

# BOOST-UP CHOPPER 24 V/320 V DENGAN KENDALI PROPORSIONAL-INTEGRAL (PI) BERBASIS MIKROKONTROLLER

Suroso<sup>\*)</sup>, Winasis, Daru Tri Nugroho and Dolly Arthur Siregar

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: [suroso.te.unsoed@gmail.com](mailto:suroso.te.unsoed@gmail.com)

## Abstrak

Makalah ini menyajikan pengujian prototip boost-up chopper 24 V/320V DC dengan kendali Proporsional Integral (PI) berbasis mikrokontroller. Mikrokontroller diaplikasikan untuk menghasilkan sinyal kontrol yang mengatur duty cycle untuk menswitch saklar Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) pada rangkaian chopper. Metode kontrol PI ini juga bekerja untuk memperoleh tegangan output dari boost-up chopper yang lebih stabil. Berdasarkan hasil pengujian secara simulasi komputer dan uji prototip di laboratorium menunjukkan bahwa kontroller dan prototip chopper mampu bekerja seperti yang direncanakan dan mampu menghasilkan nilai tegangan output yang baik dengan margin of error 2,18% dibandingkan dengan target tegangan output 320 V<sub>DC</sub>.

*Kata kunci: boost-up chopper, mikrokontroller, pengendali PI*

## Abstract

This paper presents experimental test results of the prototype boost-up chopper 24 V/320 V with Proportional Integral (PI) controller based on microcontroller. The microcontroller is applied to generate control signals controlling the duty cycle of the IGBT power switch of the chopper circuits. The PI controller also works to obtain a stable output voltage of the boost-up chopper. From the computer simulation and prototype test results show that the controller and the boost-up chopper prototype works well generating a stable output voltage with margin error 2.18% compare to the output voltage set point 320 V<sub>DC</sub>.

*Keywords- Boost-Up Chopper, Mikrokontroller, PI controller.*

## 1. Pendahuluan

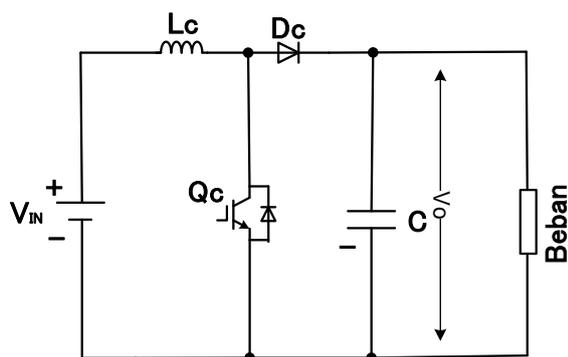
Dengan adanya perkembangan teknologi divais mikro-elektronika, aneka ragam mikrokontroler telah beredar luas di pasaran saat ini. Mulai dari harganya, batas kemampuan dan letak atau jenis memorinya, maupun fasilitas-fasilitas lainnya yang telah disediakan oleh pabrik pembuatnya. Peranan kendali atau kontrol otomatis pun telah semakin banyak memberikan keuntungan di segala bidang. Baik dari segi efektifitas, efisiensi, dan akurasi, maupun dari segi kehandalan, ketepatan, dan kecepatan proses produksi dapat semakin meningkat [1].

Boost-Up chopper merupakan sebuah konverter daya DC-DC yang dapat menghasilkan tegangan DC dengan luaran yang nilainya lebih besar dibandingkan dengan tegangan DC inputnya [2],[3],[4]. Rangkaian dari boost-up chopper seperti ditunjukkan dalam gambar 1. Salah satu penggunaan dari boost-up chopper ini adalah pada teknologi pembangkit tenaga matahari (surya) [3], [5]. Kecilnya nilai tegangan yang dihasilkan oleh satu panel

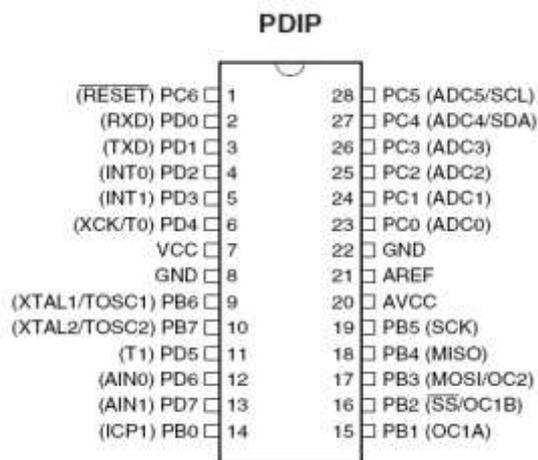
surya menyebabkan dibutuhkan alat yang bisa menaikkan tegangan DC tersebut menjadi tegangan lebih tinggi sesuai yang diperlukan beban. Salah satu cara yang dipakai adalah menggunakan rangkaian konverter daya boost-up chopper. Perangkat konverter ini bisa memanfaatkan teknologi semikonduktor IGBT atau MOSFET sebagai saklar aktif yang mampu beroperasi pada operasi pensaklaran yang tinggi jika dibandingkan dengan divais Thyristor.

Penelitian ini membahas unjuk kerja prototip boost-up chopper 24 V ke 320 V DC dengan metode kontrol Proporsional Integral (PI) yang digunakan untuk pengendalian tegangan output DC yang dihasilkan sehingga memiliki kestabilan yang lebih baik. Sebuah mikrokontroler atmega digunakan sebagai komponen utama untuk mengontrol operasi chopper tersebut. Beberapa manfaat menggunakan mikrokontroler ini adalah karena fiturnya yang reprogrammable, membuat lebih fleksibel untuk melakukan tindakan kontrol dengan modifikasi yang sedikit berbeda dalam program mikrokontroler.

Dengan mikrokontroler Atmega ini akan dibuat rangkaian pengendali PI untuk boot-up chopper untuk mendapatkan tegangan DC yang lebih tinggi dari tegangan masukannya. Pengendali PI merupakan salah satu pengatur yang banyak digunakan pada kontrol proses industry [6]. Mikrokontroler akan bekerja membangkitkan sinyal PWM sebagai fungsi untuk mendapatkan tegangan yang memiliki kondisi terbuka penuh (*OFF*) atau tertutup penuh (*ON*). Kondisi *ON* dan *OFF* pada sinyal PWM digunakan sebagai sinyal kendali saklar elektronis semikonduktor IGBT atau MOSFET yang berpengaruh pada nilai tegangan dan juga arus yang mengalir melalui beban yang dihubungkan pada rangkaian *Boost-Up Chopper*.



Gambar 1. Rangkaian *Boost-up Chopper* [2], [3]

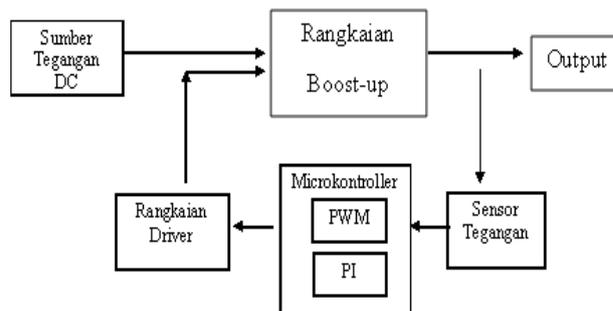


Gambar 2. Konfigurasi pin Atmega8 [7]

## 2. Metode

### 2.1. Desain Prototipe Boost-up Chopper

Gambar 3 menunjukkan blok diagram rancangan boost-up chopper 24 V - 320 V berbasis mikrokontroler dengan kontrol PI-PWM.



Gambar 3. Blok diagram Boost-up chopper

### 2.2. Rangkaian *Boost-up Chopper*

Dalam penelitian ini boost-up chopper didesain untuk menghasilkan tegangan output searah 320 V DC dari input tegangan searah 24 V DC dengan parameter rangkaian boost-up chopper disajikan sebagai berikut :

Input voltage ( $V_{in}$ )	= 24 Volt DC
Output voltage	= 320 Volt DC
Ripple voltage	= 1%
Switching frequency	= 28 kHz
Output current	= 3 Ampere

Dengan parameter di atas, maka nilai komponen boost-up chopper kemudian diset sebagai berikut :

Duty Cycle (D)	= 92.50%
Inductor (L)	= 9.904 mH
Capacitor (C)	= 33.48 $\mu$ F
$C_{snubber}$	= 2.5 nF
$R_{snubber}$	< 6607.14 Ohm
Load (R)	= 106,6 Ohm

Rangkaian snubber RC digunakan untuk mengurangi spike tegangan transien yang tinggi dalam proses pensaklaran akibat adanya komponen-komponen parasitic inductor, L dan kapasitor, C dalam rangkaian.

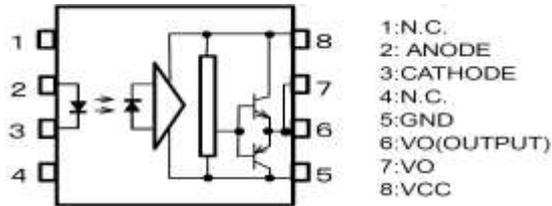
### 2.3. PWM Generator

Pembangkit sinyal PWM menggunakan mikrokontroler Atmega8 pada register counter dengan mengatur nilai duty cycle pada program. ATmega8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit dengan 8K byte Sistem Programmable Flash. Sinyal PWM dibangkitkan sebagai fungsi *ON* dan *OFF* digunakan sebagai sinyal kontrol saklar pada perangkat IGBT yang mengatur tegangan dan arus ke beban. Pada penelitian ini nilai duty cycle diset dengan besaran 237 dari jumlah bit yang digunakan sebesar 256.

### 2.4. Rangkaian Penyulutan

Optocoupler merupakan rangkaian penyulutan yang terisolasi dengan rangkaian kontrol. Sedangkan totempole digunakan untuk meningkatkan gain arus pada proses pensaklaran. Peran rangkaian penyulutan ini sangat

penting untuk menerima sinyal PWM dari mikrokontroler dan menyalurkannya ke IGBT agar dapat bekerja. Pada penelitian ini rangkaian rangkaiannya kemudian menggunakan IC TLP 250 seperti ditunjukkan dalam gambar 4 yang didalamnya telah terdapat rangkaian optocoupler dan totempole.



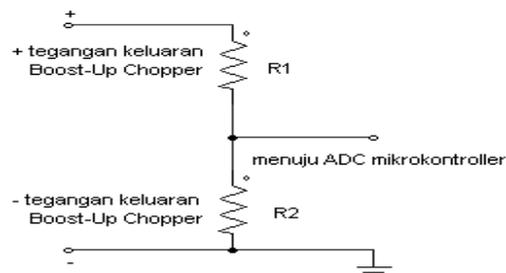
Gambar 4. Konfigurasi TLP250 [8]

### 2.5. PI Controller

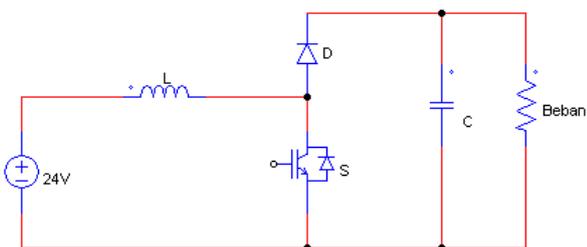
Parameter nilai kendali PI sangat penting dalam perancangan boost-up chopper. Dengan kendali PI maka nilai tegangan keluaran chopper akan dapat dikontrol karena ada nilai umpan balik dari respon tegangan keluaran yang diterima oleh sensor tegangan. Parameter nilai PI (penguat proporsional dan penguat Integral) pada penelitian ini dilakukan dengan metode “trial and correct” (mencoba dan dikoreksi).

### 2.6. Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan pada rangkaian boost-up chopper berfungsi untuk memberikan feed-back tegangan pada mikrokontroler sebagai respon untuk fungsi kendali PI. Karena pada mikrokontroler range tegangan yang dapat dibaca 0-5 VDC maka digunakan pembagi tegangan seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Skema sensor tegangan

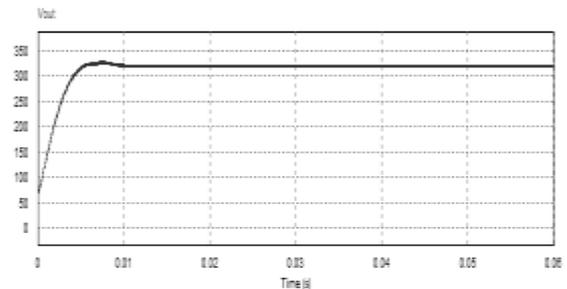


Gambar 6. Rangkaian simulasi boost-up chopper

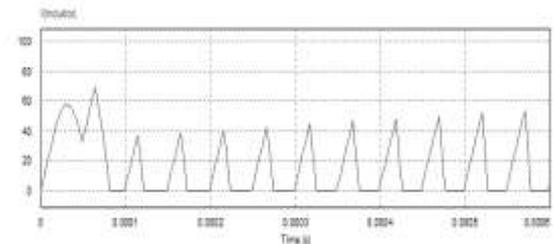
## 3. Hasil dan Analisa

### 3.1. Hasil Simulasi Komputer

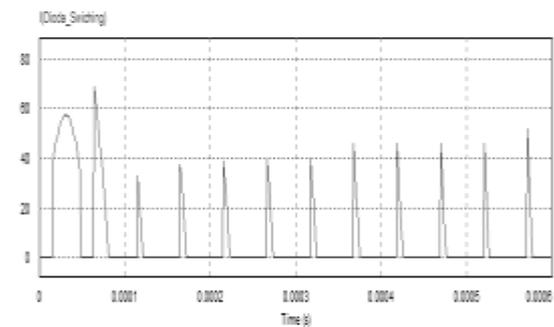
Boost-up chopper dengan nilai parameter-parameter yang telah ditentukan di atas disimulasikan menggunakan software PSIM. Gambar 6 akan menunjukkan rangkaian simulasi boost-up chopper dengan nilai tegangan masukan 24 VDC. Kendali PI berbasis mikrokontroler digunakan untuk mendapatkan tegangan keluaran 320 VDC. Hasil simulasi komputer diperlihatkan pada gambar 7 (a)-(e) berikut.



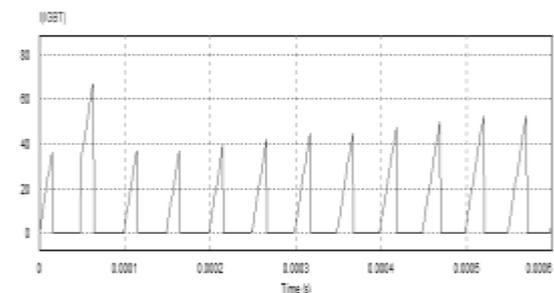
(a) Tegangan keluaran chopper



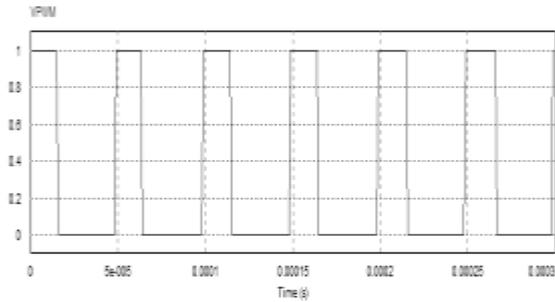
(b) Arus pada induktor



(c) Arus pada diode



(d) Arus pada saklar IGBT

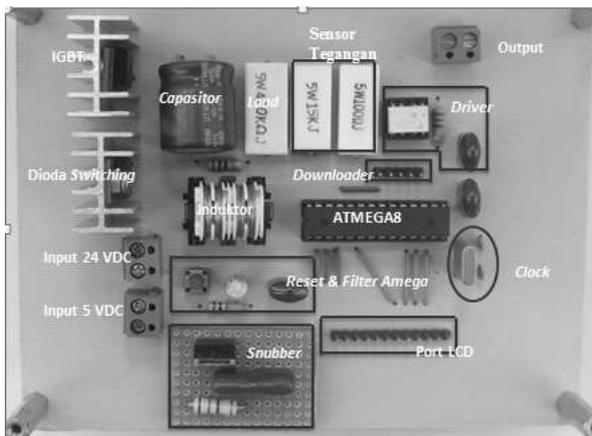


(e) Sinyal penyulutan IGBT

Gambar 7. Hasil simulasi komputer rangkaian Boost-up chopper

Hasil simulasi komputer rangkaian *boost-up chopper* dengan tegangan masukan 24 VDC telah menghasilkan tegangan DC keluaran yang lebih tinggi. Untuk tegangan keluaran ( $V_{out}$ ) yang direncanakan sebesar 320 VDC pada simulasi dengan mengacu pada *average value simulation* pada gambar 7(a) menghasilkan nilai 311 VDC sehingga ada *error* 2.58%. Dari gelombang tegangan keluaran pada gambar 7(a) dapat disimpulkan bahwa rangkaian boost-up chopper dan kendali PI mampu bekerja dengan baik. Gambar 7(b), (c), dan (d) menunjukkan arus yang mengalir pada inductor, diode dan saklar IGBT dari rangkaian Boost-Up chopper. Sedangkan gambar 7(e) menunjukkan sinyal penyulutan untuk IGBT dari rangkaian boost-Up chopper.

### 3.1. Hasil Pengujian Eksperimen

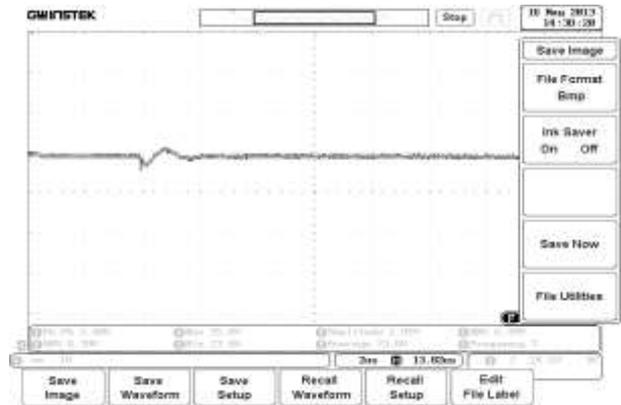


Gambar 8. Prototip boost-up chopper

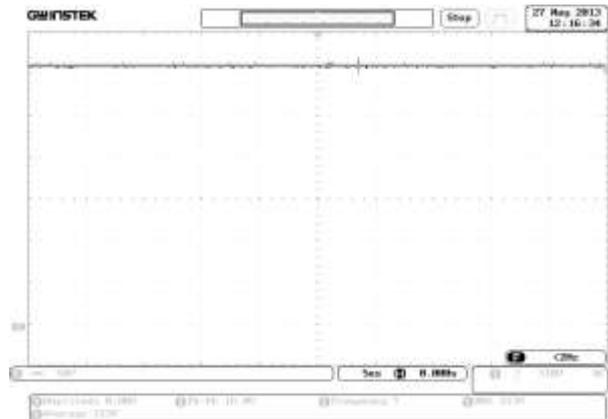
Mengacu pada parameter yang telah ditetapkan, prototip rangkaian boost-up chopper diimplementasikan dan diuji di laboratorium. Gambar 8 memperlihatkan prototipe boost-up chopper yang dibuat. Uji prototip dilakukan untuk mengevaluasi hasil kerja perangkat boost-up chopper untuk dapat menghasilkan tegangan output

sebesar 320 V sebagaimana didesain. Hasil pengujian prototip disajikan pada gambar 9 sebagai berikut. Gambar 9(a) merupakan tegangan masukan DC dari rangkaian Boost-Up chopper yang dalam hal ini adalah 24 V. Gambar 9(b) merupakan tegangan keluaran hasil pengukuran dari Boost-Up chopper, dan Gambar 9(c) menunjukkan pengukuran nilai tegangan keluaran dari Boost-Up Chopper.

Pengujian dengan menggunakan osiloskop menunjukkan gelombang DC yang dihasilkan memiliki nilai average sebesar 313 Volt dengan tegangan maksimum 322 Volt ini dikarenakan adanya riak yang terdapat pada gelombang DC hasil keluaran boost-up chopper. Jika mengacu pada perencanaan dimana nilai tegangan keluaran yang diharapkan adalah sebesar 320 Volt DC sedangkan hasil perancangan real prototip boost-up chopper dengan kendali PI berbasis mikrokontroler ini hanya mampu sebesar 313 Volt DC dengan persentasi kesalahan sebesar 2.18%. Perbedaan nilai ini dikarenakan adanya pengaruh nilai toleransi dan adanya losses pada komponen yang digunakan.



(a) Tegangan masukan boost-up chopper



(b) Tegangan keluaran boost-up chopper

Measurement Summary			
Pk-Pk	16.80	Frequency	?
Max	3220	Period	?
Min	3860	RiseTime	?
Amplitude	0.880	FallTime	?
High	3140	+Width	?
Low	3140	-Width	?
Average	3130	Dutycycle	?
RMS	3130		
ROVShoot	?		
FOVShoot	?		
RPREShoot	?		
FPREShoot	?		

(c) Nilai-nilai pengukuran pengujian

Gambar 9. Hasil-hasil pengujian prototip

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan perancangan dan pengujian yang sudah dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa rancangan prototip boost-up chopper sudah bekerja dengan baik, mampu menaikkan tegangan dari inputan 24V DC ke tegangan 320 V DC dengan margin eror sebesar 2.18%. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil simulasi komputer yang telah dilakukan menggunakan software PSIM. Mikrokontroller dengan kontrol PI juga telah mampu bekerja mengatur tegangan keluaran rangkaian chopper sesuai dengan inputan nilai settingnya.

#### Referensi

- [1]. Darjat, M. Syahadi, Iwan Setiawan. *Aplikasi Kontrol Proporsional Integral Berbasis Mikrokontroller ATMEGA 8535 Untuk Pengaturan Suhu Pada Alat Pengering Kertas*. Proc. Sminar Ilmiah Komputer dan Sistem Intelijen. 2008: 313-319.
- [2]. M. Rashid. *Power Electronics Handbook*. Academic Press: 246-247.
- [3]. Suroso. *H-Bridge Inverter with Boost-Up Chopper for Photovoltaic Power Conditioner*. *Dinamika Rekayasa* Vol. 7. No. 2, 2011: 43-46
- [4]. Inaba C.Y, Konishi Y., Nakamura M., dan Nakaoka M. *High Frequency PWM Boost Choper Fed DC-DC Converters with Coupled Inductors*. Proc. IEEE Power Electronics Congress CIE2002. 2002: 134-138.
- [5]. Surojo. Dkk. *Desain Dan Simulasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) Sel Surya Menggunakan Fuzzy Logic Control Untuk Kontrol Boost Konverter*. Proc. of 7th Basic science National Seminar. 2010: 63-69.
- [6]. K. Ogata. *Modern Control Engineering*. Prentice Hall. 2002: 682-691.
- [7]. Ikhsan, H. Kurniawan. *Implementasi Sistem Kendali Cahaya dan Sirkulasi Udara Ruang dengan Memanfaatkan PC dan Mikrokontroller Atmega8*. *Jurnal TEKNOIF*. Vol 3. 2015. 12-19.
- [8]. A. A. Mamun, M. F. Elahi, M. Quamruzzaman, M. U. Tomal. *Design and Implementation of Single Phase Inverter*. *International Journal of Science and Research (IJSR)*. Vol. 2. 2013. 163-167.