

Suplai Dc Terpisah Untuk *Multilevel Inverter* Satu Fase Tiga Tingkat Menggunakan *Buck Converter*

Agung Warsito
Mochammad Facta
Donny. A.W.

Abstract: DC chopper or DC to DC converter is a power electronics circuit which convert DC voltage to desired variable DC voltage

This paper presents the making of DCChopper in Buck converter type which is used as separated DC power supply for one phase multilevel inverter in three level. This Buck converter produce variable voltage which can be adjusted by duty cycle control in order to meet one phase multilevel inverter need. Duty cycle is obtained by using pulse width modulation technique with constant frequency range 2 kHz. This separated DC power supply is made from three Buck converter which is consist of three MOSFET as switching components. Triggering signal for MOSFET is produced and controlled by microcontroller AT89S51. This system is made in open loop with one phase multilevel inverter as the load.

As a result, this DC chopper is able to supply multilevel inverter with duty cycle varitation for the first and third stage Buck converter is 20% - 65%, and 50% - 95% for the second stage Buck converter.

Key words: buck converter, duty cycle, multi-level inverter, PWM, mikrokontroler

Di masa sekarang ini beragam barang atau peralatan elektronik yang kita jumpai merupakan peralatan-peralatan elektronik yang hampir semua bagian-bagiannya dijalankan oleh sumber tenaga satu arah (DC). Penyediaan sumber tenaga DC tersebut dapat dalam bentuk baterai ataupun sumber daya (*power supply*) yang mana keluaran DC nya tidak hanya harus tersaring (filter) dengan bersih tetapi juga teregulasi dengan baik.^[6]

Salah satu contoh peralatan elektronik yang menggunakan sumber DC yaitu multi level inverter satu fasa. Multilevel inverter satu fasa ini banyak digunakan didunia industri, teknologi satelit maupun didunia transportasi. Agar peralatan multilevel inverter dapat difungsikan, maka dibutuhkan sumber DC yang dapat digunakan untuk menyuplai multilevel inverter tersebut. Adapun cara yang digunakan didalam menyuplai peralatan multilevel inverter tidak dapat dilakukan secara sembarangan dan tidak dapat disamakan dengan cara menyuplai inverter

A. Warsito, M. Facta, (agungw.facta@elektro.ft.undip.ac.id), adalah dosen di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang Semarang 50275

Dony A. W. Adalah mahasiswa di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (Undip) Semarang Jl. Prof. Sudharto, S.H. Tembalang Semarang 50275

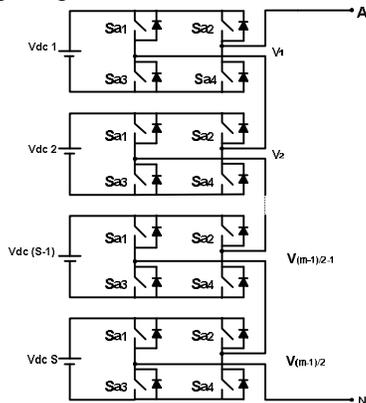
biasa. Hal ini disebabkan karena peralatan multilevel inverter memiliki konfigurasi rangkaian yang lebih kompleks dibandingkan dengan inverter biasa walaupun secara prinsip kerja sama. Alasan inilah yang dijadikan dasar untuk membuat sumber DC yang dapat digunakan untuk menyuplai peralatan multilevel inverter yaitu dengan sumber DC terpisah.

Ada beragam cara untuk mendapat sumber DC terpisah, misalnya saja dengan aki, baterai atau juga dengan menggunakan *DC Chopper*. Namun dari beragam cara tersebut juga memiliki kelebihan dan kekurangannya. Hal ini tentu juga menjadi pertimbangan dalam usaha pembuatan sumber DC terpisah untuk multilevel inverter dan karena itulah dicoba digunakan *DC Chopper* sebagai rangkaian utama dari sumber DC terpisah untuk menyuplai peralatan multilevel inverter. Adapun pembuatan sumber DC terpisah ini masih bersifat eksperimen, pemilihan tipe *Buck Converter* sebagai *DC Chopper*nya juga bersifat *trial and error*.

Multilevel Inverter

Peralatan inverter dikategorikan sebagai peralatan multilevel inverter jika peralatan inverter tersebut minimum memiliki tiga level gelombang tegangan keluaran pada peralatan tersebut.^[17]

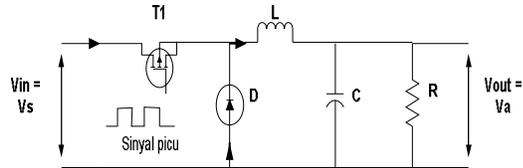
Peralatan multilevel inverter disusun kaskade dengan menggunakan sumber DC terpisah, sehingga mampu menghasilkan tiga level gelombang tegangan keluaran AC. Hal ini berarti jumlah inverter yang disusun kaskade ada tiga buah dimana *output*nya disusun seri. Konfigurasi Multilevel Inverter 1 Fasa ini dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut.



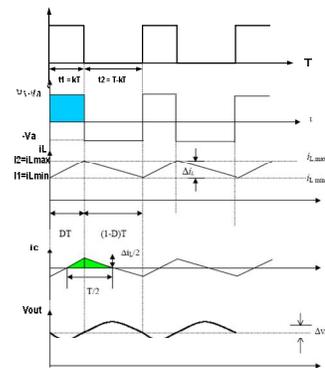
Gambar 2.1 Multilevel inverter 1 fasa untuk m tingkat

Buck Converter

Buck converter atau biasa disebut dengan *step down converter*, memiliki prinsip kerja yang unik. Keunikan ini dikarenakan *buck converter* memiliki kemampuan untuk mengkonversi tegangan DC ke tegangan DC dengan pengaturan yang ditentukan sehingga dapat berfungsi sebagai penurun tegangan DC sesuai dengan magnitudo yang dikehendaki.



Gambar 2.2 Rangkaian buck converter



Gambar 2.3 Gelombang keluaran buck converter

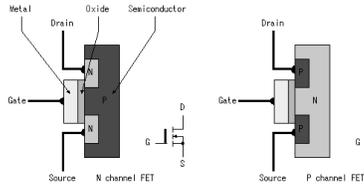
Tegangan keluaran rata-rata dari *buck converter* adalah

$$V_a = D \cdot V_s$$

Dengan V_a = Tegangan keluaran buck chopper (V), V_s = Tegangan masukan buck chopper (V), D = *Duty cycle*

MOSFET

MOSFET merupakan singkatan dari *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* yang merepresentasikan bahan-bahan penyusunnya yang terdiri dari logam, oksida dan semikonduktor. Terdapat 2 jenis MOSFET yaitu tipe NPN atau *N channel* dan PNP atau biasa disebut *P channel*. MOSFET dibuat dengan meletakkan lapisan oksida pada semikonduktor dari tipe NPN maupun PNP dan lapisan logam diletakkan di atasnya. Gambar 2.4 memperlihatkan konfigurasi dasar dari MOSFET yang terdiri dari 3 buah kaki yaitu *gate, drain, source*.



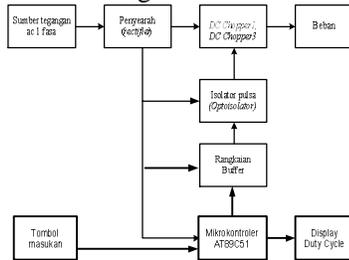
Gambar 2.4 Konfigurasi dan lambang MOSFET

Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroler ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut: 4 kbytes flash memory, in system programming (ISP), 32 I/O yang dapat diprogram, 128 x 8 bit RAM internal, 2 buah timer/counter 16 bit, 6 sumber interupsi, watchdog timer dan dual DPTR. Mikrokontroler berfungsi untuk mengatur keseluruhan proses pemecuan DC Chopper.

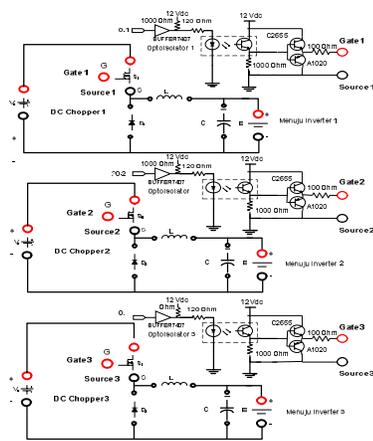
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Gambaran umum tentang rancangan alat dapat dilihat pada blok diagram berikut ini



Gambar 3.1 Blok diagram

Suplai DC terpisah yang dirancang terdiri dari 3 buah buck converter seperti pada gambar berikut ini.

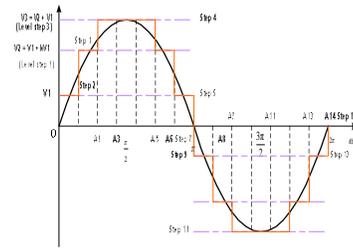


Gambar 3.2 Rangkaian suplai multilevel inverter satu fasa tiga tingkat

Perancangan perbandingan tegangan DC Chopper

Sebelum melakukan perancangan program, terlebih dahulu dilakukan perhitungan untuk menentukan perbandingan tegangan antar masing-masing DC Chopper. Berikut tahapan perancangannya

1. Mensketsa bentuk gambar gelombang tegangan yang akan menjadi keluaran multilevel inverter seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 3.4 Sketsa gelombang step tiga tingkat

2. Penentuan perbandingan tegangan keluaran tiap-tiap DC Chopper. Tahap ini dilakukan dengan membagi axisnya menjadi beberapa bagian yang sama kemudian magnitudo tiap level merupakan harga rata-rata gelombang sinus selama periode tiap step adalah

$$V_n = \frac{1}{T} \int_0^T \sin \omega t d(\omega t)$$

Dengan V_n = tegangan level step ke-n, T = periode tiap step

Setelah didapatkan besaran tiap-tiap level step, kemudian dicari konstanta hubungan antara ketiga sumber dc yang digunakan dilakukan dengan cara dibandingkan terhadap besaran level step dasar. Konstanta inilah yang nantinya menghasilkan perbandingan antara ketiga sumber dc yang digunakan untuk menyuplai multilevel inverter. Perbandingan tegangan yang dihasilkan adalah 1 : 1,547 : 1

Sinyal PWM

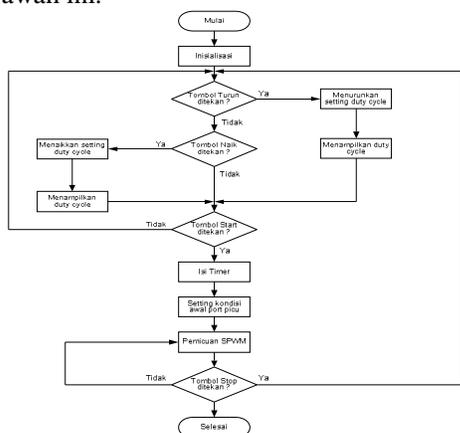
Sinyal pemecuan dihasilkan dengan memberikan t_{on} dan t_{off} yang berbeda dengan periode waktu yang sama untuk masing-masing pulsa sesuai dengan setting duty cycle yang direncanakan. Adapun penentuannya adalah sebagai berikut:

$$D = \frac{t_{on}}{T}, T = t_{on} + t_{off}, T = \frac{1}{f}$$

Dengan $D = \text{Duty Cycle}$, t_{on} = lamanya pulsa dalam kondisi high (μs), t_{off} = lamanya pulsa dalam kondisi low (μs), T = periode *switching* (μs), f = frekuensi *switching* (Hz)

Perancangan Program

Sebelum melakukan pemrograman, terlebih dahulu dibuat *flowchart* nya seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.5 Flowchart program utama

Dari *flowchart* di atas, maka dapat dibuat program dalam bahasa *assembly* yang akan diisikan ke mikrokontroler

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian peralatan suplai dc terpisah untuk multilevel inverter satu fasa tiga tingkat dengan menggunakan *buck converter* ini berupa:

1. Pengujian *input buck converter*
2. Pengujian sinyal pemicuan *buck converter*
3. Pengujian *output buck converter*

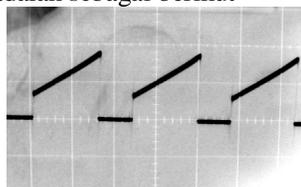
Semua pengujian di atas dilakukan dari *duty cycle* 20% sampai 65% untuk *buck converter* 1 dan *buck converter* 3 dengan frekuensi pensaklaran sebesar 2 KHz. Sedangkan untuk *buck converter* 2 pengujian dilakukan dari *duty cycle* 50% sampai 95% juga dengan frekuensi pensaklaran sebesar 2 KHz. Beban yang digunakan untuk pengujian ketiga *buck converter* ini menggunakan lampu sebagai beban resistif, induktor serta multilevel inverter yang diberi beban lampu dan induktor.

Input Buck Converter

Input dari *DC chopper (buck converter)* dihasilkan oleh penyearah yang berfungsi untuk menyearahkan tegangan satu fasa bolak-balik sehingga dihasilkan tegangan keluaran dc

dimana sebelum disearahkan, tegangan satu fasa bolak-balik dari PLN diturunkan dahulu oleh trafo *step down*.

Tampilan bentuk gelombang arus *input buck converter* adalah sebagai berikut

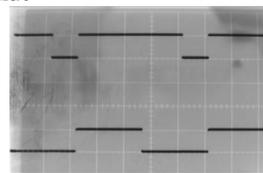


Gambar 4.1 gelombang arus input buck converter pada duty cycle 65%

Pada Gambar 4.1 di atas terlihat bahwa bentuk gelombang arus masukan dari *DC Chopper* tidak kontinyu. Hal ini disebabkan karena adanya operasi pensaklaran dari MOSFET *buck chopper*.

Sinyal Pemicuan

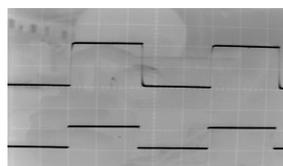
Sinyal pemicuan MOSFET ini merupakan sinyal PWM yang dihasilkan oleh port 0 dari mikrokontroler seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut



Gambar 4.2 Sinyal pemicuan dari mikrokontroler untuk

DC Chopper 2 (gambar atas) saat *duty cycle* 80% dan DC Chopper 1,3 (gambar bawah) saat *duty cycle* 50%, $T/\text{div} = 0,1\text{mS}$ $V/\text{div} = 5\text{V}$

Selanjutnya sinyal pemicuan dari mikrokontroler ini dilewatkan ke rangkaian *buffer* untuk diperkuat magnitudonya (gambar bawah) dan sinyal pemicuan masukan dari *opto coupler* (gambar bawah) saat *duty cycle* 50%, $T/\text{div} = 0,1\text{mS}$ $V/\text{div} = 5\text{V}$



Gambar 4.3 Sinyal pemicuan keluaran dari buffer

Kemudian sinyal pemicuan keluaran dari buffer dilewatkan ke rangkaian *optocoupler*. Output dari *optocoupler* inilah yang nantinya akan memicu MOSFET.

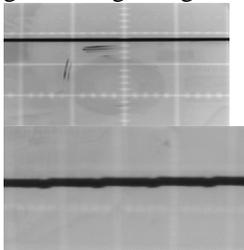


Gambar 4.4 Sinyal pemicuan keluaran dari *optocoupler*

untuk *DC Chopper 2* (gambar atas) saat *duty cycle* 95% dan sinyal pemicuan keluaran dari *optocoupler* untuk *DC Chopper 3* (gambar bawah) saat *duty cycle* 65%, $T/div = 0,1mS$ $V/div = 5V$

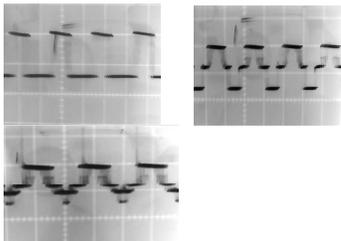
Output Buck Converter

Pengujian output *DC Chopper* ini meliputi pengujian dan pengukuran tegangan, arus saat *DC Chopper* sebelum dan sesudah dibebani peralatan multilevel inverter satu fasa tiga tingkat pada masing-masing *duty cycle*. Untuk pengujian sebelum pembebanan multilevel inverter didapatkan bentuk gelombang sebagai berikut



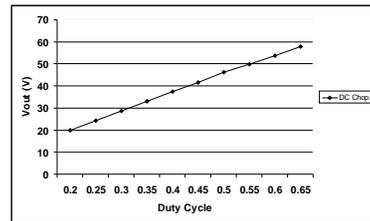
Gambar 4.5 Gelombang tegangan (kiri) dan arus *output buck converter* sebelum pembebanan multilevel inverter

Dari Gambar 4.5 terlihat bahwa gelombang tegangan keluaran dan gelombang arus keluaran memiliki *ripple* yang kecil. Sedangkan pengujian dengan pembebanan multilevel inverter didapatkan bentuk gelombang sebagai berikut

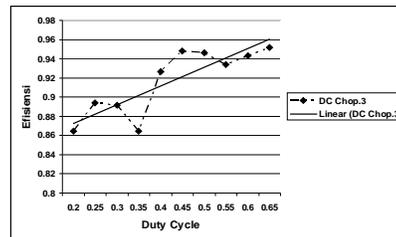


Gambar 4.6 Gelombang *arus output buck converter* 1, 2, dan 3 sesudah pembebanan multilevel inverter

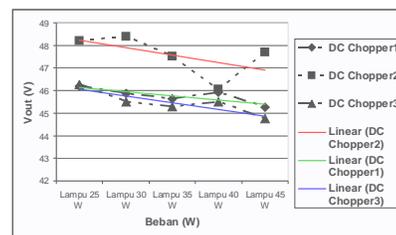
Dari Gambar 4.6 terlihat bahwa bentuk gelombang arus keluaran pada *DC Chopper 1*, *DC Chopper 2* dan *DC Chopper 3* memiliki perbedaan. Hal ini disebabkan karena masing-masing *DC Chopper* dibebani oleh beban pensaklaran berupa multilevel inverter satu fasa tiga tingkat yang berbeban dimana multilevel inverter ini terdiri dari tiga buah inverter yang tersusun kaskade dan tiap-tiap inverternya bekerja dengan sinyal pemicuan yang berbeda. Selain pengamatan gelombang dengan menggunakan osiloskop, juga dilakukan pengukuran yang ditunjukkan pada grafik berikut.



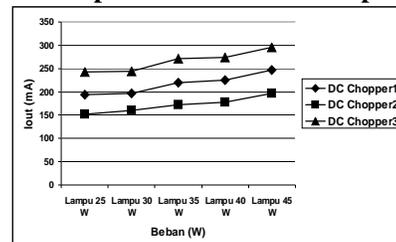
Gambar 4.11 Grafik hubungan V_{out} dan *duty cycle*



Gambar 4.12 Grafik hubungan V_{out} dan efisiensi



Gambar 4.13 Grafik hubungan V_{out} dan perubahan beban Lampu



Gambar 4.14 Grafik hubungan I_{out} dan perubahan beban Lampu

Dari Gambar 4.11 sampai 4.14 terlihat bahwa alat yang dibuat mampu meregulasi tegangan input sehingga dihasilkan tegangan output yang dikehendaki sesuai dengan *setting duty cycle* yang digunakan. Namun untuk menghasilkan perbandingan tegangan *output* yang telah direncanakan mengalami kendala. Hal ini dikarenakan *buck converter* yang dibuat tidak identik dan pasangan kelipatan *range duty cycle* yang terbatas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pengujian dan analisa dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dengan beban yang tetap, peningkatan *duty cycle* membuat tegangan keluaran naik. Hal ini diakibatkan karena terjadi peningkatan arus yang diserap oleh beban sebagai akibat meningkatnya Ton pada pensaklaran MOSFET.
2. Dengan *duty cycle* yang tetap, peningkatan pembebanan mengakibatkan penurunan pada V_{out} dan peningkatan I_{out} . Hal ini dikarenakan perubahan beban mempengaruhi resistansi beban.
3. Gelombang arus output yang dihasilkan sebelum dan sesudah pembebanan multilevel inverter memiliki bentuk yang berbeda.
4. Pada saat pengujian beban multilevel inverter satu fasa tiga tingkat dengan bebannya, pasangan range duty cycle 55% (DC Chopper 1, 3) dan range duty cycle 85% (DC Chopper 2) menghasilkan perbandingan tegangan keluaran yang mendekati perbandingan tegangan yang direncanakan yakni sebesar 1,008 : 1,5347 : 1.
5. *DC Chopper* yang digunakan untuk menyuplai multilevel inverter adalah tidak identik dan memiliki kelipatan pasangan *range duty cycle* yang terbatas sehingga perbandingan tegangan keluaran antar DC Chopper hanya mampu mendekati perbandingan tegangan yang direncanakan. Namun begitu hardware ini sudah bisa digunakan untuk menyuplai multilevel inverter tanpa ada gangguan.

DAFTAR RUJUKAN

- Anonim, Analysis Converter Buck
- Anonim, *Chapter 2 Multilevel Voltage Source Inverter Using Cascaded-Inverters With Separated DC Sources*
- Anonim, Metode Penyediaan Sumber DC
- Anonim, *Switch Mode Inverter*, www.ies.eepis.its.edu
- Eko Putra, Agfianto, *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (teori dan aplikasi)*, Penerbit Gava Media, 2002.
- Eko Rahardjo, Rhino, Pembuatan Modul Perangkat Keras DC Chopper, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, 2005
- Hartono, Andy, *Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa dengan menggunakan Inverter Sinusoidal Pulse Wide Modulator*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang, 2004
- Malvino, *Prinsip-prinsip Elektronik*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984
- Mohan, Undeland and William, *Converters, Applications and Design Second Edition*, John Willey & Sons Inc
- Pressman A.I, *Switching Power Supply Design*, The McGraw-Hill, New York, 1999.
- Rashid, Muhammad. H, *Power Electronics Circuit, Device, and Application 2nd*, Prentice-Hall International Inc, 1988
- Thorborg. K, *Power Electronics*, Prentice Hall, London, 1988.
- Theodore Wildi, *Electrical Machines, Drives and Power Systems 3rd*, Prentice Hall Inc, New Jersey, 1997
- Walker. G, R, *Modulation and Control of Multilevel Converters*, Department of Computer Science and Electrical Engineering University of Queensland, Queensland, 1999