

Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535

FITRA PADILLAH¹, SYAHRIAL¹, SITI SAODAH²

1. Teknik Elektro Institut Teknologi Nasional
 2. Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung
- Email : fitrapadillah@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pada kehidupan yang semakin modern ini peralatan elektronik semakin berkembang dan banyak digunakan dalam banyak sektor. Baik dalam industri, perkantoran, rumah tangga dan transportasi. Untuk semua aplikasi peralatan elektronika tersebut dibutuhkan sebuah alat penghasil daya tegangan searah (dc), konverter dc-dc adalah suatu alat penyedia tegangan dc yang diregulasi tegangan keluarannya sesuai dengan kebutuhan. Penelitian ini akan membuat sebuah konverter tegangan dc tipe switching topologi boost yang dapat menaikkan tegangan keluarannya, konverter ini merupakan non-isolated dc-dc converter. Tegangan keluaran konverter dikendalikan dengan mengatur besarnya duty cycle sinyal pulse width modulation (PWM) yang dihasilkan mikrokontroler menggunakan mode Phase Correct PWM, hasil tegangan keluaran konverter ini akan dirancang sebesar 48 volt. Pengujiannya nanti akan menggunakan beban resistansi variabel (rheostat), dengan mengukur tegangan dan arus pada sisi masukan dan keluaran. Setelah melakukan pengujian tersebut maka dapat dihitung efisiensi konverter boost ini terhadap perubahan beban dan duty cycle.

Kata kunci: Konverter Boost, Mikrokontroler ATMEGA 8535, PWM, Optocoupler

ABSTRACT

In modern life, electronic equipment grow rapidly and are widely used in many sectors, such as in industries, offices, households and transportations. For all applications, the electronic equipment need devices of direct voltage power (dc). Dc-dc converter is a tool to provide regulated dc output voltage. This study made the switching type dc voltage converter topology which could increase the boost output voltage. This converter was non-isolated dc-dc converter. The converter output voltage was controlled by the magnitude adjusting of the signal duty cycle of pulse width modulation (PWM), that generated by using the microcontroller of phase correct PWM mode. The results of the converter output voltage was designed for 48 volts. The test used the variable resistance load (rheostat), by measuring of the voltage and current at both the input and output sides. The test performance was used to determine the efficiency of the boost converter, to change in the load and duty cycle.

Keywords: Boost Converter, ATMEGA 8535 Microcontroller, PWM, Optocoupler

1. PENDAHULUAN

Konverter DC-DC adalah suatu alat yang penyedia daya tegangan searah (dc) yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan dc keluaran yang lebih rendah atau tinggi. Pada perkembangannya penerapan *dc-dc converter* telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan sumber energi yang berukuran kecil, dimana tegangan keluarannya dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan. Hingga saat ini berbagai konfigurasi *dc-dc converter* telah banyak dikembangkan diantaranya adalah jenis *dc-dc converter* yang tidak mempunyai isolasi elektrik (Hidayat, 2010).

Konverter dc-dc dapat dibagi menjadi 2 tipe utama yaitu *hard-switching pulse width modulation* (PWM) converter dan *resonant and soft-switching converter*. *PWM converter* sangat populer untuk tiga puluh tahun terakhir. Konverter ini sangat luas digunakan pada semua level daya. Topologi dan sifat dari *PWM converter* sangat baik dimengerti dan dijelaskan pada literature. Keuntungan dari *PWM converter* termasuk perhitungan komponen yang kecil, efisiensi tinggi, pengoperasian pada frekuensi konstan, relatif mudah dikendalikan, kemampuan untuk mencapai rasio konversi yang besar untuk aplikasi *step-down* dan *step-up*. Konverter dc-dc disebut juga *dc chopper*. Ada empat dasar topologi konverter dc-dc yaitu *buck*, *boost*, *buck-boost* dan *cuk converter* (Rashid, 2011).

Pada umumnya switching converter memuat kendali sisi daya masukan dan sisi daya keluaran. Dasarnya daya masukan diproses secara tertentu oleh kendali masukan, menghasilkan daya keluaran yang terkondisikan. Pada dc-dc converter, tegangan masukan dc dikonversi menjadi tegangan keluaran dc yang mempunyai nilai lebih kecil atau lebih besar, mungkin dengan polaritas yang berlawanan atau dengan isolasi dari acuan ground masukan dan keluaran (Erickson, 1999).

Dc chopper adalah konverter tegangan dc-dc, mengubah tegangan masukan dc yang tetap menjadi tegangan keluaran dc yang dapat diatur tanpa penyimpanan energi induktif atau kapasitif menengah. Ada lima tipe dari *dc chopper* yang mana ada empat tipe yang bagian dari kelimanya yaitu *first quadrant*, *second quadrant*, *two quadrant*, *two quadrant*, *four quadrant* (Williams, 1992).

Pada rangkaian *boost converter* terdapat komponen induktor, fungsi induktor tersebut adalah untuk menyimpan energi listrik, energi listrik ini nantinya akan disalurkan ke beban. Tegangan pada beban adalah hasil dari tegangan masukan ditambah dengan energi yang tersimpan pada induktor, sehingga tegangan keluaran *boost converter* menjadi lebih besar dari pada tegangan masukannya (Umarella, 2012).

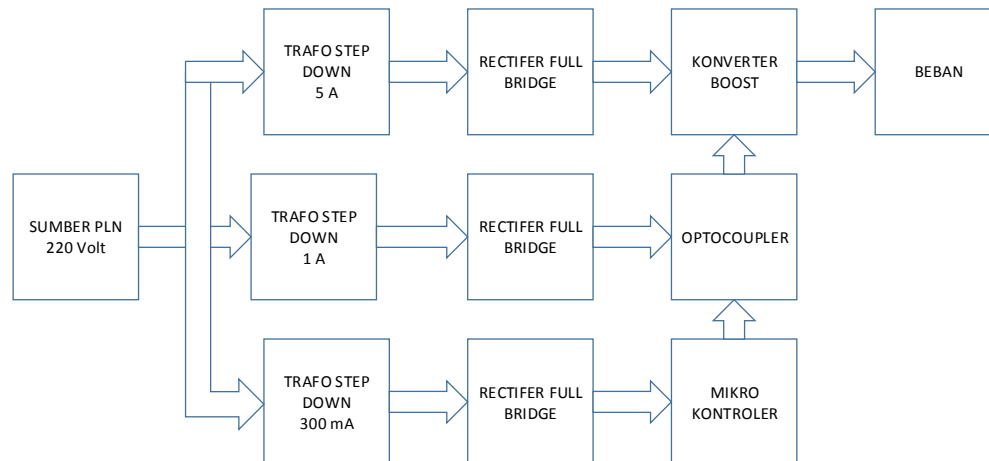
Tegangan keluaran konverter boost selalu lebih besar dari tegangan input untuk operasi *steady state*, konverter boost terdiri dari induktor, power MOSFET, diode, filter kapasitor dan beban resistor. MOSFET berpindah on dan off pada frekuensi switching $f_s = 1/T$ dengan rasio kerja $D = t_{on}/T$ dimana T_{on} adalah interval waktu ketika MOSFET on. Boost converter dapat beroperasi pada salah satu mode yaitu *continuous* atau *discontinuous mode*, tergantung sinyal dari arus induktor. *Boost converter* mode DCM tidak dapat beroperasi pada $RL = \infty$ karena filter kapasitor tidak ada celah untuk discharge (Kazimierczuk, 2008).

Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membuat rangkaian *dc-dc boost converter* dengan tegangan yang dapat dinaikkan menjadi 48 volt, tegangan keluaran dapat diatur melalui representasi mikrokontroler sebagai pengendali pensaklaran, serta menganalisa efisiensi konverter boost yang telah dibuat.

2. PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM KONVERTER BOOST

2.1 Deskripsi Sistem

Gambar 1 merupakan blok diagram sistem secara keseluruhan mulai dari sumber tegangan sampai beban.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem Konverter Boost

Penjelasan diagram blok diagram sistem adalah sebagai berikut:

1. Sumber PLN merupakan sumber tegangan utama untuk seluruh sistem.
2. Trafo step down berfungsi sebagai penurun tegangan dari tegangan sumber PLN 220 volt diturunkan menjadi 24 volt dan 12 volt.
3. Rectifier full bridge sebagai penyearah tegangan AC sumber menjadi tegangan DC.
4. DC Chopper merupakan konverter dc-dc yang akan menaikkan tegangan masukan 24 volt menjadi 48 volt, rangkaian dc chopper ini dikontrol oleh mikrokontroler ATMEGA 8535 menggunakan metoda PWM yang terlebih dahulu melewati rangkaian penyulut saklar daya yang juga berfungsi sebagai rangkaian proteksi antara rangkaian daya dan rangkaian kontrol.
5. Beban merupakan pembebanan untuk rangkaian konverter boost.

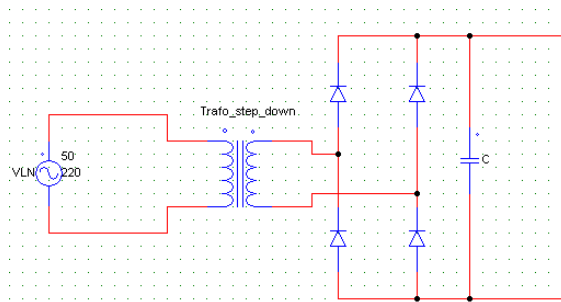
2.2 Perancangan Power Supply

Perancangan power supply dibuat menjadi 3 rangkaian untuk rangkaian pembangkit sinyal, rangkaian penyulut saklar daya dan rangkaian konverter boost.

2.2.1 Rangkaian Power Supply untuk Rangkaian Konverter Boost

Untuk rangkaian power supply untuk rangkaian daya ini diambil dari sumber PLN kemudian diturunkan tegangannya oleh trafo step down 5 A menjadi 24 Volt kemudian disearahkan menjadi tegangan DC oleh rectifier full bridge. Rangkaian rectifier full bridge terdiri dari dioda 5A, kapasitor 2200 uF/ 35V, resistor 2.2 K Ω , Led indicator, dan IC regulator 7824.

Gambar 2 adalah rangkaian power supply untuk rangkaian utama konverter boost, dengan tegangan keluaran sebesar 24 volt.



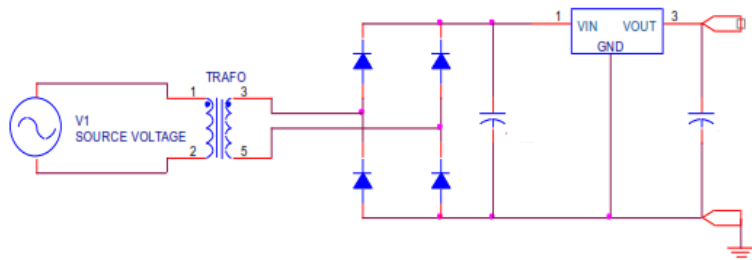
Gambar 2 Rangkaian Power Supply untuk Rangkaian Konverter Boost

$$V_{dc} = \frac{2 V_m}{\pi} = \frac{2 \sqrt{2} \cdot 24}{3.14} = 21,61 \text{ Volt}$$

2.2.2 Rangkaian Power Supply untuk Rangkaian Pembangkit Sinyal

Untuk sumber catu daya rangkaian kontrol mikrokontroler, sumber tegangan dari tegangan PLN 220 Volt, kemudian diturunkan menggunakan trafo stepdown 300 mA menjadi 12 Volt. Baru kemudian masuk ke rangkaian rectifier full bridge untuk disearahkan, rangkaian rectifier full bridge nya sendiri terdiri dari dioda 1 A, kapasitor 220 uF / 50 V, resistor 330 Ω, Led indikator, dan IC regulator 7812.

Gambar 3 merupakan rangkaian power supply untuk rangkaian pembangkit sinyal mikrokontroler dengan tegangan keluaran sebesar 12 volt, dengan arus 300mA.

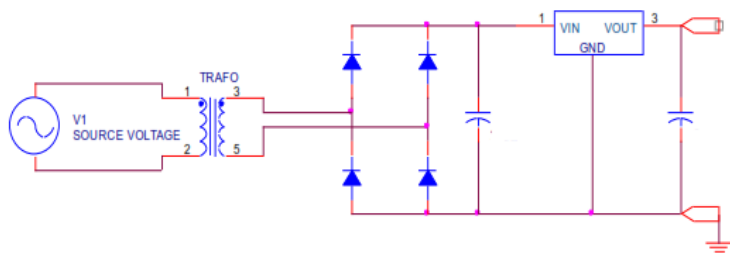


Gambar 3 Rangkaian Power Supply untuk Rangkaian Pembangkit Sinyal

2.2.3 Rangkaian Power Supply untuk Rangkaian Penyulut Saklar Daya

Untuk sumber catu daya rangkaian kontrol mikrokontroler, sumber tegangan dari tegangan PLN 220 Volt, kemudian diturunkan menggunakan trafo stepdown 1 A menjadi 12 Volt. Baru kemudian masuk ke rangkaian rectifier full bridge untuk disearahkan, rangkaian rectifier full bridge nya sendiri terdiri dari dioda 1 A, kapasitor 220 uF / 50 V, resistor 1,2 KΩ, Led indikator, dan IC regulator 7812.

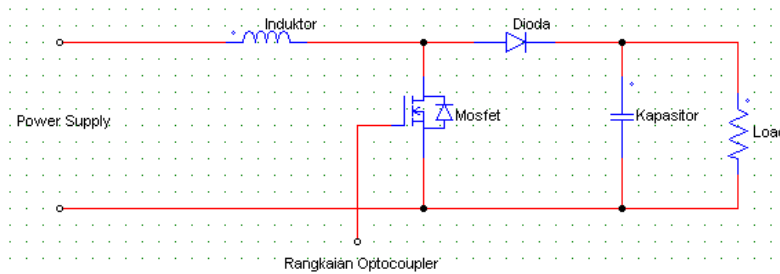
Gambar 4 merupakan rangkaian power supply untuk rangkaian penyulut saklar daya, dengan tegangan keluaran sebesar 12 volt, dengan arus 1A.



Gambar 4 Rangkaian Power Supply untuk Penyulut Saklar Daya

2.3 Perancangan Konverter Boost

Perancangan rangkaian konverter boost akan menghitung besar komponen yang dipakai dan menentukan parameter yang dibutuhkan dalam perancangan konverter *boost*. Gambar 5 merupakan perancangan konverter boost dengan komponen utama MOSFET, dioda, induktor, dan kapasitor.



Gambar 5 Perancangan Konverter Boost

Untuk merancang DC chopper Boost ada beberapa parameter yang harus kita tentukan, parameternya adalah:

Tabel 1 adalah parameter yang harus ditentukan dalam perancangan konverter boost agar dapat menentukan besaran komponen yang digunakan.

Tabel 1 Parameter Perancangan Konverter Boost

No	Parameter	Nilai
1	Tegangan Input (V_{in})	21,6 Volt
2	Tegangan Output (V_o)	48 Volt
3	Arus Output (I_o)	3 A
4	Frekuensi Switching (F_s)	3 Khz
5	Ripple Tegangan	2 %
6	ΔI	30%

$$V_o = \frac{V_{in}}{1-k}$$

$$k = 1 - \frac{V_{in}}{V_o} = 1 - \frac{21,6}{48} = 0,55$$

Menentukan nilai induktor

$$I_L = \frac{I_o}{1-k} = \frac{3}{1-0,55} = 6,6 \text{ A}$$

$$\Delta I = 30 \% \times 6.6 = 1,99 \text{ A}$$

$$\Delta I = \frac{V_s (V_o - V_s)}{f L V_o}$$

$$L = \frac{V_s (V_o - V_s)}{f \Delta I V_o} = \frac{21,6 (48 - 21,6)}{3000 \cdot 1,99 \cdot 48} = 1,989 \text{ mH} \approx 2 \text{ mH}$$

Menentukan nilai kapasitor

Ripple tegangan : 2 %

$$\Delta V_c = 2 \% \times 48 = 0,96$$

$$\Delta V_c = \frac{I_o (V_o - V_{in})}{V_o f C}$$

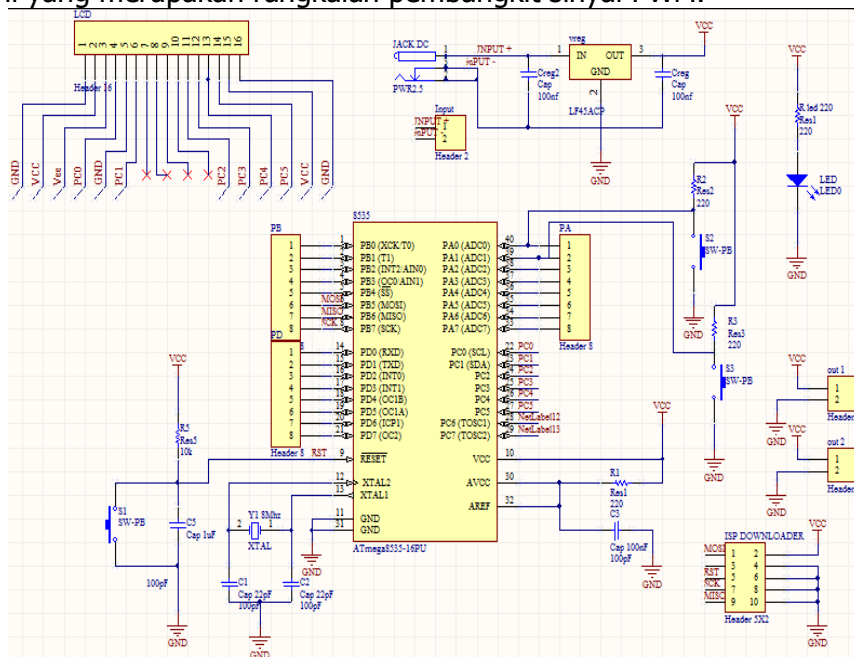
$$C = \frac{I_o (V_o - V_{in})}{V_o f \Delta V_c} = \frac{3 (48 - 21,6)}{48 \cdot 3000 \cdot 0,96} = 5,729 \cdot 10^{-4} \text{ Farad} \approx 572,9 \mu\text{F}$$

2.4 Perancangan Rangkaian Pembangkit Sinyal Mikrokontroler ATMEGA 8535

Perancangan rangkaian pembangkit PWM untuk kontrol konverter ini diperlukan sistem minimum (sismin) mikrokontroler yang merupakan rangkaian yang diperlukan untuk berfungsinya mikrokontroler dengan baik. Adapun penjelasan dari sismin tersebut yaitu.

- PB inc (*push button inc*) untuk menambahkan nilai PWM.
- PB Dec (*push button Dec*) untuk menurunkan nilai PWM
- Output sinyal PWM akan keluar dari port D5 (PD5)

Gambar 6 merujuk rangkaian dari sismin ATmega 8535 yang dikonfigurasi dengan LCD, rangkaian ini yang merupakan rangkaian pembangkit sinyal PWM.



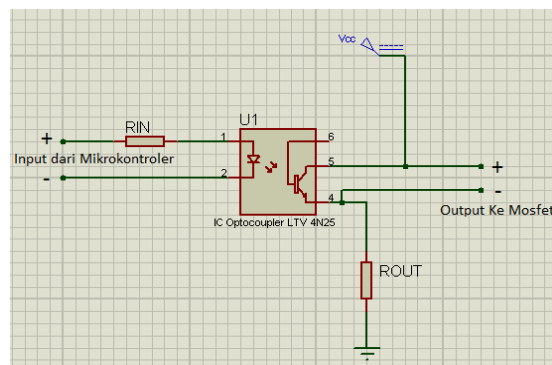
Gambar 6 Rangkaian Sistem Pembangkit Sinyal PWM

2.5 Perancangan Rangkaian Penyulut Saklar Daya

Rangkaian penyulut saklar daya merupakan sebuah rangkaian yang berfungsi sebagai penyulut MOSFET pada konverter boost dan juga memisahkan rangkaian daya dengan rangkaian kontrol. Rangkaian optocoupler merupakan salah satu jenis komponen yang menggunakan sinar sebagai pemicu on/off nya, jadi optocoupler termasuk kedalam sensor. Dibawah ini adalah rangkaian konfigurasi optocoupler, dalam perancangannya nanti optocoupler yang akan dibuat dengan menggunakan IC optocoupler contohnya IC 4N25 :

Gambar 7 adalah perancangan rangkaian penyulut saklar daya dengan menggunakan komponen utama berupa IC optocoupler, yang berfungsi juga sebagai rangkaian proteksi antara rangkaian daya dan rangkaian kontrol.

Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost
Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535



Gambar 7 Rangkaian Penyulut Saklar Daya

Tabel 2 adalah spesifikasi dari IC 4N25 yang diambil dari data sheet komponen tersebut dengan parameter yang dianggap penting untuk perancangan rangkaian

Tabel 2 Spesifikasi IC Optocoupler 4N25

Data	Nilai
Forward Voltage (VF)	1,5 Volt
Forward Current (IF)	16 mA
VCE saturasi	0,5 Volt
Collector Current (IC)	2 mA

Menghitung Rin dan Rout pada rangkaian optocoupler :

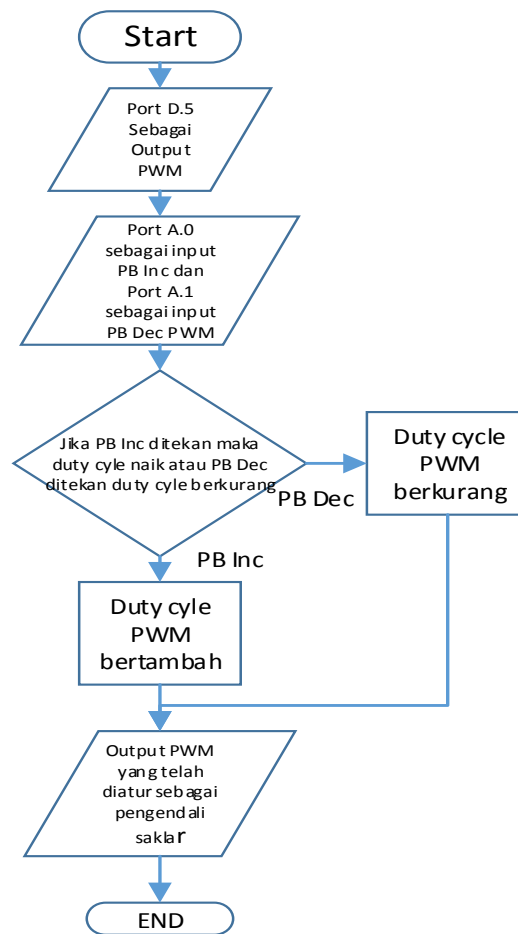
$$R_{in} = \frac{V_{out(pwm)} - \text{Forward Voltage (VF)}}{\text{Forward Current (IF)}} = \frac{5 - 1,5}{16 \cdot 10^{-3}} = 218,75 \Omega$$

$$R_{out} = \frac{V_{cc}}{I_c} = \frac{12}{2 \cdot 10^{-3}} = 6 \text{ K}\Omega$$

2.6 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak ini bertujuan untuk pembuatan sinyal PWM secara digital yang dihasilkan oleh mikrokontroler pada port D, sinyal PWM pada mikrokontroler ini menggunakan fasilitas timer-counter, timer-counter pada ATmega 8535 berfungsi sebagai pencacah sumber pulsa/clock baik dari dalam chip (timer) maupun dari luar chip (counter) dengan kapasitas 8-bit atau 256 cacahan. Mode *Timer-Counter* yang digunakan untuk pembangkitan sinyal PWM menggunakan *Phase Correct*. Mode *Phase Correct* PWM merupakan operasi pencacahan dengan dual slope, Dalam tugas akhir ini pembuatan listing program PWM pada mikrokontroler menggunakan BASCOM (*Basic Compiler*).

Gambar 8 adalah gambar flowchart perangkat lunak atau pengaturan sinyal PWM, yang menggambarkan proses pembangkitan dan pengaturan sinyal PWM.



Gambar 8 Flowchart Perangkat Lunak

2.7 Pembangkitan Sinyal PWM dengan Mikrokontroler ATMEGA 8535

Adapun frekuensi dari PWM dapat dihitung menggunakan rumus:

$$f = \frac{\text{clock cpu}}{\text{prescale} \cdot 510}$$

$$f = \frac{12000000}{8 \cdot 510} = 2941 \text{ Hz}$$

3. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISIS

3.1 Pengujian Power Supply

Tabel 3 adalah hasil pengujian *power supply* dengan melakukan pengukuran tegangan keluaran dengan AVO meter.

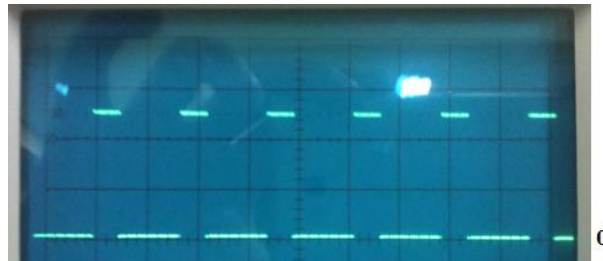
Tabel 3 Data Hasil Pengujian Power Supply

Power Supply	Tegangan Keluaran (Volt)
Rangkaian Pembangkit Sinyal PWM	11,96
Rangkaian Penyalaan Saklar Daya	12,05
Rangkaian <i>DC-DC Booster</i>	27,35

3.2 Pengujian Rangkaian Pembangkit Sinyal

Pada pengujian rangkaian pembangkit sinyal PWM ini, dengan cara menghitung besarnya tegangan sinyal PWM dan mengukur waktu Ton dan Toff agar dapat dihitung besarnya duty cycle secara manual dengan persamaan (2-21) pada bab II.

Gambar 9 merupakan hasil sinyal PWM keluaran mikrokontroler dengan duty cycle sebesar 30%. dan tegangan sebesar 5 volt



Gambar 9 Sinyal PWM Duty Cycle 30%

Volt/div : 2 volt

Time/div : 0,2 ms

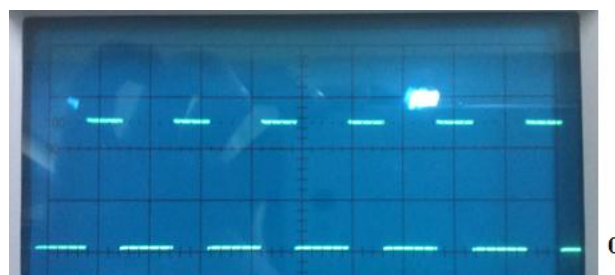
Probe : 1x

Tegangan PWM = (Div terukur) x (volt/div) x (Probe) = 2,5 x 2 x 1 = 5 Volt

Ton = (Div terukur) x (time/div) = 0,5 x 0,2.10⁻³ = 1 . 10⁻⁴

Duty cycle (D) = $\frac{1 \cdot 10^{-4}}{3,4 \cdot 10^{-4}} \times 100\% = 29,4\%$

Gambar 10 merupakan hasil sinyal PWM keluaran mikrokontroler dengan duty cycle sebesar 40%. dan tegangan sebesar 5 volt



Gambar 10 Sinyal PWM Duty Cycle 40%

Volt/div : 2 volt

Time/div : 0,2 ms

Probe : 1x

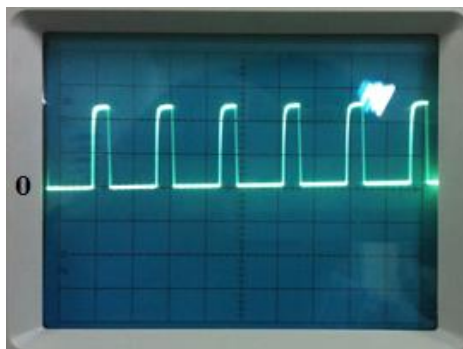
Tegangan PWM = (Div terukur) x (volt/div) x (Probe) = 2,5 x 2 x 1 = 5 Volt

Ton = (Div terukur) x (time/div) = 0,7 x 0,2.10⁻³ = 1,4 . 10⁻⁴

Duty cycle (D) = $\frac{1,4 \cdot 10^{-4}}{3,4 \cdot 10^{-4}} \times 100\% = 41,17\%$

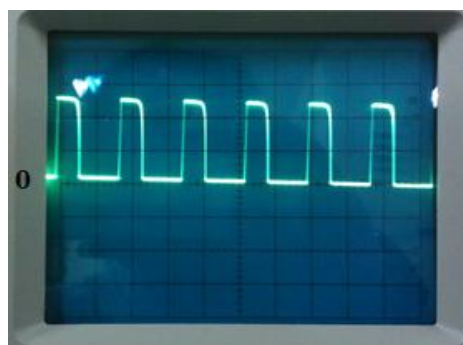
3.3 Pengujian Rangkaian Penyulut Saklar Daya

Gambar 11 merupakan hasil sinyal PWM keluaran rangkaian penyulut saklar daya dengan duty cycle sebesar 30%. dan tegangan sebesar 12 volt



Gambar 11 Sinyal PWM Penyulut Saklar Daya Duty Cycle 30%
 Volt/div : 5 Volt; Time/div : 0,2 ms; Probe : 1x

Gambar 12 merupakan hasil sinyal PWM keluaran rangkaian penyulut saklar daya dengan duty cycle sebesar 30% dan tegangan sebesar 12 volt.



Gambar 12 Sinyal PWM Penyulut Saklar Daya Duty Cycle 40%
 Volt/div : 5 Volt; Time/div : 0,2 ms; Probe : 1x

3.4 Pengujian Konverter Boost

Pengujian konverter boost akan dilakukan dengan 2 cara yaitu tanpa beban dan dengan beban berupa resistansi variabel (*rheostat*).

Tabel 4 adalah hasil pengujian konverter boost pada tegangan keluaran dan tegangan masukan, pengujian dilakukan tanpa menggunakan beban.

Tabel 4 Data Pengukuran Tanpa Beban

Duty Cycle (%)	Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)	Tegangan Keluaran hasil perhitungan (V)
15	23,11	39	27,18
20	23,10	48	28,87
25	23,10	50,4	30,8
30	23,08	52,8	32,97
35	23,03	58	35,43

Tabel 5 adalah hasil pengujian Konverter dengan mengukur tegangan dan arus konverter, pengujian dilakukan dengan beban tetap dan duty cycle yang berubah-ubah

Tabel 5 Data Pengukuran Beban Resistansi 100Ω

Duty cycle (%)	Arus masukan (A)	Tegangan masukan (V)	Arus keluaran (A)	Tegangan keluaran (V)	Tegangan Keluaran [perhitungan](V)
15	0,21	23,03	0,22	25,05	27,09
20	0,33	23,03	0,26	26,6	28,78
25	0,43	23,03	0,28	28,43	30,7
30	0,57	23,03	0,3	30,45	32,88
35	0,64	23,02	0,31	31,21	35,41

Tabel 6 adalah hasil pengujian Konverter dengan mengukur tegangan dan arus pada konverter, pengujian dilakukan dengan beban tetap dan duty cyle yang berubah-ubah.

Tabel 6 Data Pengukuran Beban Resistansi 70Ω

Duty cycle (%)	Arus masukan (A)	Tegangan masukan (V)	Arus keluaran (A)	Tegangan keluaran (V)	Tegangan Keluaran [perhitungan](V)
15	0,33	23,04	0,31	23,33	27,1
20	0,43	23,04	0,36	25,01	28,8
25	0,54	23,03	0,38	26,42	30,7
30	0,69	23,02	0,4	28,1	32,88
35	0,98	22,99	0,44	30,3	35,36

Tabel 7 adalah hasil pengujian Konverter dengan mengukur tegangan dan arus pada konverter, pengujian dilakukan dengan beban tetap dan duty cyle yang berubah-ubah

Tabel 7 Data Pengukuran Beban Resistansi 50Ω

Duty cycle (%)	Arus masukan (A)	Tegangan masukan (V)	Arus keluaran (A)	Tegangan keluaran (V)	Tegangan Keluaran [perhitungan](V)
15	0,5	23,03	0,46	23,28	27,09
20	0,66	23,02	0,5	24,83	28,77
25	0,85	23	0,53	26,34	30,66
30	1,17	22,97	0,57	28,23	32,81
35	1,95	22,68	0,6	29,57	34,89

3.5 Efisiensi Konverter Boost

Setelah menguji dan mengukur tegangan dan arus pada saat konverter boost diberi beban, maka dapat dihitung efisiensinya dengan menghitung daya masukan dan keluaran. Untuk menghitung efisiensi konverter boost ini sendiri dapat menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\%$$

Tabel 8 adalah hasil perhitungan efisiensi konverter boost dengan parameter dari hasil pengujian konverter beban 100Ω, perhitungan efisiensi dilakukan dengan duty cyle berubah-ubah.

Tabel 8 Efisiensi Konverter Boost Beban Resistansi 100 Ω

Duty Cycle (%)	η (%)
15	96,68
20	91
25	80,38
30	69,58
35	28,93

Tabel 9 adalah hasil perhitungan efisiensi konverter boost dengan parameter dari hasil pengujian konverter beban 70 Ω , perhitungan efisiensi dilakukan dengan duty cycle berubah-ubah.

Tabel 9 Efisiensi Konverter Boost Beban Resistansi 70 Ω

Duty Cycle (%)	η (%)
15	95,12
20	90,87
25	80,72
30	70,76
35	59,17

Tabel 10 adalah hasil perhitungan efisiensi konverter boost dengan parameter dari hasil pengujian konverter beban 50 Ω , perhitungan efisiensi dilakukan dengan duty cycle berubah-ubah.

Tabel 10 Efisiensi Konverter Boost Beban Resistansi 50 Ω

Duty Cycle (%)	η (%)
15	92,99
20	81,71
25	71,4
30	59,87
35	40,11

Hasil yang didapat dari perhitungan efisiensi diatas adalah besarnya beban dan duty cycle mempengaruhi efisiensi dari konverter, pada saat duty cycle 15% efisiensi tertinggi sebesar 96,68% pada beban resistansi 100 Ω , dan efisiensi terendah terjadi pada beban resistansi 20 Ω yaitu sebesar 62,09%. Semakin naik duty cycle semakin turun efisiensi begitu juga dengan kenaikan beban. Faktor beban yang bertambah besar akan menurunkan efisiensi disebabkan karena semakin besar pula arus yang mengalir, karena resistansi beban yang berkurang, arus yang besar akan membuat tegangan turun. Bertambahnya duty cycle juga mempengaruhi efisiensi konverter ini diberhubungan dengan waktu Ton (rangkaiian ekivalen mode 1) dan Toff (rangkaiian ekivalen mode 2). Karena semakin besar duty cycle semakin

sedikit waktu T_{off} pada MOSFET, waktu T_{off} MOSFET berhubungan dengan rangkaian ekuivalen konverter mode 2 seperti yang dijelaskan pada bab II dan memiliki persamaan :

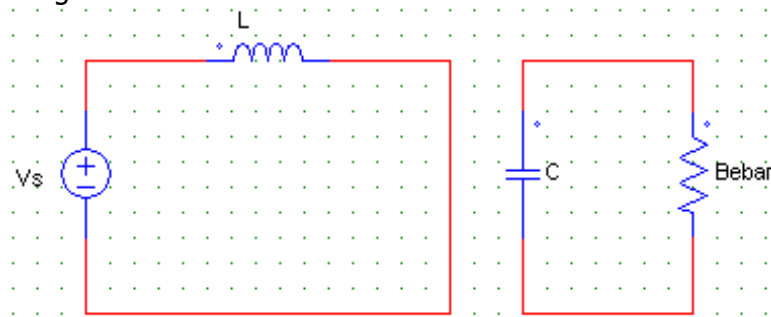
$$V_s - V_a = -L \frac{\Delta I}{t_2}$$

Persamaan diatas dapat diubah menjadi :

$$V_a = V_s + L \frac{\Delta I}{t_2}$$

Disini dapat dilihat bahwa tegangan keluaran konverter adalah penjumlahan tegangan masukan dengan tegangan pada induktor yang dipengaruhi oleh waktu t_2 , jika waktu T_{off} (t_2) berkurang maka induktor yang fungsinya sebagai komponen penyimpan energi tidak dapat bekerja secara maksimal mentransfer energinya pada beban sehingga pada duty cycle tertentu tegangan tidak dapat naik lagi malah turun. Penurunan tegangan ini disebabkan karena waktu T_{on} yang semakin bertambah, pada saat waktu T_{on} (MOSFET dalam keadaan on) rangkaian bekerja dalam rangkaian ekuivalen mode 1 seperti dibawah.

Gambar 13 adalah rangkaian konverter boost pada saat MOSFET dalam keadaan on (*short circuit*), arus mengalir melewati induktor dan MOSFET.



Gambar 13 Rangkaian Mode 1 Konverter Boost

Pada saat mode 1 ini sumber tegangan yang akan mensuplai beban berasal dari kapasitor, jika waktu T_{on} bertambah semakin lama juga kapasitor menjadi sumber tegangan dan semakin lama juga waktu *discharge* kapasitor. Sementara waktu *charging* kapasitor sedikit, ditambah lagi bila beban yang bertambah besar yang akan meminta energi lebih banyak, ini akan menyebabkan ripple tegangan pada kapasitor yang semakin besar, hal inilah yang membuat penurunan tegangan pada duty cycle tertentu. Jadi dalam hal ini besarnya nilai komponen penyimpan energi sangat penting terutama pada induktor, untuk ripple tegangan penulis akan mencoba menghitung ripple tegangan pada duty cycle 40% di beberapa beban resistansi untuk melihat semakin bertambahnya ripple tegangan. Untuk menghitung besarnya ripple tegangan dapat dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{\Delta V_c}{V_o} \times 100\%$$

Pada bab III besarnya ripple tegangan konverter sudah ditentukan dengan nominal 2% dan ΔV_c sudah dihitung sebesar 0,96 maka persentase ripple tegangan pada saat berbeban dapat dihitung.

- Beban 100 Ω

$$\text{Ripple tegangan} = \frac{0,96}{34,45} \times 100\% = 2,78\%$$

- Beban 70 Ω

$$\text{Ripple tegangan} = \frac{0,96}{31,53} \times 100\% = 3,04\%$$

- Beban 50 Ω

$$\text{Ripple tegangan} = \frac{0,96}{24,21} \times 100\% = 3,9\%$$

Dari hasil perhitungan ripple tegangan yang terjadi pada duty cycle 40% di semua besaran resistansi beban lebih dari ripple tegangan nominal yang ditentukan sebesar 2%.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian tugas akhir ini mulai dari perancangan, realisasi alat dan pengujian adalah:

1. Tegangan keluaran yang diinginkan sebesar 48 volt pada saat konverter boost tidak berbeban terjadi pada saat duty cycle 20%.
2. Dari pengujian pada saat berbeban tegangan keluaran terbesar terjadi pada duty cycle 35% beban resistansi 100Ω sebesar 31,21 Volt.
3. Pengaturan duty cycle dari rangkaian pembangkit sinyal mikrokontroler mempengaruhi besarnya tegangan keluaran konverter boost, ini dapat dilihat dari semua tabel hasil pengujian.
4. Efisiensi konverter boost tertinggi terjadi pada duty cycle 20% pada beban 100Ω yaitu sebesar 96,68% sedangkan terendah terjadi pada beban 30Ω duty cycle 35%.
5. Bertambahnya duty cycle dan beban sangat mempengaruhi kerja dan efisiensi konverter, ini dapat dilihat dari tabel hasil pengujian, semakin besar beban dan duty cycle maka efisiensi konverter boost semakin turun.
6. Pada Duty cycle 35% arus beban bertambah besar menyebabkan menurunnya tegangan.

DAFTAR RUJUKAN

- B.W. Williams. 1992. *Power Electronics (Device, Driver, Applications and Passive Component)*. Department of Electrical and Electronic Engineering Heriot-Watt University, Edinburgh. Chapter.13.
- Fahmi Umarella. 2012. *Analisa Induktor Toroid Binokuler Pada Rangkaian Boost Converter*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia Depok. Hal.1.
- Marian K Kazimierczuk. 2008. *Pulse-width Modulated DC-DC Power Converters*. Wright State University Dayton Ohio USA. Hal.85.
- Muhammad H Rashid. 2011. *Power Electronics Circuit Device and Applications 3rd Edition*. Purdue University at Fort Wayne Indiana. Hal 249 dan 250.
- Robert W Erickson. 1999. *Fundamentals of Power Electronics*. University of Colorado. Hal. 1.
- Suryo Mochamad Hidayat. 2010. *Rancang Bangun Buck-boost Converter*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Indonesia Depok. Hal.1.