

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

Muh. Rafiud Priatna Yusrifal
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar, Indonesia
rafiprival@gmail.com

Yusri Syam Akil
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar, Indonesia
yusakil@unhas.ac.id

Yusran
Departemen Teknik Elektro
Universitas Hasanuddin
Makassar, Indonesia
yusran@unhas.ac.id

Abstract – *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. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan penggunaan sel surya untuk mendapatkan nilai tegangan keluaran sel surya yang lebih stabil dan dapat diatur sesuai keinginan. 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 ± 0 Volt dan saat mode boost dapat dinaikkan hingga ± 30 Volt. 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.*

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

I. PENDAHULUAN

Ada banyak jenis energi yang berbeda, namun energi terbarukan menunjukkan sumber energi 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 [1]

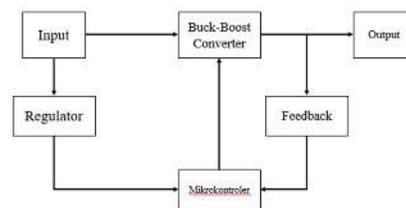
Perkembangan energi listrik tenaga surya dianggap sebagai salah satu dari banyak solusi utama untuk memenuhi permintaan energi yang meningkat di berbagai daerah. Namun, pengembangan dalam bidang tenaga surya tetap menghadapi berbagai hambatan teknis, seperti efisiensi sel surya yang

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 [2]

Untuk penggunaan panel surya sebagai sumber tegangan yang dapat diatur dan dapat disesuaikan dengan tegangan keluaran yang dibutuhkan digunakan 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 DC yang dapat menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dan dapat diatur.

II. METODE

Perancangan *buck-boost converter* ini dirancang menggunakan *software* Altium Designer. Namun sebelum melakukan perancangan di Altium Designer, rangkaian awal dari buck-boost converter ini akan di uji coba terlebih dahulu dengan mensimulasikan pada *software* PSIM.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

II.1 Penentuan Parameter Buck-Boost Converter

Pada penelitian ini digunakan panel surya yang memiliki tegangan maksimal sebesar 21,6 V. Kemudian untuk tegangan keluaran yang diinginkan sebesar pada mode *buck* sebesar 5 V dan pada mode *boost* sebesar 30. Berdasarkan parameter tersebut, maka langkah selanjutnya adalah menentukan parameter-parameter lain untuk rangkaian *buck-boost converter*.

1. Menentukan nilai *duty cycle*

Mode *buck*:

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

$$5 = \frac{D}{1-D} 21,6$$

$$5(1 - D) = 21,6D$$

$$D = 0,187$$

Mode *boost*:

$$V_{out} = \frac{D}{1-D} V_{in} \quad (2)$$

$$30 = \frac{D}{1-D} 21,6$$

$$30(1 - D) = 21,6D$$

$$D = 0,581$$

2. Menentukan nilai digital *duty cycle*

Nilai digital *duty cycle* digunakan dalam pemrograman kontrol pada Arduino, dimana nilai digital *duty cycle* ini ditentukan melalui persamaan. Pada Arduino UNO R3, digunakan pin PWM yaitu pada pin 11 dan pada ATtiny85 digunakan pin 6. Dalam mekanisme pengontrolan Arduino, pin 11 membangkitkan sinyal pulsa dengan frekuensi 10 kHz dengan *duty cycle* sebesar 0,581 atau sebesar 60%. Untuk menentukan nilai digital *timer* pada pin 11 yang membangkitkan sinyal pulsa dengan frekuensi 10 kHz, digunakan persamaan 3 [3].

$$TOP = \frac{f_{clk}}{N \times f} \quad (3)$$

Berdasarkan persamaan 3.1 diatas, dimana $f_{clk} = 16$ MHz dan $N = 8$, didapatkan nilai digital sebesar 200 dari pin 11 dengan frekuensi 10 kHz. Kemudian nilai tersebut digunakan pada mikrokontroler *Arduino* untuk menghasilkan sinyal pulsa dengan frekuensi 10 kHz. Untuk menentukan nilai digital *duty cycle* digunakan persamaan 4 [3].

$$digital\ D = D \times TOP \quad (4)$$

Berdasarkan persamaan 4 diatas, didapatkan nilai digital *duty cycle* untuk membangkitkan sinyal pulsa dari *duty cycle* sebesar 60% adalah sebesar 120.

3. Menentukan nilai resistansi

$$R = \frac{V_o}{I_o} \quad (5)$$

$$R = \frac{30\ V}{0,5\ A} = 60\ \Omega$$

4. Menentukan nilai induktansi minimum (L_{min})

Dalam menentukan nilai induktor, maka akan di cari nilai induktansi minimum dengan menerapkan persamaan 6 berikut [4].

$$L_{min} = \frac{(1-D)^2}{2f} R \quad (6)$$

$$L_{min} = \frac{(1 - 0,581)^2}{2 \times 10\ kHz} 60\ \Omega$$

$$L_{min} = 526,683\ \mu H$$

5. Menentukan nilai kapasitansi minimum (C_{min})

Untuk menentukan nilai kapasitansi minimum, digunakan persamaan 7 berikut [4].

$$C_{min} = \frac{DV_o}{V_r R f} \quad (7)$$

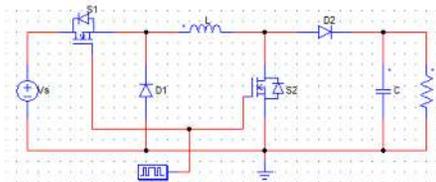
Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Muhammad Rashid [4], pada nilai $D = 0,5$, $\frac{V_r}{V_o} = 1\%$, $R = 10\ \Omega$, dan $f = 100\ kHz$, didapatkan nilai kapasitansi minimum adalah $C_{min} = 50\ \mu F$.

TABEL I
PARAMETER RANGKAIAN *BUCK-BOOST CONVERTER*

Parameter	Nilai
Tegangan <i>input</i>	0 – 21,6 V
Tegangan <i>output</i>	5 - 30 V
Frekuensi <i>switching</i>	2 MHz
Resistansi beban	5,1 kΩ
Induktor	470 μH
Kapasitor	47 μF

Parameter-parameter dari perancangan rangkaian *buck-boost converter* dengan melakukan perhitungan dari tiap komponen seperti resistor, induktor, dan kapasitor yang juga digunakan berdasarkan nilai yang tersedia di pasaran dan yang telah digunakan pada simulasi PSIM.

II.2 Rancangan Rangkaian Simulasi *Buck-Boost Converter*



Gambar 2. Desain rangkaian *Non-Inverting Buck-Boost Converter*

Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui jika rancangan pada penelitian ini dapat berfungsi seperti rangkaian *buck-boost converter* pada umumnya..

II.3 Perancangan Programming Shield ATtiny 85

Programming Shield merupakan papan untuk memprogram ATtiny85 menggunakan Arduino Uno, dimana ATtiny85 digunakan sebagai pengganti Arduino Uno untuk mengontrol *gate* MOSFET pada *buck-boost converter*.

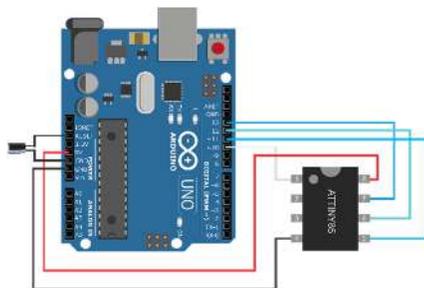
1. Konfigurasi Pin Arduino ke ATtiny85



Gambar 3. Pin ATtiny85

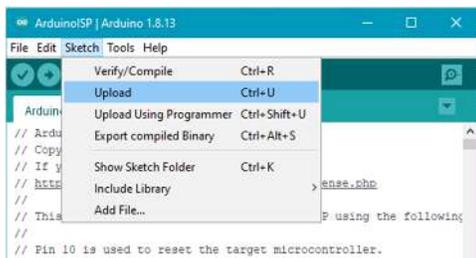
Pada ATtiny85 terdapat 5 pin yang berfungsi sebagai IO (*input* dan *output*). Pin IO (*input* dan *output*) inilah yang akan dikonfigurasi dari Arduino untuk mengubah ATtiny85 sebagai pengganti Arduino.

Sebelum memprogram ATtiny85, pin ATtiny85 akan dihubungkan ke pin Arduino UNO dengan konfigurasi pin sebagai berikut:

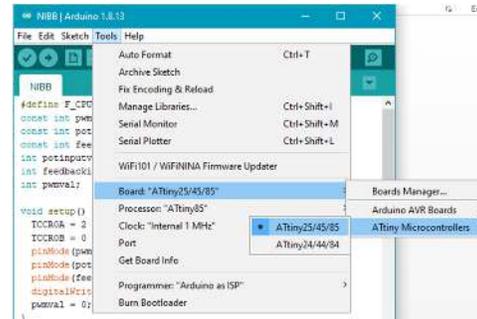


Gambar 4. Skema pin ATtiny85 yang terhubung ke pin Arduino

2. Konfigurasi Software



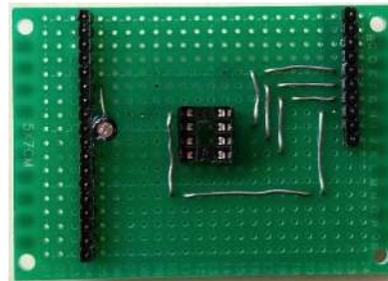
Gambar 5. Mengunggah program ArduinoISP ke Arduino



Gambar 6. Konfigurasi board menjadi ATtiny85

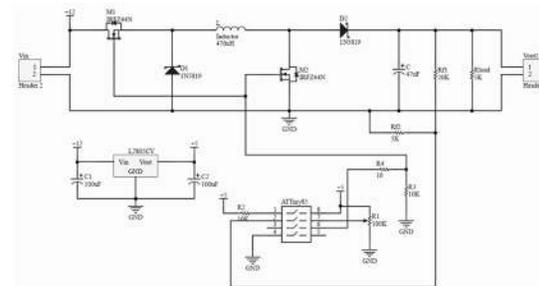
3. Membuat Programming Board ATtiny85

Programming board berguna untuk memprogram ATtiny85 dengan menggunakan Arduino UNO. Pembuatan *programming board/shield* ini berdasarkan konfigurasi pin yang telah dilakukan sebelumnya.



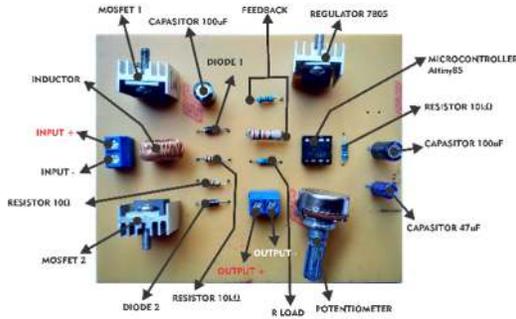
Gambar 7. Programming board ATtiny85

II.4 Rangkaian Rancangan Buck-Boost Converter



Gambar 8. Skema Rangkaian Buck-Boost Converter

Skema rangkaian akhir yang sesuai dengan blok diagram perancangan. Skema rangkaian ini dibuat menggunakan *software Altium Designer*, yang kemudian skema rangkaian ini digunakan dalam pembuatan *prototype buck-boost converter*.



Gambar 9. Prototipe Rancangan Buck-Boost Converter

TABEL 2
KOMPONEN PENYUSUN BUCK-BOOST CONVERTER

Nama Komponen	Nilai	Jumlah
MOSFET IRFZ44N	-	2 buah
IC ATtiny85	-	1 buah
Regulator 7805	21V ke 5V	1 buah
Induktor	470 µH	1 buah
Dioda Schottky 1N5819	-	2 buah
Resistor	5.1 kΩ, 10 Ω, 10 kΩ,	5 buah
Potensiometer	100 kΩ	1 buah
Voltage Sensor	20 kΩ dan 5.1 kΩ	2 buah

II.5 Modul Panel Surya

Modul panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah panel surya polycrystalline 10 Wp dengan spesifikasi seperti pada Tabel 3.3 berikut.

TABEL 3
SPESIFIKASI PANEL SURYA

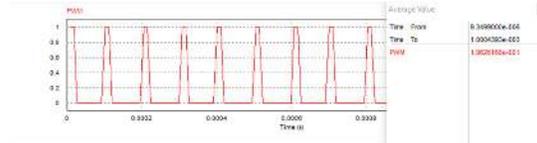
Spesifikasi	Nilai
Daya maksimum (P_{max})	10 W
Tegangan operasi optimal (V_{mp})	17,4 V
Arus operasi optimal (I_{mp})	0,57 A
Tegangan open circuit (V_{oc})	21,6 V
Arus short circuit (I_{sc})	0,63 A
Temperatur sel	25°C

III. HASIL DAN ANALISA

III.1 Pengujian Simulasi Rangkaian Buck-Boost Converter

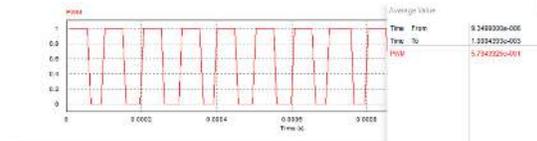
Simulasi dilakukan untuk menguji coba rangkaian awal *buck-boost converter* berguna untuk mengetahui rancangan rangkaian dengan menggunakan komponen yang telah ditentukan dapat berfungsi seperti *buck-boost converter* pada umumnya.

Duty Cycle = 0.187

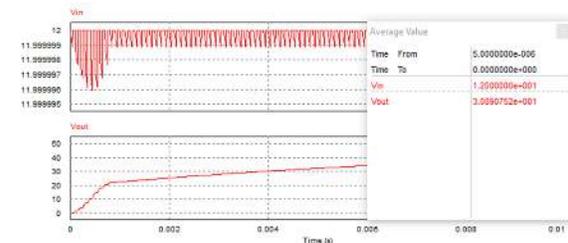


Gambar 10. Keluaran Sinyal PWM Mode Buck

Duty cycle = 0.581

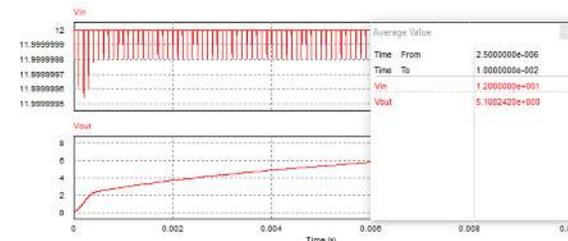


Gambar 11. Keluaran Sinyal PWM Mode Boost



Gambar 12. Hasil simulasi mode penaik tegangan (*boost*) dengan tegangan input 12 Volt

Hasil simulasi dari rangkaian awal *buck-boost converter* pada saat mode menaikkan tegangan (*boost*) dengan tegangan masukan sebesar 12 Volt dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar ±30 Volt.

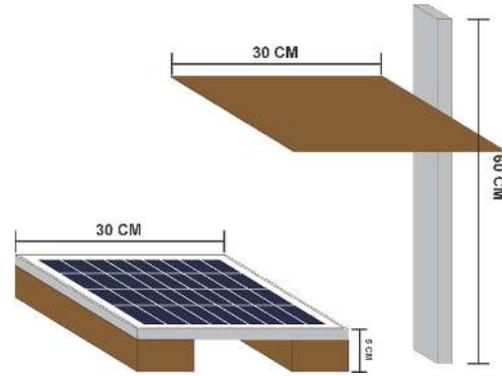


Gambar 13. Hasil simulasi mode penurun tegangan (*buck*) dengan tegangan input 12 Volt

Hasil simulasi dari rangkaian awal *buck-boost converter* pada saat mode menurunkan tegangan (*buck*) dengan tegangan masukan sebesar 12 Volt dapat menghasilkan tegangan keluaran sebesar ± 5 Volt.

III.2 Pengujian Rangkaian Buck-Boost Converter

Pengujian dilakukan pada saat pagi hingga sore dengan menggunakan multimeter digital, pengukuran ini dilakukan selama 3 hari, pada hari Senin, Selasa, dan Kamis dengan menggunakan tegangan masukan dari panel surya. Data yang diambil merupakan data saat mode *buck* dan data saat mode *boost*.



Gambar 14. Ilustrasi Panel Surya dengan Penghalang

TABEL 4
HASIL PENGUKURAN RANCANGAN BUCK-BOOST CONVERTER (MODE BUCK)

Waktu (WITA)	Tegangan Input (Volt)	Tegangan Output Buck-Boost Converter (Volt)
10.00	21,7	5
11.00	20,8	5
12.00	20,3	5
13.00	21,1	5
14.00	20,3	5
15.00	20,4	5
16.00	20,2	5

TABEL 5
HASIL PERBANDINGAN ANTARA BUCK-BOOST CONVERTER RANCANGAN DAN BUCK-BOOST CONVERTER XX

Tegangan Input (Volt)	Ketinggian Penghalang (cm)	Jumlah Sel Surya yang tertutup	Tegangan Output XX (Volt)	Tegangan Output NIBB (Volt)
20,3	50	9 baris Sel	5	5
	30	9 baris Sel	5	5
	10	9 baris Sel	5	5
	0	1 baris Sel	5	5
	0	1 ^{1/2} baris Sel	3,3	5
	0	2 baris Sel	1,4	3,7
	0	0		

TABEL 4
HASIL PENGUKURAN RANCANGAN BUCK-BOOST CONVERTER (MODE BOOST)

Waktu (WITA)	Tegangan Input (Volt)	Tegangan Output Buck-Boost Converter (Volt)
10.00	21,1	25
11.00	20,1	25
12.00	17,2	25
13.00	20,6	25
14.00	19,7	25
15.00	20,1	25
16.00	19,4	25

III.3 Pengujian Perbandingan Rancangan Buck-Boost Converter dan Buck-Boost Converter XX

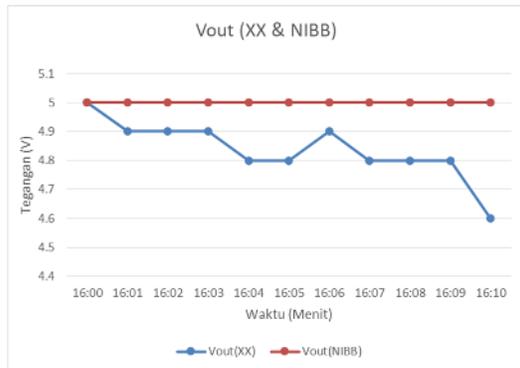
Pada penelitian ini dilakukan perbandingan tegangan keluaran dari rancangan *buck-boost converter* dan *buck-boost converter XX* pasaran, dimana dilakukan pengukuran secara bersamaan dengan *setpoint* tegangan keluaran sebesar 5V dan diberikan penghalang seperti yang terlihat pada Gambar 4.12 dibawah, untuk melihat tegangan keluaran dari masing-masing alat.

III.4 Pengujian Rancangan Buck-Boost Converter dan Buck-Boost Converter XX dengan Durasi

Pada pengukuran ini, dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran dari rancangan *buck-boost converter* dan *buck-boost converter xx* dengan *setpoint* tegangan keluaran sebesar 5V. Pengukuran ini dilakukan dengan durasi selama 10 menit untuk mengamati perubahan tegangan keluaran pada tiap menit.

TABEL 6
HASIL PERBANDINGAN ANTARA RANCANGAN *BUCK-BOOST CONVERTER* DAN *BUCK-BOOST CONVERTER XX*
DURASI 10 MENIT

Waktu (Menit)	Vout XX (Volt)	Vout NIBB (Volt)
16:00	5	5
16:01	4,9	5
16:02	4,9	5
16:03	4,9	5
16:04	4,8	5
16:05	4,8	5
16:06	4,9	5
16:07	4,8	5
16:08	4,8	5
16:09	4,8	5
16:10	4,6	5



Gambar 15. Grafik perbandingan tegangan keluaran antara *Buck-Boost Converter XX* dan Rancangan *Buck-Boost Converter* pada Pukul 16.00

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan komponen rangkaian - *buck-boost converter* didapatkan nilai resistor sebesar 5,1 k Ω , induktor sebesar 470 μ H, dan kapasitor sebesar 47 μ F yang tersedia di pasaran. Berdasarkan nilai komponen tersebut didapatkan hasil simulasi rangkaian *buck-boost converter* dengan tegangan keluaran pada mode *boost* yang bervariasi masing-masing ± 16 Volt, ± 30 Volt, ± 60 Volt, ± 80 Volt, dengan tegangan masukan masing-masing ± 5 Volt, ± 12 Volt, ± 19 Volt, ± 24 Volt. Berdasarkan hasil rancangan tersebut, prototipe *buck-boost converter* dapat mengubah tegangan masukan yang bervariasi, mulai dari 2,5 Volt hingga 30 Volt dan menghasilkan tegangan keluaran positif lebih kecil atau lebih besar dari tegangan masukannya.

Dapat menaikkan tegangan hingga ± 30 Volt dan menurunkan tegangan hingga 0 Volt.

2. Berdasarkan hasil pengujian prototipe *buck-boost converter* yang terhubung panel surya dapat bekerja secara baik dalam menstabilkan tegangan panel surya dengan *error* pengukuran dibawah 5% dari tegangan referensinya.

REFERENSI

- [1] M. A. Robert, Solar Energy Renewable Energy and the Environment, Boca Raton: CRC Press, 2010.
- [2] E. Kabir, P. Kumar and S. Kumar, "Renewable and Sustainable Energy," *Elsevier*, vol. 82, no. 1, pp. 894-900, 2018.
- [3] A. Kurniawan, "Perancangan mesin-otomatis dan instrument," 26 Februari 2018. [Online]. Available: <https://www.semesta.com/project/2018/02/26/pengaturan-frekuensi-pwm-pada-arduino-fungsi-analogwritepin-value-tetap-seperti-biasa/>. [Accessed 25 November 2021].
- [4] M. H. Rashid, POWER ELECTRONICS HANDBOOK, Florida: ACADEMIC PRESS, 2001.