

# 21.Saintek 2019-Modifikasi Inverter Jembatan\_satiawan\_dkk *by Metta Savitri*

---

**Submission date:** 13-Apr-2023 09:40AM (UTC-0500)

**Submission ID:** 2063498566

**File name:** 21.Saintek\_2019-Modifikasi\_Inverter\_Jembatan\_satiawan\_dkk.pdf (292.47K)

**Word count:** 2373

**Character count:** 12189

## MODIFIKASI INVERTER JEMBATAN-H UNTUK PERBAIKAN SISTEM KONVERSI DAYA LISTRIK PADA PEMBANGKIT LISTRIK BERSUMBER ENERGY TERBARUKAN

### Modification of Cascaded H-Bridge Inverter to Improve Electrical Power Conversion System on Renewable Energy Source Power Plant

I Nyoman Wahyu Satiawan<sup>1)</sup>, Ida Bagus Fery Citarsa<sup>2)</sup>, I Made Ginarsa<sup>3)</sup>

<sup>1,2,3)</sup>Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mataram

*\*email: nwahyus@unram.ac.id*

#### ABSTRAK

Inverter jembatan-H adalah salah satu type inverter yang paling populer digunakan pada berbagai aplikasi diantaranya untuk konversi daya pada pembangkit listrik yang menggunakan sumber energy terbarukan (Renewable Energy). Paper ini membahas, modifikasi inverter jembatan-H untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih baik yang dilakukan dengan menambahkan beberapa saklar dan diode pada sisi masukan inverter jembatan yang fungsinya memvariasikan tegangan DC masukan ke inverter. Paper ini menghasilkan teknik modulasi yang mudah direalisasikan dan dapat dikembangkan untuk inverter dengan jumlah saklar yang lebih banyak. Dengan menggunakan struktur ini, dapat dihasilkan penghematan pemakaian saklar yang signifikan dibandingkan dengan inverter jembatan-H konvensional. Penghematan saklar semakin banyak dengan semakin tinggi jumlah level tegangan yang dihasilkan oleh inverter. Inverter termodifikasi dengan 15 level hanya memerlukan 11 saklar sedangkan inverter konvensional untuk menghasilkan tegangan keluaran 15 level memerlukan 24 buah saklar (penghematan saklar > 60%). Hasil simulasi juga memperlihatkan peningkatan kualitas tegangan seiring dengan penambahan level pada tegangan keluaran. Pada inverter 15 level, Total Harmonics Distortion (THD) tegangan keluaran sekitar 6.6 % yang berarti tegangan keluaran mengandung komponen harmonisa yang relatif sangat kecil.

**Kata kunci:** Modifikasi, Inverter jembatan-H, Renewable Energi, Teknik Modulasi, Penghematan saklar

#### ABSTRACT

H-Bridge inverter is the most popular type of inverter which is suitable to use in many applications includes electricity generation with renewable energy resources. This paper discusses modification of the H-Bridge Inverter to improve its output voltage. Modification is carried out by adding some power electronic switches and diodes in the input side of H-bridge inverter to vary the DC voltage input of inverter. The simulation results show that the number of switches reduced significantly in comparison with the conventional cascaded H-bridge inverter. Further, it is found that the higher number of level of inverter output, the higher reduction of the used switches by the improved structure of inverter. For

instance, at a-15 level inverter, only 11 switches are needed instead of 24 switches for conventional CHB inverter (more than 60% reduction). In line with the number of the voltage level, the quality of the output voltage is also improved. For the a-15 level of inverter, the proposed inverter structure results about 6.6% of Total Harmonics Distortion (THD). This indicates that the output voltage contains considerably small value of low order harmonics content.

**Key words:** Modification, H-Bridge Inverter, Renewable Energy, Modulation Technique, Switches Reduction

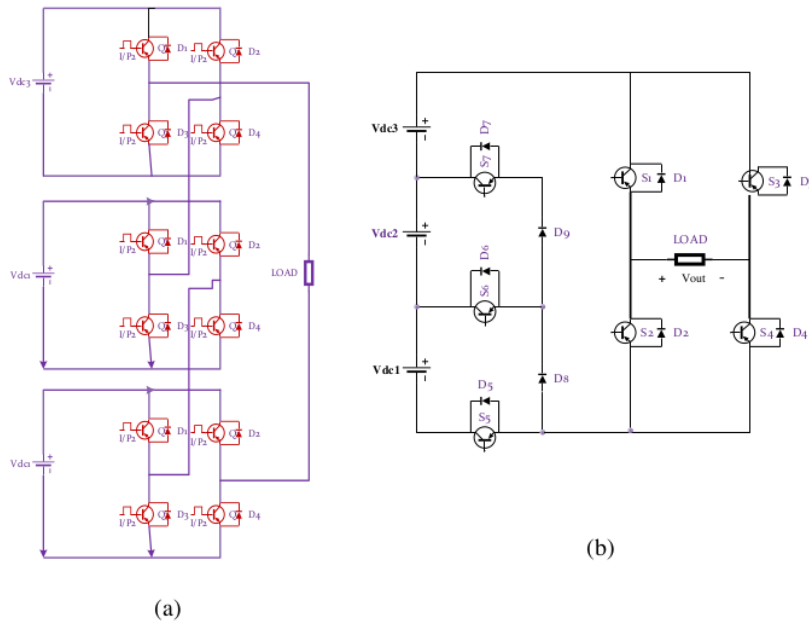
## PENDAHULUAN

Inverter adalah peralatan yang sangat penting dalam sebuah system pembangkit listrik menggunakan energy terbarukan. Struktur inverter satu fase yang paling umum digunakan adalah inverter jembatan – H (CHB). Inverter CHB mempunyai struktur yang sederhana dan mudah direalisasikan serta dapat menghasilkan tegangan keluaan dengan jumlah level yang banyak dengan menyusun secara bertingkat (Cascaded). Gambar 1(a) memperlihatkan inverter jembatan-H bertingkat (*Cascaded-CHB*) dimana tiga buah inverter jembatan disusun bertingkat untuk menghasilkan 7 level tegangan pada keluaran inverter. Salah satu kelemahan dari inverter Jembatan-H adalah jumlah saklar yang dipergunakan cukup banyak. Hubungan antara jumlah level tegangan yang dihasilkan dengan jumlah saklar yang digunakan mengikuti persamaan (1).

$$n = 2(l-1) \quad (1)$$

dimana  $n$  adalah jumlah saklar yang digunakan dan  $l$  adalah level tegangan yang dihasilkan. Berdasarkan persamaan (1) maka untuk membangkitkan tegangan dengan 15 level diperlukan 28 saklar. Jumlah saklar yang banyak tidak saja berkaitan dengan biaya tetapi juga terkait dengan kerumitan pembangkitan sinyal PWM. Perbaikan struktur inverter jembatan-H sudah banyak diteliti, diantaranya. Balakrishnan dkk (2013), Arun, dkk (2014), Vamsikrishna. (2014) Gaikwad dan Arbune (2016), Disamping itu untuk memperbaiki kualitas tegangan keluaran juga telah dilakukan penelitian yang berkaitan dengan teknik PWM seperti yang didiskusikan pada Citarsa, dkk (2018) yang menggunakan perbandingan tegangan DC-link 1:2:4 pada inverter jembatan-H 3-sel untuk menghasilkan tegangan 15 level.

Paper ini membahas perbaikan struktur inverter jembatan-H yang dapat memperbaiki tegangan keluaran inverter seperti diperlihatkan pada Gambar 1(b). Struktur inverter terdiri dari inverter utama (inverter jembatan-H) dan ditambah dengan beberapa saklar dan diode yang berfungsi untuk memberikan variasi tegangan pada masukan inverter jembatan-H. Struktur ini dapat menghasilkan 7 level tegangan keluaran.



**Gambar 1.**(a) Struktur Inverter Jembatan-H Bertingkat (b) Modifikasi Inverter yang diusulkan

### BAHAN DAN METODE

Tegangan keluaran inverter tergantung dari kombinasi saklar yang aktif. Mengacu pada Gambar 1(b), untuk menghasilkan tegangan positif maka saklar  $S_1$  dan  $S_4$  yang aktif, sedangkan untuk menghasilkan tegangan negatif maka saklar  $S_3$  dan  $S_2$  yang konduksi. Sedangkan Saklar  $S_5$ ,  $S_6$  dan  $S_7$  diaktifkan secara bergantian untuk menghasilkan tegangan sebesar  $V_{dc1}$ ,  $V_{dc1}+V_{dc2}$  dan  $V_{dc1}+V_{dc2}+V_{dc3}$  pada beban. Untuk menghasilkan tegangan nol ada dua acara, yakni mengaktifkan saklar  $S_1$  dan  $S_3$  atau mengaktifkan saklar  $S_2$  dan  $S_4$ . Hubungan antara kombinasi saklar yang diaktifkan dengan tegangan keluaran inverter dirangkum pada Tabel 1.

Berdasarkan prinsip kerja yang dijelaskan, maka bentuk pulsa PWM masing-masing saklar direkonstruksi dengan menggunakan matrik biner seperti pada Tabel 2. Dari Tabel 2 terlihat bahwa saklar  $S_1$  sampai  $S_4$  dioperasikan seperti halnya inverter jembatan – H pada umumnya, sedangkan saklar  $S_5$ ,  $S_6$  dan  $S_7$  dioperasikan secara bergantian sehingga tegangan DC masukan inverter utama bervariasi sebesar  $V_{dc1}$ ,  $V_{dc1}+V_{dc2}$ , dan  $V_{dc1}+V_{dc2}+V_{dc3}$ .

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pembangkitan Pulsa PWM

Metoda PWM diverifikasi menggunakan Simulink / Matlab. Bentuk pulsa untuk saklar  $S_1$  sampai  $S_7$  diperlihatkan pada Gambar 2. Dari Gambar tersebut terlihat bahwa saklar  $S_1$ - $S_2$  dan  $S_3$ - $S_4$  bekerja secara komplementar sedangkan saklar  $S_5$ - $S_7$  konduksi secara bergantian.

Tabel 1. Kombinasi Saklar Dan Tegangan Keluaran Inverter

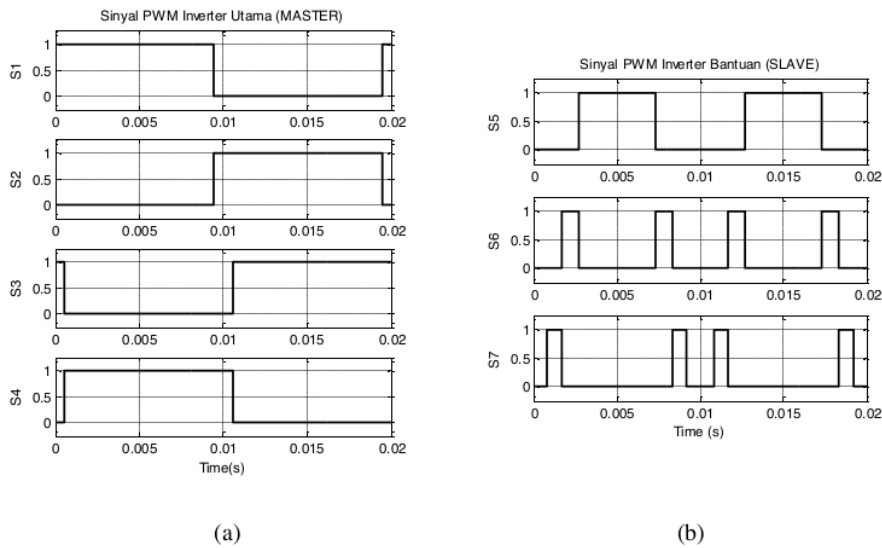
Level	Saklar yang konduksi	Tegangan keluaran ( $V_{out}$ )
1	$S_1, S_4, S_7$ dan $D_8, D_9$	$V_{dc1}$
2	$S_1, S_4, S_6$ dan $D_8,$	$V_{dc1}+V_{dc2}$
3	$S_1, S_4, S_5$	$V_{dc1}+V_{dc2}+V_{dc1}$
0	$S_1, S_3$ atau $S_2, S_4$	0
-3	$S_2, S_3, S_5$	$-(V_{dc1}+V_{dc2}+V_{dc1})$
-2	$S_2, S_3, S_6$ dan $D_8,$	$-(V_{dc1}+V_{dc2})$
-1	$S_2, S_3, S_7$ dan $D_8, D_9$	$-V_{dc1}$

Tabel 2. Matrik biner untuk pembentukan pulsa PWM

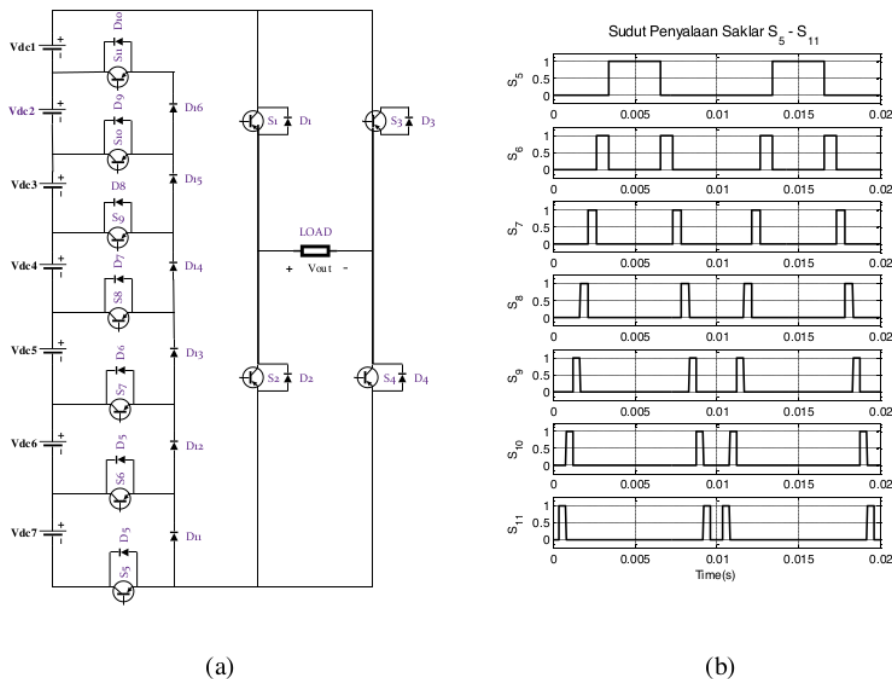
SAKLAR	Level	0	1	2	3	2	1	0	0	-1	-2	-3	-2	-1	0	
	$S_1$	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_2$	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
$S_3$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
$S_4$	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
$S_5$	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$S_6$	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
$S_7$	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0

### Tegangan keluaran

Dengan menggunakan pulsa PWM seperti Gambar 2 maka dihasilkan tegangan keluaran berbentuk tangga (*staircase*) yang dibentuk oleh 7 level tegangan DC seperti terlihat pada Gambar 5 (a). Dari spektrum harmonisa terlihat bahwa tegangan mengandung komponen fundamental dan harmonisa yang relative kecil dengan THD sebesar 12,73%.

Gambar 2. Pulsa PWM inverter termodifikasi; (a)  $S_1$  sampai  $S_4$  , (b)  $S_5$  sampai  $S_7$

Struktur inverter Gambar 1 (b) dapat dikembangkan untuk menghasilkan tegangan keluaran dengan level yang lebih banyak yakni 9 level, 11 level, 13 level dan seterusnya. Untuk menghasilkan tegangan 15 level struktur ini memerlukan 11 saklar seperti terlihat pada Gambar 3 (a) dan pulsa yang diperlukan khususnya untuk saklar  $S_5$  sampai  $S_{10}$  diperlihatkan pada Gambar 3 (b) sedangkan pulsa untuk Saklar  $S_1$ -  $S_4$  tetap sama dengan pulsa Gambar 2 (a). Bentuk tegangan keluaran berupa gelombang tangga 15 level diperlihatkan pada Gambar 5 (b). Jelas terlihat bahwa tegangan keluaran mengandung 7 level tegangan positif, 7 level tegangan negatif dan tegangan nol. Dengan penambahan level tegangan, kualitas tegangan keluaran menjadi semakin baik dimana kandungan harmonisa rendah juga semakin kecil dimana THD tegangan menurun menjadi sebesar 6.6%.



**Gambar 3.**(a) Rangkaian inverter 15 level, (b) Bentuk pulsa PWM saklar pada rangkaian pembantu inverter 15 level

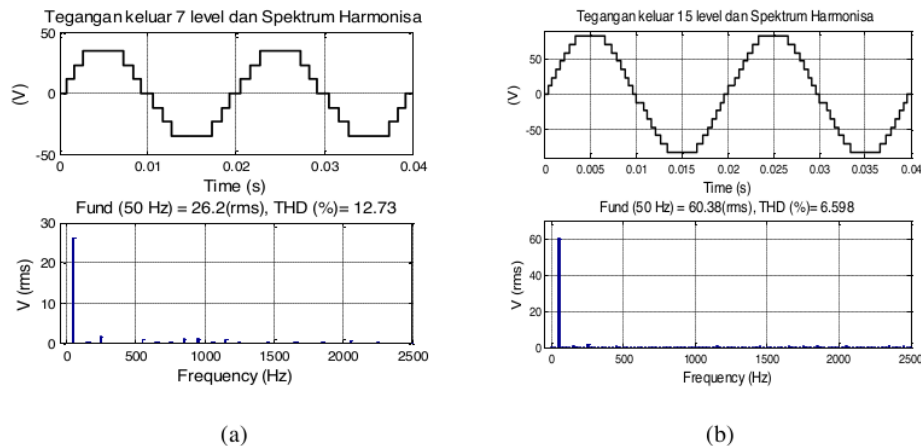
### Pengembangan inverter level ke- $n$

Pengembangan struktur inverter untuk menghasilkan tegangan yang lebih banyak sangat dimungkinkan karena kesederhanaan struktur dan pulsa PWM yang diperlukan untuk mengontrol saklar-saklar inverter sangat mudah untuk dibangkitkan. Perbandingan jumlah level tegangan keluaran dan jumlah saklar yang dipakai untuk struktur ini dibandingkan dengan inverter jembatan-H konvensional dirangkum pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa struktur inverter yang diusulkan dapat menghemat pemakaian saklar secara signifikan dimana penghematan saklar sejalan dengan level tegangan keluaran yang

dihasilkan oleh inverter. Hubungan jumlah saklar yang diperlukan dengan jumlah level yang dihasilkan untuk rangkaian yang baru ini diatur dengan persamaan (2).

$$n = (7+l)/2 \quad (2)$$

dimana,  $n$  adalah jumlah saklar yang dibutuhkan dan  $l$  adalah jumlah level (tingkat) pada tegangan keluaran. Pada Tabel 3 juga terlihat pula bahwa penambahan level tegangan keluaran mempengaruhi kualitas tegangan keluaran yang ditandai dengan perbaikan THD.



Gambar 4. Tegangan keluaran inverter dan spectrum harmonisnya; (a) 7 level, (b) 15 level

Table 3. Perbandingan jumlah saklar inverter modifikasi dan inverter jembatan-H konvensional

level ( $l$ )	Jumlah saklar ( $n$ )		Penghematan Saklar	THD (%)
	Jembatan-H Modifikasi	Jembatan -H Konvensional		
3	4	4	0%	
5	6	8	25%	17.48
7	7	12	41.67%	12.73
9	8	16	50%	10.3
11	9	20	55%	8.88
13	10	24	58%	8.13
15	11	28	61%	6.598
	$n = (7+l)/2$	$n = 2(l-1)$		

### KESIMPULAN

Paper ini membahas perbaikan struktur inverter jembatan-H. Perbaikan dilakukan dengan menambah beberapa saklar dan diode pada sisi masukan inverter. Prinsip teknik modulasi untuk pembangkitan pulsa inverter dijelaskan secara terperinci dan pulsa PWM untuk setiap

saklar yang digunakan diverifikasi menggunakan program Simulink/Matlab. Hasil simulasi memperlihatkan tegangan keluaran inverter dapat diperbaiki dimana jumlah level yang lebih banyak dihasilkan dengan menggunakan saklar yang lebih sedikit dibandingkan dengan inverter jembatan-H bertingkat konvensional. Banyaknya penghematan saklar tergantung dari level tegangan keluaran yang dihasilkan. Untuk tegangan keluaran 15 level struktur ini hanya menggunakan 11 saklar sedangkan inverter jembatan-H bertingkat konvensional membutuhkan 28 saklar. Penghematan saklar yang dicapai adalah 61% dengan THD tegangan keluaran mencapai 6.6%.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Ristekdikti dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat Universitas Mataram yang telah memberi dukungan financial terhadap kegiatan penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arun, V., Shanthi, B., Raja, K., (2014), Analisis Of 15 Level Inverter Using Hybrid Strategy, *International Journal of Inovative Research & Development*, vol. 3, no. 2, 17-23.
- Balakrishnan, D., dan Indiradevi, K., (2014), ModifiedMultilevelInverterTopology With Reduced Switch Count And A Novel PWM Control Scheme, *Proc. International Conference on Computer Communication and Informatics* , Coimbatore, India, 03-05 Jan. 2014, 1-6.
- Citarsa, F., Satiawan, W., Supriono, *A New Modulation Technique for A Three-Cell Single-Phase CHB Inverter with Un-Equal DC-Link Voltage for Improving Output Voltage Quality*, *International Conference on The 2<sup>nd</sup> Applied Electromagnetic Technology Proceeding*, 2018, 73-78.
- Gaikwad, dan Arbune, (2016), Study of CascadedH-BridgeMultilevel Inverter, *Proc. International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT)*, Pune, India, 9-10 Sep, 2016, 179-182.
- Vamsikrishna, B., (2014), An Innovative Single-phase Five-Level Inverter with Paired Inductors, *Middle-East Journal of Scientific Research*, vol. 19, no. 11, 1439 – 2442.



# 21.Saintek 2019-Modifikasi Inverter Jembatan\_satiawan\_dkk

---

## ORIGINALITY REPORT

---

4%

SIMILARITY INDEX

0%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

---

## MATCH ALL SOURCES (ONLY SELECTED SOURCE PRINTED)

---

4%

★ I.N.W. Satiawan, I.B.F. Citarsa, I.K. Wiryajati.

"Simple PWM scheme for a four-level dual-inverter fed open-end winding five-phase motor drive", 4th IET Clean Energy and Technology Conference (CEAT 2016), 2016

Publication

---

Exclude quotes  On

Exclude matches  < 4%

Exclude bibliography  On

# 21.Saintek 2019-Modifikasi Inverter Jembatan\_satiawan\_dkk

---

## GRADEMARK REPORT

---

FINAL GRADE

**/0**

GENERAL COMMENTS

**Instructor**

---

PAGE 1

---

PAGE 2

---

PAGE 3

---

PAGE 4

---

PAGE 5

---

PAGE 6

---

PAGE 7

---