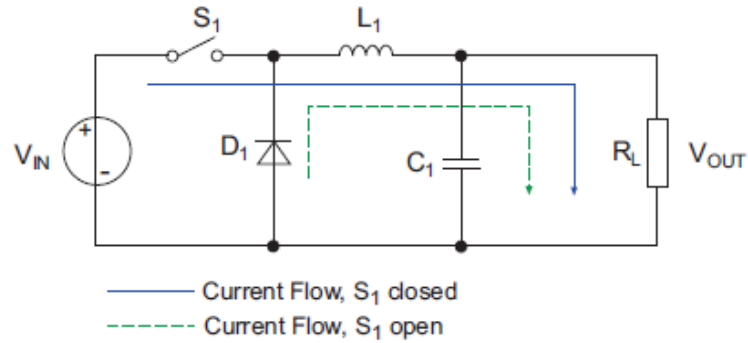
### 2.1.2 Buck Converter

Dalam topologi berikut, elemen *switching* direpresentasikan sebagai *switch* sederhana. Pada kenyataannya, mereka dapat berupa transistor, P-FET atau N-FET, dengan atau tanpa *driver* sesuai dengan persyaratan desain terperinci.

Seperti namanya, konverter *step-down* atau *buck* mengubah tegangan input yang lebih tinggi menjadi tegangan output yang lebih rendah dan stabil. Diagram sirkuit yang disederhanakan dan bentuk arus dan tegangan utama ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Cara paling sederhana untuk memahami rangkaian ini adalah dengan memikirkan L1 dan C1 membentuk filter *low pass*. Ketika sakelar S1 ditutup, tegangan melintasi beban perlahan-lahan naik karena kapasitor C1 terisi melalui L1. Jika S1 kemudian dibuka, energi yang disimpan dalam medan magnet induktor dijepit ke 0V pada ujung sakelar induktor dengan dioda D1, sehingga energi tidak memiliki pilihan selain melepaskan ke kapasitor dan beban, menyebabkan tegangan melintasi beban untuk perlahan-lahan menurun. Tegangan output rata-rata adalah

rasio tanda / spasi sinyal kontrol PWM dikalikan dengan tegangan input (Roberts, 2015).



**Gambar 2.2** Skema *Buck Converter* (Roberts, 2015)

Rangkaian bekerja sebagai *buck converter* ketika,  $V_{in} > V_{out}$

Fungsi transfer dapat diturunkan dengan menyamakan hasil waktu tegangan dari induktansi dalam kondisi ON dan OFF. Kedua hasil ini harus sama karena prinsip kekekalan energi.

Pada kondisi ON,  $Energy_{IN} = (V_{in} - V_{out})t_{on}$

Pada kondisi OFF,  $Energy_{OUT} = V_{out} \cdot t_{off}$ , dimana  $t_{off} = T - t_{on}$  and  $\delta = t_{on}/t_{off}$

subtitusi,

$$(V_{in} - V_{out})t_{on} = V_{out}(T - t_{on})$$

$$V_{in} \cdot t_{on} = V_{out} \cdot T$$

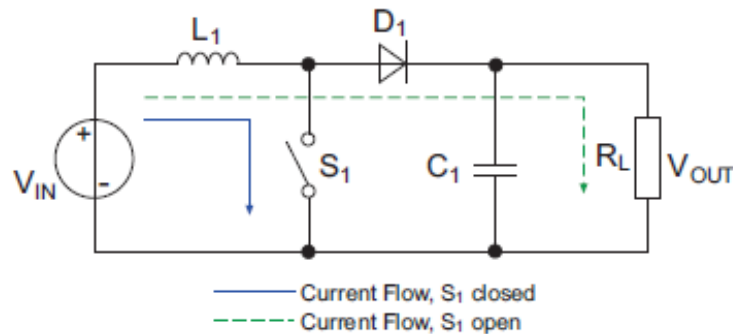
$$V_{out} = V_{in} \left( \frac{t_{on}}{T} \right)$$

$$V_{out} = V_{in} \delta \quad (2.1)$$

### 2.1.3 Boost Converter

Seperti namanya, konverter *step-up* atau *boost* mengubah tegangan input yang lebih rendah menjadi tegangan output yang lebih tinggi dan stabil. Diagram sirkuit yang sederhana ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Dengan S1 tertutup, arus mengalir melalui induktor L1 yang meningkat secara linier pada rasio  $V_{IN} / L1$ . Selama periode ini, arus beban disuplai dari energi yang tersimpan di C1. Ketika sakelar dibuka lagi, energi yang tersimpan dalam induktor menyebabkan tegangan output tinggi ditumpangkan ke tegangan input. Arus yang dihasilkan mengalir melalui dioda *freewheeling* D1 untuk memasok beban dan juga mengisi ulang C1 (Roberts, 2015).



**Gambar 2.3** Skema *Boost Converter* (Roberts, 2015)

Rangkaian bekerja sebagai *boost converter* ketika,  $V_{in} < V_{out}$

Penurunan fungsi transfer serupa dengan yang ada di bagian sebelumnya, hanya persamaan dasarnya yang disusun ulang:

Pada kondisi ON,  $Energy_{IN} = V_{in} \cdot t_{on}$

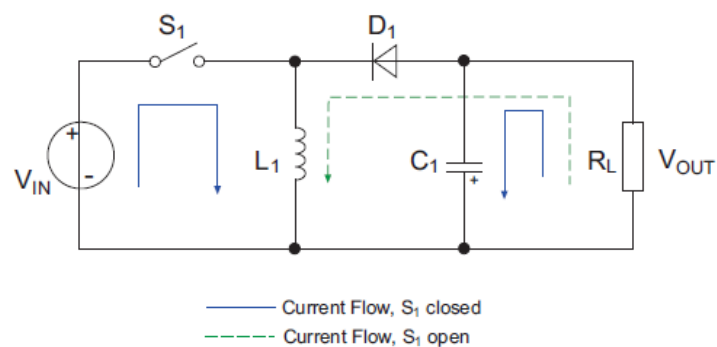
Pada kondisi OFF,  $Energy_{OUT} = (V_{out} - V_{in})t_{off}$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-\delta} \quad (2.2)$$

### 2.1.4 Buck-Boost Converter

Konverter *buck-boost*, mengubah tegangan input menjadi tegangan output yang diatur bisa lebih tinggi atau lebih rendah dari nilai tegangan input. Diagram yang disederhanakan pada Gambar 2.4 menunjukkan diagram sirkuit dasar.

Sirkuit ini, ketika  $S_1$  ditutup,  $I_{L1}$  saat ini, yang meningkat sebanding dengan  $V_{IN} / L_1$  mengalir melalui  $L_1$ . Dioda  $D_1$  menghalangi aliran arus apa pun ke dalam beban. Selama ini, arus beban disuplai dari kapasitor keluaran  $C_1$ . Ketika sakelar  $S_1$  dibuka, energi yang tersimpan di  $L_1$  menyebabkan ujung sakelar induktor menjadi negatif (ujung induktor lainnya dibumikan). Arus terbalik sekarang mengalir ke beban yang terdiri dari  $C_1$  dan  $R_L$  melalui  $D_1$ . Arus ini menurun secara proporsional ke  $V_{OUT} / L_1$ . Karena itu arah aliran arus, tegangan output negatif sehubungan dengan potensi tanah. Oleh karena itu, topologi ini hanya cocok untuk menghasilkan tegangan negatif (Roberts, 2015).



**Gambar 2.4** Skema *Buck Boost Converter* (Roberts, 2015)

Rangkaian bekerja sebagai *buck-boost converter* ketika,  $V_{in} > V_{out}$  atau

$$V_{in} < V_{out}$$

Penurunan fungsi transfer serupa dengan yang ada di bagian sebelumnya, hanya persamaan dasarnya yang disusun ulang:

Pada kondisi ON,  $Energy_{IN} = V_{in} \cdot t_{on}$

Pada kondisi OFF,  $Energy_{out} = -V_{out} \cdot t_{off}$

$$V_{out} = \frac{-\delta}{1-\delta} V_{in} \quad (2.3)$$

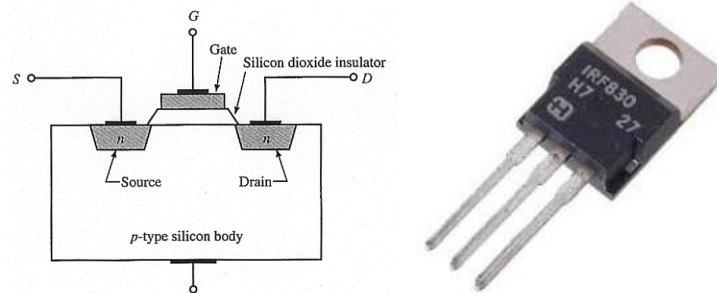
## 2.2 Komponen Elektronika Daya

Komponen elektronika daya terbuat dari bahan semikonduktor yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Komponen elektronika daya yang biasanya digunakan adalah: *thyristor*, *transistor (BJT)*, *MOSFET* dan *GTO*. Setiap komponen mempunyai ciri khas masing-masing. Pada transistor memiliki kendali komutasi menggunakan arus *base* (*ib*), sedangkan pada *MOSFET* menggunakan tegangan *VGS*. Bila pengendalian dengan kecepatan tinggi diperlukan atau frekuensi *switching* tinggi, maka *MOSFET* merupakan komponen elektronika daya yang terbaik. *Transistor dan thyristor* dapat digunakan pada frekuensi berkisar antara 400 Hz sampai dengan 2 kHz, sedangkan *MOSFET* dapat digunakan pada frekuensi berkisar antara 20 kHz sampai dengan 200 kHz (Herisajani, et al., 2009).

## 2.3 MOSFET

*MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)* adalah sebuah perangkat semikonduktor yang secara luas di gunakan sebagai *switch* dan sebagai penguat sinyal pada perangkat elektronik. *MOSFET* adalah inti dari sebuah *IC (integrated Circuit)* yang di desain dan di fabrikasi dengan *single chip* karena ukurannya yang sangat kecil. Berbeda dengan transistor *BJT* yang mempunyai 3 kaki yaitu Basis, Emitor dan Kolektor, *MOSFET* mempunyai 3 kaki yang dikenal dengan istilah *Drain (D)*, *Gate (G)* dan *Source (S)*. *MOSFET* mempunyai struktur

yang sedikit berbeda dengan BJT yang dapat dilihat pada gambar berikut ini (Ali, 2018).



**Gambar 2.5** Struktur dan bentuk transistor jenis FET (Ali, 2018)

### 2.3.1 Prinsip kerja MOSFET

FET mempunyai prinsip kerja yang hampir sama dengan transistor BJT. FET dan BJT terdiri atas 3 buah sambungan baik negatif-positif-negatif atau positif-negatif-positif. Yang membedakan keduanya adalah, jika pada transistor BJT kontrolnya dilakukan oleh arus basis ( $I_B$ ), sedangkan pada FET kontrol dilakukan oleh tegangan *gate* ( $V_{GS}$ ). Pengaturan kerja FET dengan tegangan mempunyai kelebihan dibanding pengaturan dengan arus seperti pada BJT yaitu berkurangnya rugi-rugi panas yang dihasilkan, sehingga FET mempunyai efisiensi yang lebih tinggi dibanding dengan BJT.

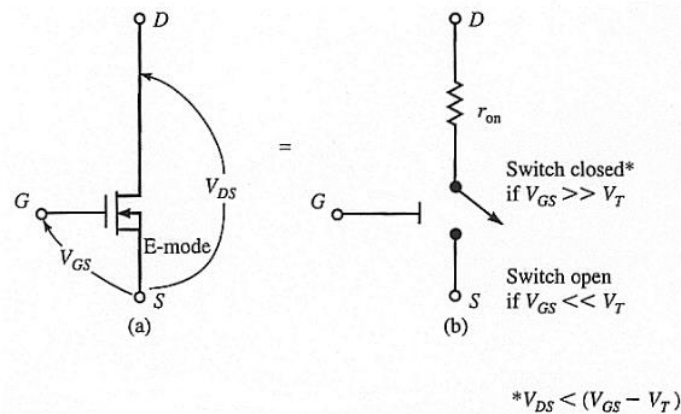
Transistor FET akan On jika terminal *Drain* (D) dan *Source* (S) dibias maju dengan polaritas D dan S tergantung jenisnya. Setelah itu perlu diberikan tegangan penyulutan dengan memberikan  $V_{GS} > 0$ . Dengan kondisi ini maka tegangan antara *Drain* dan *Source*  $V_{DS}$  menjadi nol dan akan mengalir arus listrik di *Drain* yang besarnya sama dengan arus beban.



Mosfet akan Off jika terminal *Drain* dan *Source* dibias maju, tetapi tegangan *Gate* diberi *input* sama dengan nol. Kondisi ini akan menjadikan tegangan *Drain Source* ( $V_{DS}$ ) akan sama dengan tegangan *Drain Drain* ( $V_{DD}$ ) dan sama dengan tegangan sumber dan arus sama dengan nol (Ali, 2018).

### 2.3.2 Pengoperasian FET Sebagai Saklar

Salah satu aplikasi yang banyak digunakan pada MOSFET adalah untuk saklar (*switching*).

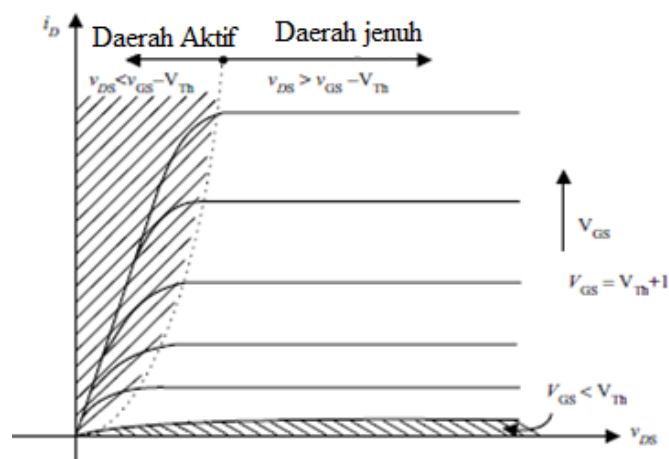


**Gambar 2.6** MOSFET Sebagai saklar ON dan Off (Ali, 2018)

Gambar 2.6. menjelaskan prinsip kerja transistor FET sebagai saklar. FET berfungsi sebagai saklar ON jika *Drain* dan *Source* dibias maju dan *Gate* diberikan tegangan pemicuan. Sebaliknya untuk menjadikan FET sebagai saklar OFF, maka nilai tegangan *Gate* diberi nilai sama dengan nol. Dalam aplikasi saklar elektronis, FET akan di *drive* dengan rangkaian pembangkit pulsa dengan frekuensi tertentu (Ali, 2018).

### 2.3.3 Karakteristik MOSFET

FET mempunyai karakteristik yang hampir sama dengan transistor BJT. Secara umum FET mempunyai 3 daerah operasi yaitu 1) daerah kerja *Cut Off* atau mati, 2) daerah kerja aktif dan 3) daerah jenuh atau saturasi. Kendali daerah kerja FET dipengaruhi oleh tegangan *gate* ( $V_{GS}$ ). Berikut ini merupakan gambar daerah kerja dan karakteristik dari suatu FET (Ali, 2018).



**Gambar 2.7** Daerah kerja MOSFET (Ali, 2018)

### 2.4 Pulse Width Modulation (PWM)

*Pulse Width Modulation* (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, *audio effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya.

Sinyal *Pulse Width Modulation* (PWM) umumnya mempunyai frekuensi dan amplitudo dasar yang tetap, namun memiliki variasi lebar pulsa. Lebar pulsa

berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Dengan kata lain, Sinyal PWM memiliki variasi *duty cycle* (antara 0% hingga 100%) dengan frekuensi gelombang yang tetap (Maulana, 2012).

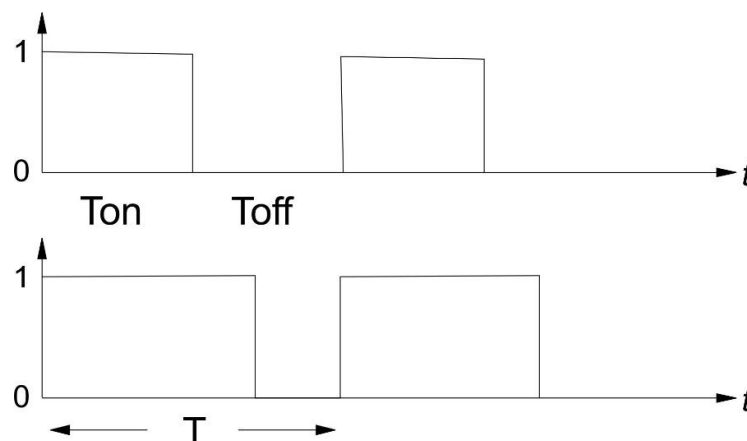
Gambar 2.8 terlihat bahwa siklus kerja antara saat saklar *on* dan saklar *off*. Perbandingan antara lamanya tegangan pada perioda *on* ( $T_{on}$ ) dengan perioda *off* atau nol ( $T_{off}$ ) disebut *duty cycle* ( $D$ ). Untuk menentukan besarnya *duty cycle* digunakan persamaan 2.4.

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on}+T_{off}} = \frac{T_{on}}{T} = T_{on} \cdot F_s \quad (2.4)$$

Keterangan:  $T$  = Periode (s)

$T_{on}$  = Periode saat saklar on (s)

$T_{off}$  = Periode saat saklar off (s)



**Gambar 2.8** Sinyal PWM (Maulana, 2012)

## 2.5 Pembangkit Sinyal PWM dengan *Atmega328p*

Mikrokontroler ATmega 328P yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis AVR. ATmega 328P merupakan mikrokontroler keluaran dari ATMEL yang

mempunyai arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) yang di mana setiap proses eksekusi data lebih cepat dibandingkan arsitektur CISC (*Complex instruction-set computing*). Mikrokontroler ATmega 328P memiliki kemudahan pemrograman dengan menggunakan program bahasa C dan unduhan program antara PC dengan mikrokontroler yang terbilang cepat. Mikrokontroler ATmega 328P mempunyai 23 pin yang telah terintegrasi dengan Arduino Uno R3 (Anwar, et al., 2015).

Mikrokontroler ini mempunyai beberapa fitur diantaranya:

- 1) 130 macam instruksi yang hampir semuanya dieksekusi dalam satu siklus *clock*.
- 2) 32 x 8-bit *register* serba guna.
- 3) Kecepatan mencapai 16 MIPS dengan *clock* 16 Mhz.
- 4) 32 KB *flash memory* dan pada Arduino memiliki *bootloader* yang menggunakan 2 KB dari *flash memory*.
- 5) Memiliki EEPROM sebesar 1 KB.
- 6) Memiliki SRAM sebesar 2 KB.

Sinyal PWM dapat dibangkitkan dengan berbagai cara, dapat menggunakan metode analog berupa rangkaian op-amp dan bisa juga dengan menggunakan metode digital. Dengan menggunakan metode analog di setiap perubahan sinyal PWM-nya akan sangat halus, sedangkan dengan menggunakan metode digital setiap perubahan pada sinyal PWM dipengaruhi oleh resolusi dari PWM itu sendiri. Misalnya pada sinyal PWM digital 8 bit berarti PWM tersebut memiliki resolusi  $2^8 = 256$ , maksudnya nilai keluaran dari PWM ini memiliki 256 variasi, variasinya mulai dari 0 hingga 255 yang mewakili nilai *duty cycle* 0-100% dari keluaran PWM

tersebut. Sinyal PWM pada mikrokontroler AVR dibangkitkan oleh *timer*, pada mikrokontroler jenis AVR Atmega328p mempunyai 3 buah *timer* di mana 2 *timer* 8 bit dan sebuah *timer* 16 bit (Hidayat & Mochamad, 2010).

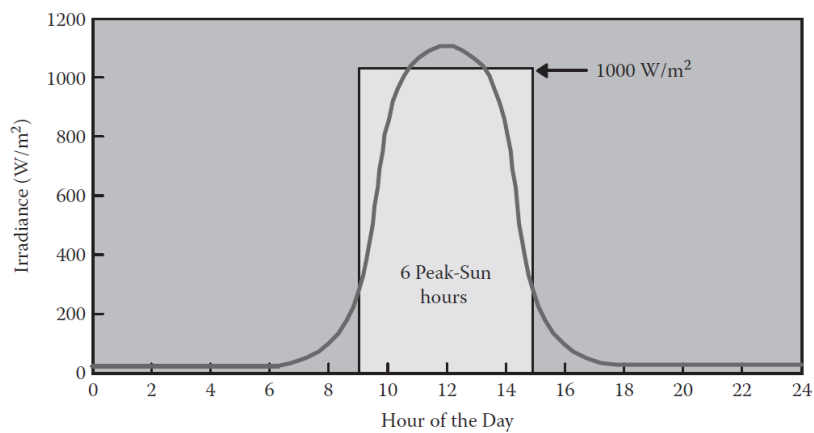
## 2.6 Sel Surya

Energi matahari adalah kekuatan energi yang menopang kehidupan di Bumi untuk semua tumbuhan, hewan, dan manusia. Ini memberikan solusi yang menarik bagi semua masyarakat untuk memenuhi kebutuhan mereka akan sumber energi yang bersih dan melimpah di masa depan. Sumber energi matahari adalah interaksi nuklir di inti Matahari, dimana energi tersebut berasal dari perubahan hidrogen menjadi *helium*. Sinar matahari sudah tersedia, aman dari ketegangan geopolitik, dan tidak menimbulkan ancaman bagi lingkungan kita dan sistem iklim global kita dari emisi polusi.

Energi matahari terutama ditransmisikan ke bumi melalui gelombang elektromagnetik, yang juga dapat diwakili oleh partikel (foton). Bumi pada dasarnya adalah pengumpul energi matahari yang sangat besar yang menerima sejumlah besar energi matahari yang terwujud dalam berbagai bentuk, seperti sinar matahari langsung yang digunakan untuk fotosintesis tumbuhan, massa udara panas yang menyebabkan angin, dan penguapan lautan yang menghasilkan hujan, yang membentuk sungai dan menyediakan tenaga air (Robert, 2010).

### 2.6.1 Lintasan Matahari

Selain kondisi atmosfer, parameter lain juga mempengaruhi insiden radiasi matahari dan ukuran sistem. Sumbu bumi yang miring menghasilkan variasi hari demi hari dari sudut antara garis Bumi – Matahari dan bidang ekuator Bumi, yang disebut deklinasi matahari (sudut bervariasi menurut tanggal). Perubahan harian dalam deklinasi adalah alasan utama untuk perubahan musim, dengan variasi dalam distribusi radiasi matahari di atas permukaan bumi dan jumlah jam siang dan kegelapan yang bervariasi. Sistem energi surya harus disesuaikan dengan musim kritis untuk penggunaannya (Robert, 2010).



**Gambar 2.9** Penyinaran dan insolasi dinyatakan sebagai jam matahari puncak (yaitu, 6 jam matahari = 6 kWh/m<sup>2</sup>)

### 2.6.2 Jenis dan Kemurnian Bahan

Nilai yang mempengaruhi efisiensi sel surya adalah celah pita semikonduktor, temperatur, cahaya, resistansi parasit dan salah satunya jenis dan kemurnian bahan. Sel surya terbuat dari silikon sebagai *single-crystal*, *polycrystalline*, atau padatan *amorphous*.

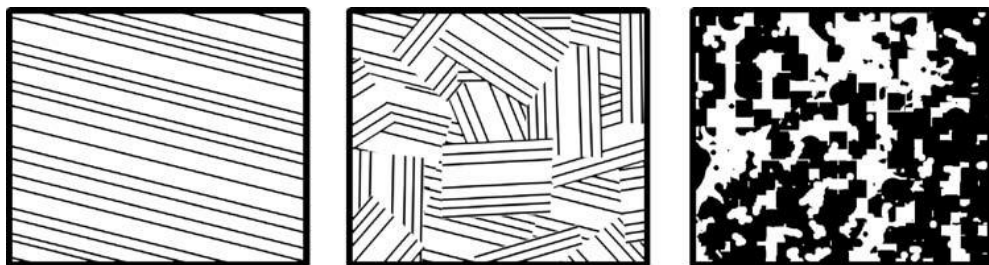
Silikon *single-crystal* adalah jenis yang paling efisien karena kristal bebas dari batas butiran, yaitu cacat pada struktur kristal yang disebabkan oleh variasi kisi yang cenderung menurunkan konduktivitas listrik dan termal bahan. Mereka dapat dianggap sebagai penghalang aliran elektron. Silikon *polycrystalline* memiliki batas butiran yang jelas; bagian dari *single-crystal* terlihat dengan mata telanjang. Silikon *amorphous* (a-Si) adalah bentuk silikon nonkristalin di mana atom-atomnya tersusun dengan cara yang relatif serampangan. Karena sifat materi yang tidak teratur, beberapa atom memiliki ikatan menjuntai yang mengganggu aliran elektron. Ikatan yang menjuntai terjadi ketika sebuah atom kehilangan tetangga yang dapat mengikatnya. Silikon *amorphous* memiliki efisiensi konversi daya terendah dari ketiga jenis, tetapi paling murah untuk diproduksi. Gambar 2.10 menggambarkan jenis padatan ini secara bergambar (Robert, 2010).

- Silikon *monocrystalline*. Sel dibuat dari batangan kristal silikon tunggal, ditanam di laboratorium berteknologi tinggi, diiris, kemudian didoping dan digores. Untuk modul terestrial komersial, efisiensi biasanya berkisar antara 15-20%. Modul yang terbuat dari jenis sel ini adalah yang paling matang di pasaran. Pabrikasi yang andal dari jenis modul PV ini menawarkan jaminan hingga 20–25 tahun pada 80% peringkat papan nama.
- Silikon *polycrystalline*. Sel-sel ini terdiri dari berbagai kristal silikon yang terbentuk dari batangan. Mereka juga diiris dan kemudian didoping dan digores. Silikon jenis ini memiliki efisiensi konversi sedikit lebih rendah daripada sel *monocrystalline*, umumnya dari 13-

15%. Pabrikan yang andal biasanya menjamin modul PV *polycrystalline* selama 20 tahun.

- Silikon *amorphous*. Istilah *amorphous* mengacu pada tidak adanya struktur sel geometris. Modul *amorphous* tidak memiliki karakteristik pola yang teratur dari kristal seperti dalam kasus silikon kristal. Modul komersial biasanya memiliki efisiensi konversi dari 5 hingga 10%. Sebagian besar jaminan produk adalah selama 10 tahun, tergantung pada produsennya. Namun, PV *amorphous* telah menemukan daya tarik yang luas untuk digunakan di perangkat konsumen (misalnya, jam tangan dan kalkulator).

Faktor lain yang membatasi efisiensi adalah perangkap di dalam material. Perangkap adalah ketidakmurnian bahan semikonduktor di daerah penipisan dan dapat sangat meningkatkan rekombinasi elektron dan hole. Rekombinasi mengurangi faktor pengisian dan efisiensi (Robert, 2010).



**Gambar 2.10** *Monocrystalline, polycrystalline, dan padatan amorphous*



## 2.7 Arduino Uno



**Gambar 2.11** Arduino Uno R3

Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler yang menggunakan chip Atmega328 dan dilengkapi 14 pin *input/output* digital dimana 6 pin bisa digunakan sebagai *output* PWM, 6 pin *input* analog, osilator 16 MHz, port USB, *power jack*, *header* ICSP, dan juga tombol *reset* (Aldy, 2020).

Dari saat perilisan hingga sekarang ini, Arduino sudah sampai ke revisi 3.

Berikut ini penjelasannya:

- Arduino Uno versi pertama tak menggunakan *chip driver* USB to serial FTDI. Sebagai gantinya, Arduino menampilkan Atmega16U2 (Atmega8U2 hingga versi R2) yang telah diprogram sebagai konverter USB to serial.
- Arduino revisi dua (R2) memiliki resonator yang menarik garis 8U2 HWB ke ground sehingga jadi lebih mudah untuk menempatkannya ke mode DFU.
- Arduino revisi 3 (R3), memiliki beberapa kelebihan yaitu penambahan pin SDA, SCL, dan IOREF, rangkaian reset yang lebih kuat, serta penggantian Atmega 16U2 menjadi 8U2

**Tabel 2.1** Spesifikasi *Arduino Uno R3*

Nama	Deskripsi
Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan Operasi	5 volt
Tegangan Rekomendasi	7-12 volt
Batasan Tegangan	6-20 volt
Pin Input/Output Digital	14
Pin Input Analog	6
Arus Pada Pin Digital	40 mA
Arus Pada Pin 3,3	50 mA
Flash Memori	32 KB (0,5 KB untuk <i>bootloader</i> )
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

### 2.7.1 Catu Daya

Untuk memberikan tegangan pada Arduino, dapat menggunakan adaptor AC ke DC, baterai, atau melalui kabel USB. Papan dapat beroperasi pada tegangan 6-12 volt. Tegangan yang kurang dari 7 volt kemungkinan akan membuat papan sirkuit tak bekerja dengan baik, sedangkan tegangan yang melebihi 12 volt akan membuat regulator tegangan terlalu panas dan bisa merusak papan (Aldy, 2020).

Jadi dianjurkan untuk menggunakan Arduino pada tegangan 7 sampai 12 volt. Beberapa power pin pada Arduino adalah sebagai berikut:

- VIN, berfungsi sebagai tempat memasukkan tegangan eksternal selain dari *power jack* dan *port USB*.
- 5V, berfungsi sebagai regulator yang memberikan suplai tegangan 5 volt pada alat atau komponen eksternal.
- 3.3, juga berfungsi sebagai regulator yang memasok tegangan, hanya saja tegangannya 3.3 volt.
- GND, berfungsi sebagai kutub negatif.

### 2.7.2 Memori & Pin

Arduino Uno memiliki 32 KB memori *flash* dimana 0,5 KB nya digunakan sebagai *bootloader*. Ada juga memori SRAM 2 KB dan memori EEPROM sebesar 1 KB.

Pada Arduino, terdapat beberapa pin yang terdiri dari pin digital dan pin analog (Aldy, 2020).

a. Pin Digital

Masing-masing pin digital pada Arduino Uno bisa difungsikan sebagai *input* maupun *output* dengan perintah *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()* yang semuanya berjalan pada tegangan 5 volt.

Tiap pin tersebut dapat memberikan arus maksimum 40mA dan memiliki *resistor pull-up internal* (terputus secara default) 20-50 kilo Ohm.

Perlu Anda ketahui bahwa beberapa pin digital di Arduino memiliki beberapa fungsi khusus yaitu:

- Pin Serial yaitu 0 (RX) dan 1 (TX), berfungsi untuk menerima dan mengirimkan data serial.
- Interupsi Eksternal yaitu 2 dan 3, berfungsi untuk memicu interupsi pada saat nilai rendah, sisi naik dan turun, atau perubahan nilai.
- PWM yaitu 3, 5, 6, 9, 10, dan 11, berfungsi untuk menyediakan output PWM 8-bit dengan fungsi *analogWrite()*.
- SPI yaitu pin 10 (SS), 11 (MISO), dan 13 (SCK), berfungsi mendukung komunikasi SPI menggunakan *library* SPI.

LED yaitu pin 13, ada LED internal yang dihubungkan ke pin 13. Apabila pin bernilai HIGH maka LED akan menyala, dan begitu pula sebaliknya.

b. Pin Analog

Arduino Uno mempunyai 6 pin input analog yang berlabel A0 sampai A5 dimana masing-masing pin tersebut memberikan 10 bit resolusi. Berikut ini fungsi khusus dari beberapa pin analog.

- Pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) berfungsi mendukung komunikasi TWI menggunakan *library* khusus.

c. Pin Lainnya

Pin AREF, berfungsi mengatur tegangan referensi untuk *input* dialog.

Pin RESET, berfungsi untuk menjalankan atau memuat ulang program yang telah di-*upload* ke papan sirkuit.

## 2.8 Mikrokontroler ATtiny85

Mikrokontroler ATtiny85 merupakan mikrokontroler CMOS 8-bit berdaya rendah berdasarkan arsitektur RISC yang disempurnakan AVR.

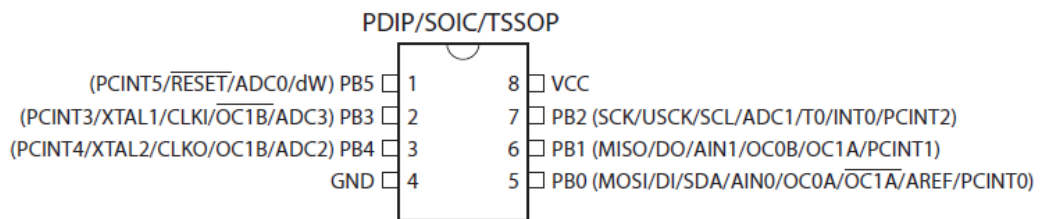
### 2.8.1 Fitur ATtiny85

- a. Performa tinggi, daya rendah untuk AVR Mikrokontroler 8-Bit
- b. Arsitektur RISC lanjutan
- c. Memori program dan Data *Non-volatile*
- d. Daya Tahan: 10.000 *Write / Erase Cycles*
  - 128/256/512 *Byte In-System Programmable* EEPROM
- e. Daya Tahan: 100.000 *Write / Erase Cycles*
  - 128/256/512 *Bytes Internal* SRAM

- Pemrograman Kunci untuk Program *Flash* Pemrograman Sendiri dan Keamanan Data EEPROM
- f. Fitur Periferal
- 8-bit *Timer / Counter* dengan *Prescaler* dan dua saluran PWM
  - 8-bit *High Speed Timer / Counter* dengan *Separator Prescaler*
- g. 2 *Output* PWM Frekuensi tinggi dengan *output* terpisah bandingkan *register*
- h. *Programmable Dead Time Generator* - *USI* - *Universal Serial Interface* dengan *Start Condition Detector* - ADC 10 bit
- i. 4 Saluran akhir tunggal
- j. 2 Pasang saluran ADC diferensial dengan *Programmable Gain* (1x, 20x)
- k. Pengukuran Suhu
- *Programmable Watchdog Timer* dengan *Separated On-chip Oscillator*
  - *On-chip* Analog komparator
- l. Fitur Mikrokontroler Khusus
- *debugWIRE On-chip* Sistem Debug
  - *In-System Programmable via SPI Port*
  - Sumber Interupsi Eksternal dan Internal
  - Daya rendah dalam keadaan diam, Pengurangan *Noise* ADC, dan Mode *Power-down*
  - Sirkuit *Reset Power-on* yang ditingkatkan
  - Sirkuit Deteksi Brown yang dapat diprogram
  - Osilator Kalibrasi *Internal*
- m. I / O dan Paket
- Enam Jalur I / O yang Dapat Diprogram

- n. Tegangan Operasi
  - 1.8 - 5.5V untuk ATtiny25V / 45V / 85V
  - 2.7 - 5.5V untuk ATtiny25/45/85
- o. Kelas kecepatan
  - ATtiny25V / 45V / 85V: 0 - 4 MHz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V
  - ATtiny25 / 45/85: 0 - 10 MHz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- p. Rentang Suhu Industri
- q. Konsumsi Daya Rendah
  - Mode Aktif: 1 MHz, 1.8V: 300  $\mu$ A
  - Mode *Power-down*: 0,1  $\mu$ A pada 1,8V

### 2.8.2 Konfigurasi Pin



**Gambar 2.12** Pinout ATtiny85 (Atmel, n.d.)

#### Deskripsi Pin

- a. VCC

Tegangan suplai

- b. GND

Ground

- c. Port B (PB5:PB0)

Port B adalah *port I / O* dua arah 6-bit dengan *resistor pull-up internal* (dipilih untuk setiap bit). Penyangga keluaran *Port B* memiliki karakteristik *drive simetris* dengan *sink* dan kemampuan sumber yang tinggi. Sebagai masukan, pin *Port B* yang ditarik secara eksternal akan rendah sumber arus jika *resistor pull-up* diaktifkan. Pin *Port B* diberi *tri-states* saat kondisi *reset* menjadi aktif, meski *clock* tidak menyala. *Port B* juga melayani fungsi berbagai fitur khusus ATtiny25/45/85 seperti yang tercantum dalam "*Alternate Functions of Port B*" pada halaman 60 di ATtiny85 *datasheet*.

#### d. RESET

*Reset input*. Tingkat rendah pada pin ini lebih lama dari panjang pulsa minimum yang akan menghasilkan *reset*, bahkan jika *clock* tidak aktif dan asalkan pin *reset* belum dinonaktifkan. Pulsa yang lebih pendek tidak dijamin menghasilkan *reset*. Pin *reset* juga bisa digunakan sebagai pin I / O (lemah) (Atmel, n.d.).

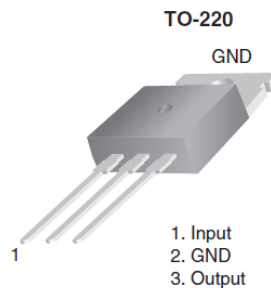
## 2.9 Regulator LM7805

Regulator tegangan LM7805 merupakan IC jenis pengatur tegangan yang memiliki nilai tetap atau tidak dapat di atur sesuai dengan keinginan rangkaian. LM7805 ini dirancang untuk berbagai aplikasi. Aplikasi ini termasuk peraturan on-card untuk menghilangkan masalah kebisingan dan distribusi yang terkait dengan peraturan satu titik.

Fungsi regulator tegangan adalah untuk mempertahankan atau memastikan tegangan pada level tertentu secara otomatis. Artinya, tegangan keluaran DC pada



regulator tegangan tidak dipengaruhi oleh perubahan tegangan masukan. Regulator tegangan LM7805 bisa menghasilkan arus keluaran hingga 1,5A.



**Gambar 2.13** Pinout LM7805 (Huda, 2017)

Fitur pemblokiran arus balik dan *thermal-shutdown internal* pada dasarnya membuat regulator ini kebal terhadap beban berlebih. Selain dapat berfungsi sebagai regulator tegangan tetap, perangkat ini juga dapat digunakan dengan komponen tambahan untuk mendapatkan tegangan keluaran yang dapat diatur, dan juga dapat difungsikan sebagai elemen *power-pass* pada regulator presisi. Regulator LM7805 menghasilkan tegangan keluaran sebesar 5V dengan tegangan masukan 7V hingga 20V (Huda, 2017).

## 2.10 Studi Literatur

Pada penelitian ini terdapat berbagai literatur yang terkait sebagai referensi untuk pengembangan penelitian ini. Di penelitian ini tegangan keluarannya dapat diatur melalui potensiometer dan secara otomatis dapat mengubah tegangan keluarannya sesuai dengan referensinya apabila *buck-boost converter* ini di suplai menggunakan tegangan masukan yang berubah-ubah.

DC *Chopper* merupakan *buck-boost converter* yang dapat menaikkan maupun menurunkan tegangan DC. DC *Chopper* inilah yang akan diaplikasikan

sebagai suplai daya DC untuk *Inverter*, dimana *DC Chopper* ini telah dilengkapi dengan penguatan umpan balik (*feedback*) apabila saat terjadi jatuh tegangan ketika terbebani oleh *inverter*. Penguatan umpan balik (*feedback*) ini digunakan sebagai penguatan *error* (*error amplifier*) pada keluaran *DC Chopper* yang berfungsi sebagai suplai daya DC untuk *inverter*, supaya tegangan suplai DC untuk *inverter* tetap stabil seperti yang dikemukakan pada penelitian Juarsah, Facta. Dan Nugroho (Juarsah, et al., 2015).

Konverter tipe *buck-boost* merupakan pengubah nilai tegangan DC dari rendah ke tinggi ataupun sebaliknya. Perancangan konverter *buck boost* dengan sinyal keluarannya yang dapat dimonitoring serta dikendalikan melalui *software* LabVIEW, sehingga dapat dengan mudah dianalisis nilai selisih antara hasil perhitungan dengan hasil pengukuran (*error*) dan efisiensinya. Konverter *buck-boost* ini mempunyai sistem monitoring dan sistem kendali yang terdapat pada *software* LabVIEW diungkapkan pada penelitian Mu'ammam Chaidir Rachman (Rachman, 2018).

*Buck-Boost converter* berguna untuk mengubah level tegangan yang lebih rendah ataupun lebih tinggi. Penggunaan *buck-boost converter* ini berguna untuk tegangan keluaran dari panel surya yang selalu berubah-ubah berdasarkan perubahan intensitas cahaya yang jatuh pada permukaan panel surya. Perubahan nilai tegangan ini dapat menghambat sistem pengisian baterai apabila sel surya langsung dihubungkan dengan baterai. Pada penelitian yang dilakukan oleh Elfani dan Sasmoko (Elfani & Sasmoko, 2015) membuat sistem *powerbank portable solar charger* yang menggunakan sumber daya listrik dari panel surya yang berdaya 5 watt. Daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya tersebut akan di simpan di dalam

*backup* baterai. Namun sebelum masuk ke dalam *backup* baterai tersebut, karena daya listrik yang dihasilkan sel surya memiliki tegangan yang tidak stabil maka terlebih dahulu masuk ke dalam rangkaian *buck-boost converter*. Daya dari sel surya masuk ke dalam rangkaian *buck-boost converter* dan dibaca oleh sensor tegangan, ketika tegangan lebih besar dari *charger* baterai maka *buck-boost* bekerja sebagai *buck*, sedangkan ketika sensor tegangan membaca tegangan lebih kecil dari *charger* baterai maka *buck-boost* bekerja sebagai *boost*. Sistem *buck-boost* bekerja secara terus menerus seperti itu hingga tegangan dari sel surya sesuai dengan baterai. Saat sudah sesuai dengan baterai, daya dari sel surya masuk mengisi baterai.

*DC chopper* atau Konverter DC-DC yang merupakan alat yang dapat mengubah masukan searah menjadi lebih besar ataupun sebaliknya tergantung pada tipe yang digunakan. *DC chopper* memiliki 2 mode operasi kerja, yaitu mode CCM (*Continuous Conduction Mode*) dan mode DCM (*Discontinuous Conduction Mode*). Mode CCM adalah mode operasi ketika nilai arus induktor pada konverter mengalir secara terus menerus atau kontinyu, dengan kata lain tidak pernah mencapai nilai nol (*continue*). Mode DCM adalah mode ketika nilai arus induktor pada konverter mencapai nilai nol atau tidak kontinyu (*discontinue*). Pada mode CCM beban resistif didapat nilai efisiensi terbaik sebesar 72% dan pada mode DCM sebesar 71%, keduanya dalam *duty cycle* 50%. Sedangkan efisiensi pada beban induktif mode CCM terbaik bernilai 99% dan pada mode DCM bernilai 89%, keduanya pada *duty cycle* 10%. Dari hasil percobaan yang dilakukan oleh Lababan, Facta, dan Winardi (Lababan, et al., 2015) juga terlihat bahwa pada mode CCM drop tegangan akan lebih lambat terjadi jika dibanding pada mode DCM yang drop tegangan akan lebih cepat terjadi.

Penelitian Yunita Ika Agil Yani (Agil Yani, 2017) merancang DC to DC *converter* berupa *buck-boost converter* yang menggunakan generator DC magnet permanen pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebagai sumber. Pengendalian rangkaian *buck-boost converter* oleh mikrokontroler untuk menghasilkan tegangan keluaran stabil 12 volt DC. Tegangan keluaran DC yang stabil lalu dialirkan ke *inverter* untuk dikonversikan menjadi tegangan listrik 220 volt AC dengan frekuensi 50 Hz. Perancangan rangkaian *buck-boost converter* yang dapat bekerja apabila diberi tegangan *input* antara 9,6 – 27 volt. Hasil pengujian yang dilakukan Yunita Ika Agil Yani (Agil Yani, 2017) untuk keseluruhan sistem menghasilkan tegangan keluaran rata-rata 12,04 dan 12,12 volt dengan arus keluaran rata-rata sebesar 0,12 ampere.