

**ANALISIS KINERJA INVERTER MULTILEVEL CHB (CASCADED H-BRIDGE) SATU FASA LIMA TINGKAT MENGGUNAKAN TEKNIK MODULASI MIXED SWITCHING FREQUENCY (MSF) PWM**  
**PERFORMANCE ANALYSIS OF CHB (CASCADED H-BRIDGE) MULTILEVEL INVERTER ONE PHASE FIVE LEVEL WITH MIXED SWITCHING FREQUENCY (MSF) PWM MODULATION TECHNIQUE**

**Novita Khasana Putri<sup>1</sup>, I Nyoman Wahyu Satiawan<sup>2</sup>, Supriono<sup>3</sup>**

**ABSTRAK**

Penggunaan inverter sebagai peralatan elektronika daya sangat luas. Inverter merupakan salah satu alat konversi daya, yaitu untuk mengkonversikan tegangan dc menjadi tegangan ac. Inverter tidak hanya diaplikasikan pada peralatan industri tetapi juga pada peralatan rumah tangga. Inverter yang digunakan saat ini kebanyakan adalah inverter konvensional. Inverter konvensional hanya akan menghasilkan tiga nilai output yang berbeda yaitu,  $\frac{V_{dc}}{2}$ ,  $-\frac{V_{dc}}{2}$ , dan nol. Hal ini akan menyebabkan bentuk gelombang yang dihasilkan belum mendekati bentuk gelombang sinusoidal. Inverter multilevel *Cascaded H-Bridge* (CHB) adalah salah satu inverter multilevel jenis jembatan yang disusun secara bertingkat. Topologi inverter ini banyak digunakan karena kelebihan yang dimiliki diantaranya bentuk gelombang tegangan yang lebih mendekati sinusoidal atau menghasilkan distorsi harmonisa yang kecil, dan dapat mencatu aplikasi daya tinggi. Pada penelitian ini dirancang inverter multilevel *Cascaded H-Bridge* (CHB) satu fasa lima tingkat menggunakan skema teknik modulasi *Mixed Switching* PWM dan sinyal pulsa dibangkitkan menggunakan Arduino Mega 2560. Berdasarkan penelitian yang dilakukan didapatkan nilai THD sebesar 25,49%.

**Kata Kunci:** *Mixed Switching Frequency, Inverter multilevel CHB, Teknik modulasi.*

---

**ABSTRACT**

*Inverter has widely used in many applications. Inverter is one of the power conversion tools, to convert dc voltage to ac. Inverter is not only applied in industrial equipment but also in simple home electronic devices. The conventional inverter operates to have three different output values,  $\frac{V_{dc}}{2}$ ,  $-\frac{V_{dc}}{2}$ , and zero. This affects waveform voltage that is different from sinusoidal shape. Multilevel cascaded inverter *Cascaded H-Bridge* (CHB) is one kind of bridge inverter. The topology of this inverter is common because its performance is better in form of waveform closer to sinusoidal or small distortion harmonics and also the capability of high voltage application. In this research, multilevel inverter *Cascaded H-Bridge* (CHB) one phase five level is designed using *Mixed Switching* PWM modulation technique and the PWM pulses is generated using Arduino Mega 2560. Based on the research, Total Harmonic Distortion (THD) of multilevel inverter *Cascaded H-Bridge* (CHB) is 25,49%.*

**Keywords:** *Mixed Switching Frequency, Inverter multilevel CHB, Modulation Technique.*

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat

Email: [novitatak@gmail.com](mailto:novitatak@gmail.com), [nwahyus@yahoo.com](mailto:nwahyus@yahoo.com), [supriono@yahoo.com](mailto:supriono@yahoo.com),

## PENDAHULUAN

Inverter merupakan peralatan elektronika daya yang dapat mengkonversi besaran listrik DC (searah) menjadi besaran listrik AC (bolak-balik). Tegangan *output*nya bisa tetap ataupun berubah-ubah, dengan frekuensi tetap ataupun dengan frekuensi yang berubah-ubah. (Hart, 2011). Inverter yang digunakan saat ini kebanyakan adalah inverter konvensional. Inverter konvensional memiliki efisiensi yang rendah dan bentuk gelombang yang belum mendekati bentuk sinusoidal.

Efisiensi yang rendah pada sebuah inverter akan mengurangi kualitas tegangan keluarannya dan menghasilkan harmonisa yang besar. Salah satu cara untuk mengantisipasi hal tersebut adalah dengan cara memodifikasi topologi inverter tersebut. Salah satunya adalah topologi inverter multilevel CHB (*Cascaded H-Bridge*). Inverter multilevel CHB (*Cascaded H-Bridge*) adalah inverter multilevel jenis jembatan yang disusun secara bertingkat. Kelebihan utama inverter jenis ini adalah bentuk gelombang tegangan yang baik, menghasilkan distorsi harmonisa yang kecil, dan dapat menangani daya yang besar.

Penelitian ini akan merancang inverter multilevel *Cascaded H-Bridge* (CHB) satu fasa lima tingkat dimana pembangkit sinyal pulsa menggunakan skema teknik modulasi *mixed switching frequency* PWM. Teknik modulasi ini merupakan penggabungan dari teknik modulasi *fundamental switching frequency* PWM atau teknik modulasi pada frekuensi fundamental yaitu 50 Hz dan teknik modulasi *high switching frequency* atau teknik modulasi pada frekuensi tinggi yaitu 1 kHz. Dalam penelitian ini tegangan keluaran inverter multilevel dan teknik PWM akan direalisasikan dengan menggunakan Arduino Mega 2560, selanjutnya performa tegangan keluaran akan dianalisa.

Inverter multilevel adalah konverter yang mengubah besaran DC menjadi besaran AC dimana keluaran (*output*) yang dihasilkan mempunyai beberapa (lebih dari dua) level tegangan atau arus. Inverter jenis ini memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihan Inverter multilevel antara lain :

1. Tegangan keluaran Inverter multilevel memiliki distorsi yang kecil

2. Inverter multilevel dapat mengambil arus masukan dengan distorsi yang rendah.  
3. Inverter multilevel dapat beroperasi pada dua jenis frekuensi *switching*, yaitu pada frekuensi *switching* fundamental dan frekuensi *switching* PWM yang tinggi.

Sedangkan kekurangan Inverter multilevel adalah membutuhkan penyakelaran semikonduktor dalam jumlah yang besar. Hal ini dapat menyebabkan sistem secara keseluruhan menjadi lebih mahal dan kompleks. (Yuwono, dkk, 2011)

Jumlah tingkat tegangan pada inverter multilevel CHB (*Cascaded H-Bridge*) selalu bernilai ganjil. Banyaknya jumlah tingkat tegangan pada inverter multilevel CHB (*Cascaded H-Bridge*) ini, dapat dihitung dengan (Wu, 2006):

$$m = (2H + 1) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

$m$  = Jumlah tingkat tegangan pada inverter multilevel *Cascaded H-Bridge* (CHB)

$H$  = Jumlah sel jembatan (*H-Bridge*) pada inverter multilevel *Cascaded H-Bridge* (CHB)

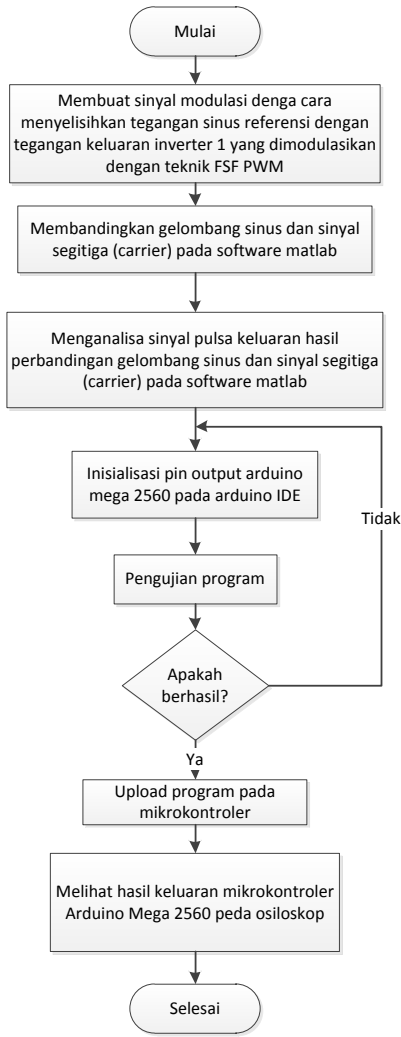
*Mixed Switching Frequency* (MSF) PWM adalah penggabungan dari teknik modulasi FSF PWM dan HSF PWM. Pada teknik modulasi MSF PWM, salah satu sel dimodulasikan pada frekuensi *switching* fundamental dan yang lainnya dimodulasikan pada frekuensi *switching* yang tinggi. HSF PWM yang digunakan biasanya adalah *level shifted* PWM dan *phase shifted* PWM.

Sinyal modulasi pada MSF PWM dibangkitkan dengan cara mengurangi sinyal sinusoidal yang bertindak sebagai referensi dan keluaran inverter tersebut dioperasikan kembali pada FSF PWM. Sinyal keluaran dari MSF PWM didapatkan dengan cara membandingkan sinyal modulasi tersebut dengan sinyal carrier segitiga. Inilah yang menjadi sinyal keluaran dari inverter yang dimodulasikan menggunakan MSF PWM.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merealisasikan inverter multilevel *Cascaded H-Bridge* (CHB) 5 tingkat satu fasa dan teknik modulasi *MSF PWM* Arduino Mega 2560 digunakan sebagai pembangkit sinyal PWM pada teknik modulasi ini.

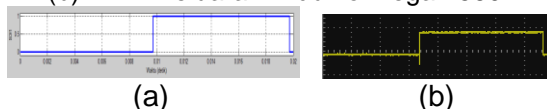
## Diagram Alir Perancangan Program



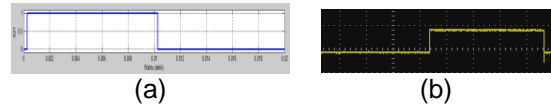
### Pengujian teknik modulasi MSF PWM



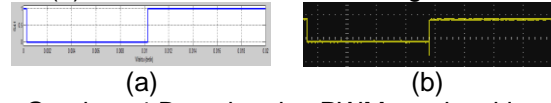
Gambar 1 Bentuk pulsa PWM untuk saklar  $S_{11}$  (a) PWM hasil simulasi Matlab 2009a, (b) PWM keluaran Arduino Mega 2560.



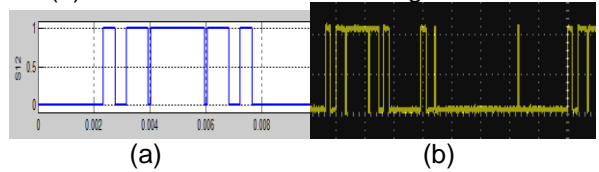
Gambar 2 Bentuk pulsa PWM untuk saklar  $S_{21}$  (a) PWM hasil simulasi Matlab 2009a, (b) PWM keluaran Arduino Mega 2560.



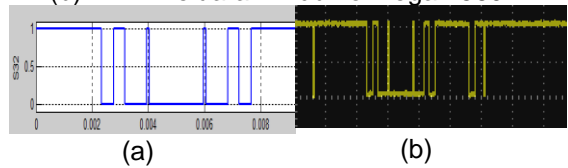
Gambar 3 Bentuk pulsa PWM untuk saklar  $S_{31}$  (a) PWM hasil simulasi Matlab 2009a, (b) PWM keluaran Arduino Mega 2560.



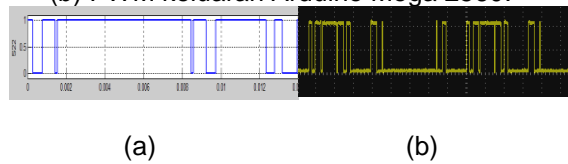
Gambar 4 Bentuk pulsa PWM untuk saklar  $S_{41}$  (a) PWM hasil simulasi Matlab 2009a, (b) PWM keluaran Arduino Mega 2560.



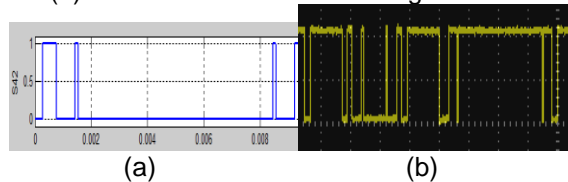
Gambar 5 Bentuk pulsa PWM untuk saklar  $S_{12}$  (a) PWM hasil simulasi Matlab 2009a, (b) PWM keluaran Arduino Mega 2560.



Gambar 6 Bentuk pulsa PWM untuk saklar  $S_{22}$  (a) PWM hasil simulasi Matlab 2009a, (b) PWM keluaran Arduino Mega 2560.

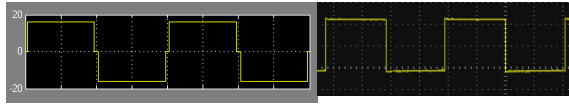


Gambar 7 Bentuk pulsa PWM untuk saklar  $S_{32}$  (a) PWM hasil simulasi Matlab 2009a, (b) PWM keluaran Arduino Mega 2560.



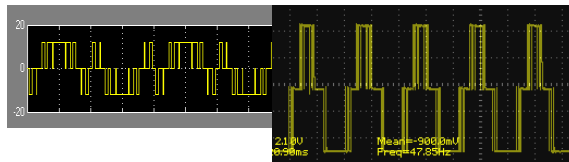
Gambar 8 Bentuk pulsa PWM untuk saklar  $S_{42}$  (a) PWM hasil simulasi Matlab 2009a, (b) PWM keluaran Arduino Mega 2560.

## Hasil Gelombang Keluaran Inverter Multilevel menggunakan Teknik Modulasi MSF PWM



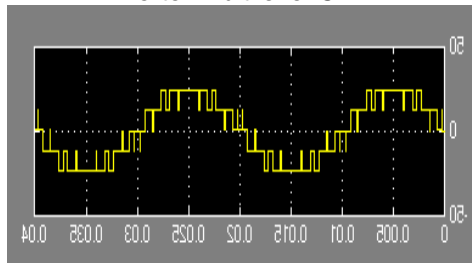
(a) (b)

Gambar 9 Bentuk tegangan keluaran inverter CHB dengan teknik modulasi MSF PWM pada sel inverter 1. (a) hasil simulasi menggunakan matlab. (b) hasil keluaran inverter multilevel CHB.

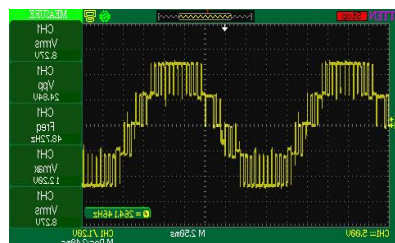


(a) (b)

Gambar 10 Bentuk tegangan keluaran inverter CHB dengan teknik modulasi MSF PWM pada sel inverter 2. (a) hasil simulasi menggunakan matlab. (b) hasil keluaran inverter multilevel CHB.



(a)



(b)

Gambar 11 Bentuk tegangan keluaran inverter CHB dengan teknik modulasi MSF PWM (a) hasil simulasi menggunakan matlab. (b) hasil keluaran inverter multilevel CHB.

Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan bentuk gelombang tegangan keluaran sel inverter 1 dan 2, sedangkan Gambar 11 menampilkan gelombang tegangan keluaran dari penggabungan ke

dua sel inverter dengan teknik modulasi *mixed switching requency*. Berdasarkan Gambar 9 dan Gambar 10 di atas dapat dilihat bahwa keluaran inverter sel satu dan sel dua yang dihasilkan oleh sistem mendekati bentuk keluaran yang dihasilkan pada simulasi matlab. Hal ini dapat disebabkan karena orisinalitas komponen pada sistem yang kurang baik, sehingga keluaran yang dihasilkan kurang baik pula. Berdasarkan Gambar 11 tersebut dapat dilihat nilai  $V_{rms}$  hasil pegujian inverter multilevel CHB satu fasa sebesar 8,27 Volt. Bentuk gelombang tegangan keluaran sudah mendekati hasil simulasi pada Matlab 2009a, hanya saja bentuk gelombang keluaran inverter multilevel CHB satu fasa masih terdapa *tripple* atau riak pada gelombangnya.

Data pengukuran tegangan dengan teknik modulasi *mixed switching requency* sebelum tegangan dinaikan menggunakan transformator yang diukur dengan menggunakan *oscilloscope* didapatkan nilai tegangan ( $V_{rms}$ ) sebesar 8,27 Volt Ac, tegangan ( $V_{pp}$ ) sebesar 24,84 Volt dan frekuensi sebesar 48,72 Hz.

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis pengukuran maupun pengolahan data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Inverter multilevel Cascade H-Bridge (CHB) satu fasa lima tingkat dengan teknik modulasi *Mixed Switching Frequency* (MSF) PWM telah berhasil direalisasikan menggunakan Arduino Mega 2560. Hasil keluaran inverter dengan teknik modulasi ini menghasilkan nilai  $V_{rms}$  sebesar 8,27 V,  $V_{pp}$  sebesar 24,84 V,  $V_{max}$  sebesar 12,20, pada frekuensi sebesar 48,72 Hz dan nilai THD yang didapatkan dari simulasi sebesar 25,49 %.
2. Teknik modulasi multicarrier phase-shifted dapat menggunakan frekuensi switching sebesar 50 Hz pada sel inverter satu dan frekuensi yang 20 kali lebih besar yaitu 1 kHz pada sel inverter dua. Hal ini akan menyebabkan keluaran inverter satu dan dua berbeda sehingga didapatkan keluaran inverter yang mendekati hasil pada simulasi simulink pada matlab.
3. Perbandingan hasil simulasi dan hasil keluaran inverter pada penelitian ini

menunjukkan bahwa inverter multilevel *Cascade H-Bridge* (CHB) satu fasa lima tingkat dengan menggunakan komponen MOSFET IRF450, IC Driver 2112, dan Arduino Mega 2560 yang dimodulasikan menggunakan *Carrier Based PWM* memiliki kualitas keluaran yang lebih baik jika dibandingkan dengan teknik modulasi *Mixed Switching Frequency* (MSF) PWM yang digunakan pada tugas akhir ini. Hal ini dapat disebabkan karena kualitas alat yang menurun karena dilakukannya percobaan yang berulang-ulang, orisinalitas alat yang tidak baik, atau kurangnya ketelitian saat pengambilan data.

## SARAN

Kualitas dan performa inverter CHB menggunakan teknik modulasi MSF PWM ini dapat direalisasikan agar mendapatkan keluaran yang lebih baik dan nilai efisiensi yang lebih baik. Namun, hal ini akan berdampak pada biaya yang lebih mahal karena mahalnya komponen yang memiliki kualitas dan orisinalitas yang tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Grant, DA, Gowar, J, (1989), *Power Mosfet Theory and Application*. Chapter 13 PWM Inverter. A Wiley-Interscience Publication: Canada.
- Wu, B, (2006), *High-Power Converters and AC Drives*. *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*. A John Wiley and Sons Publication: Hoboken, New Jersey, and Canada.
- Yuwono, APT, Warsito, A, Facta, M, (2011), *Inverter Multilevel Tipe Jembatan Satu Fasa Tiga Tingkat dengan Mikrokontroler AT89S51*. ISSN141-0814. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro: Semarang.
- Nordvall, A, (2011), *Multilevel Inverter Topology Survey*. Division of Electric Power Engineering. Department of Energy Environment. Chalmers University of Technology: Göteborg, Sweden.
- Citarsa, IBF, Satiawan INW, Wiryajati, IK, Supriono, (2016). *Performance Analysis of Cascade H-bridge Multilevel Inverter Using Mixed*

*Switching Frequency with Various DC-link Voltages*. Electrical Engineering Department. Universitas Mataram: Mataram.

Priyono, AH, Supriono, Satiawan, INW, (2016), *Realisasi Inverter Multilevel Cascaded H-bridge (CHB) 5 Tingkat Satu Fasa Menggunakan Arduino Mega 2560*. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknik. Universitas Mataram: Mataram.

Rashid, MH, (2011), *Power Electronics Handbook Devices, Circuits, and Applications Third Edition*. Electrical and Computer Engineering. University of West Florida: USA.



**Novita Khasana Putri**, lahir di Mataram pada tanggal 2 November 1992, Menempuh Pendidikan Program Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Universitas Mataram sejak tahun 2011.