

# Rancang Bangun Inverter 1 Fasa dengan Teknik *Modulasi Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation* untuk Panel Surya 1 KWP

Firman Hidayat Jati Pamungkas

Fikas.pamungkas@gmail.com  
Universitas Jember

Bambang Sujanarko

sujanarko.teknik@unej.ac.id  
Universitas Jember

Moch. Gozali

gozali@teknik.unej.ac.id  
Universitas Jember

## Abstrak

Indonesia merupakan negara tropis, artinya Indonesia mendapat paparan sinar matahari lebih banyak dari negara lain. Oleh karena itu, Indonesia sangat berpotensi dalam mengembangkan Energi Baru Terbarukan terutama panel surya. Panel surya dapat digunakan pada rumah untuk contoh skala kecil, maupun dalam skala besar yaitu pembangkit listrik. Namun listrik yang dihasilkan dari panel surya tidak bisa langsung digunakan untuk beberapa peralatan rumah tangga, karena listrik yang dihasilkan adalah listrik searah atau direct current (DC). Sehingga diperlukan sebuah alat yang dapat mengubah listrik DC menjadi listrik AC (Alternating Current) yang dinamakan Inverter. Inverter yang baik adalah yang memiliki rating THD (Third Harmonic Distortion) tidak lebih dari 5%. THD yang tinggi dapat merusak peralatan elektronik. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode modulasi THIPWM yang mampu mereduksi THD.

**Kata Kunci** — Inverter, THIPWM, Mikrokontrol, Total Harmonic Distortion

## Abstract

Indonesia is a tropical country, means that Indonesia gets more sun exposure than other countries. Therefore, Indonesia has the potential to develop Renewable Energy, especially solar panels. Solar panels can be used in homes for small scale, as well as on large scale such as power plants. However, electricity generated from solar panels cannot be directly used for some household appliances, because electricity produced is direct current (DC) electricity. So we need a device that can convert DC electricity into AC electricity (Alternating Current) called an inverter. A good inverter is one that has a THD (Third Harmonic Distortion) rating of no more than 5%. High THD can damage electronic equipment. Therefore, this study uses the THIPWM modulation method that is able to reduce THD.

**Keywords** — Inverter, THIPWM, Microcontroller, Total Harmonic Distortion

## I. PENDAHULUAN

Negara tropis seperti Indonesia adalah negara yang berada dalam wilayah tropika, artinya Indonesia selalu mendapat sinar matahari yang tegak lurus pada saat siang hari minimal satu hari dalam setahun. Pada tengah-tengah daerah tropis ada

sebuah garis khayal yang disebut khatulistiwa. Dari letaknya dalam daerah khatulistiwa, wilayah Indonesia menerima banyak sinaran matahari karena matahari sepanjang tahun berada di atasnya.

Matahari merupakan sumber energi dari segala proses di bumi. Energi bersifat kekal dan tidak bisa di musnahkan. Energi tidak dapat hilang namun dapat diubah menjadi bentuk energi lain, seperti energi listrik. Untuk mengubah atau mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik, dibutuhkan sebuah alat yaitu panel surya. Namun, panel surya hanya menghasilkan listrik searah atau DC. Panel surya dapat menghasilkan listrik AC apabila dibantu dengan sebuah alat yang dinamakan Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Keluaran dari sebuah inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus, gelombang kotak dan gelombang sinus modifikasi

Inverter akan sangat dibutuhkan sebagai penyedia listrik cadangan terutama pada kebutuhan listrik rumah tangga jika sewaktu-waktu listrik sedang padam. Selain itu, inverter juga berperan penting dalam mengubah listrik DC dari panel surya menjadi listrik AC yang biasa digunakan sehari-hari.

Pada era teknologi milenial saat ini, pabrik-pabrik atau industri banyak menggunakan peralatan elektronik yang sangat sensitif terhadap harmonisa. Oleh karena itu, akhir-akhir ini sangat dibutuhkan sumber listrik dengan nilai harmonisa yang sangat kecil serta faktor daya yang tinggi pada dunia industri. Inverter adalah salah satu solusi untuk mendapatkan sumber daya yang bersih terutama di bidang energi terbarukan. Sebuah inverter dapat diklasifikasikan menjadi *single level* inverter dan *multilevel* inverter. *Multilevel* inverter memiliki keuntungan yaitu kecil nilai harmonisa dan keluaran daya yang lebih tinggi daripada *single level* inverter. Selain itu, dikenal juga PWM Inverter. Inverter jenis ini bekerja dengan mengatur lebar pulsa dari gelombang tegangan referensi. Ada berbagai macam cara modulasi dari PWM Inverter seperti SPWM (*Sine Pulse Width Modulation*), THIPWM (*Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation*) dan SVPWM (*Space Vector Pulse Width Modulation*). Pada

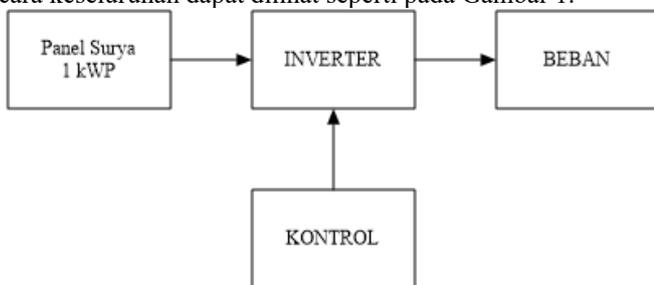
prinsipnya semua modulasi adalah sama, yang membedakan hanyalah bentuk gelombang referensi.

Berdasarkan uraian diatas, maka pada penelitian ini akan dibuat rancangan bangun inverter 1 fasa untuk sebuah panel surya dengan daya 1kWp (1000 wattpeak). Pada penelitian ini, digunakan keluaran berupa *modified sinewave* dengan teknik modulasi THIPWM (*Third Harmonic Injection PWM*). Modulasi THIPWM dipilih karena tipe modulasi ini dapat meningkatkan efisiensi serta dapat menghemat daya. Selain itu, modulasi THIPWM dipilih karena metode ini dapat mengatur faktor daya dari keluaran inverter serta dapat mengurangi harmonisa tegangan lebih baik daripada inverter biasa. Pada penelitian ini, digunakan konfigurasi *H-bridge*, dengan tegangan *input* 180 VDC langsung dari panel surya.

## II. METODE PENELITIAN

### A. Blok Diagram Sistem

Pada penelitian ini untuk mendapatkan data yang diinginkan dan sesuai dengan tujuan awal maka sesuai dengan topik yang diambil untuk bentuk dari blok diagram sistem secara keseluruhan dapat dilihat seperti pada Gambar 1.

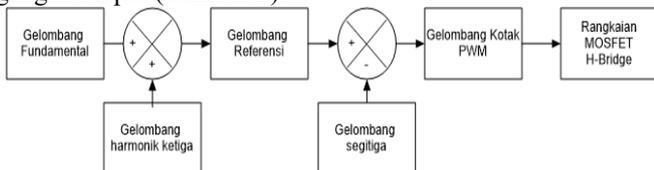


Gbr. 1 Diagram Blok Sistem

Panel surya akan mengeluarkan daya 1 kWp dengan arus searah (DC). Selanjutnya listrik akan dialirkan menuju Inverter yang akan mengubah listrik DC menjadi AC yang dapat digunakan pada beban. Inverter dikendalikan oleh mikrokontrol yaitu arduino. Pada penelitian ini digunakan beban maksimal 1 kW dengan 2 jenis beban yaitu beban berupa motor yaitu kipas angin dan beban lampu pijar.

### B. Perancangan Kendali atau Kontrol

Pada perancangan kendali ini memuat sistem dimana pengendai fuzzy dan pid digunakan untuk menentukan tegangan output (Gambar 2).



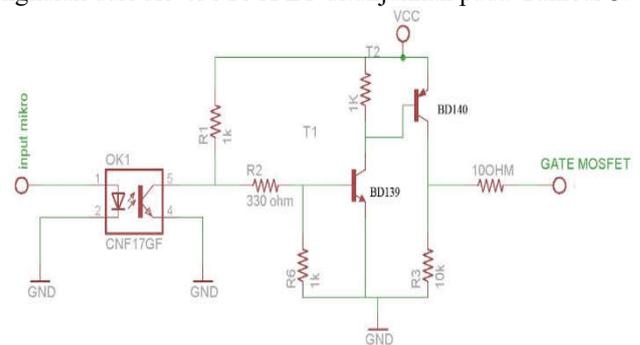
Gbr. 2 Diagram Blok Kontrol

Masukan dari pembentukan PWM adalah tegangan referensi dan tegangan carier serta terdapat pengaturan waktu. Kedua tegangan bermodulasi membentuk gelombang

kotak PWM. Gelombang tersebut dibangkitkan oleh mikrokontroler Arduino. Kemudian gelombang PWM dimasukkan pada driver rangkaian inti full bridge. Kemudian gelombang diteruskan menuju rangkaian inti full bridge. Pada rangkaian inti gelombang PWM akan diterima oleh gate mosfet yang kemudian bermodulasi dengan tegangan DC. Sehingga keluaran dari inverter membentuk gelombang baru atau modified sine wave.

### C. Perancangan Driver MOSFET

Driver MOSFET yang dimaksud adalah rangkaian utama dari inverter yang berfungsi menaikkan tegangan, dengan memperbesar tegangan maka besarnya tegangan pemicu pada gate MOSFET akan bernilai besar. Rangkaian ini mendapat input dari kontrol. Rangkaian driver ini dilengkapi *optocoupler* yang berfungsi untuk memisahkan tegangan mikrokontroler dengan tegangan yang lebih tinggi. Rangkaian dari driver MOSFET ditunjukkan pada Gambar 3.



Gbr. 3 Driver MOSFET

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian ini dilakukan dengan memberikan 2 jenis beban yaitu beban resistif dan beban induktif, dan variasi beban yang akan diberikan ada 3 yaitu beban resistif saja, beban induktif saja, dan penjumlahan semua beban baik resistif maupun induktif. Beban resistif yang digunakan adalah lampu pijar, dimulai dari 0 Watt (tanpa beban) hingga 240 Watt, kemudian akan dianalisis bagaimana efisiensi dari inverter. Pada beban induktif, digunakan 3 beban yaitu 2 buah bor listrik masing-masing berdaya 135 Watt dan 220 Watt dan 1 buah gerinda berdaya 450 Watt dengan total beban sebesar 805 Watt. Beban tersebut akan digunakan sebagai acuan untuk mencari tegangan keluaran, arus keluaran serta daya keluaran dan efisiensi yang nantinya akan dibuat grafik untuk dilakukan analisa.

### A. Analisa Pengujian Inverter Beban Resistif

Pengujian beban resistif dilakukan dengan menggunakan lampu pijar. Terdapat 12 variasi beban dengan beda masing-masing sebesar 20 Watt. Variasi beban dimulai dengan beban 20 Watt hingga beban 240 Watt (Tabel 1 dan 2).

TABEL I  
DATA TEGANGAN DAN ARUS BEBAN RESISTIF

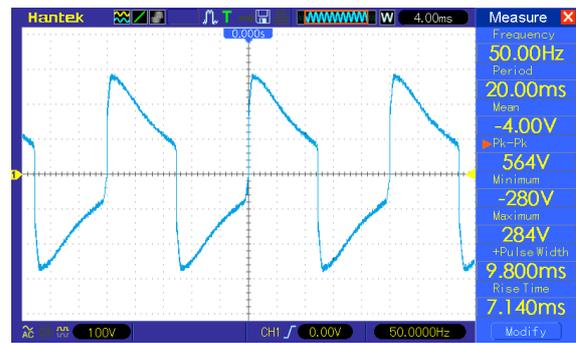
Beban (Watt)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
20	182,9	0,36	191,5	0,33
40	188,7	0,17	177,6	0,18
60	178,6	0,49	181,7	0,43
80	197,8	0,34	212,6	0,31
100	192,4	0,67	200,7	0,61
120	190,7	0,74	197,7	0,65
140	193,5	0,56	204,5	0,48
160	185	0,87	188,7	0,78
180	189,7	0,7	197,4	0,61
200	189,1	0,76	194,6	0,61
220	179,5	1,04	177,1	0,96
240	184,7	0,88	185,3	0,79

Selain itu juga didapatkan efisiensi dan THD dari beban resistif pada Tabel 2.

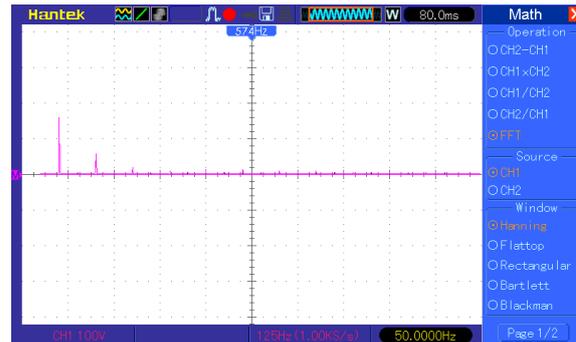
TABEL II  
DATA DAYA, EFISIENSI DAN THD BEBAN RESISTIF

Beban (Watt)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
20	182,9	0,36	191,5	0,33
40	188,7	0,17	177,6	0,18
60	178,6	0,49	181,7	0,43
80	197,8	0,34	212,6	0,31
100	192,4	0,67	200,7	0,61
120	190,7	0,74	197,7	0,65
140	193,5	0,56	204,5	0,48
160	185	0,87	188,7	0,78
180	189,7	0,7	197,4	0,61
200	189,1	0,76	194,6	0,61
220	179,5	1,04	177,1	0,96
240	184,7	0,88	185,3	0,79

Gambar 4 merupakan bentuk gelombang untuk beban resistif dengan beban 20 Watt. Gambar 5, merupakan spektrum gelombang untuk beban resistif dengan beban 20 Watt.



Gbr. 4 Bentuk Gelombang Beban 20 Watt



Gbr. 5 Spektrum Gelombang 20 Watt

*B. Analisa Pengujian Inverter Beban Induktif*

Pengujian beban induktif dilakukan dengan 3 jenis alat, yaitu bor kecil, bor besar dan gerinda dengan beban secara berturut-turut 135 Watt, 220 Watt dan 450 Watt (Tabel 3). Sehingga ketika dinyalakan semua, beban total adalah 805 Watt.

Tegangan masukan berbeda-beda pada setiap beban. Hal ini dikarenakan tegangan masukan dipengaruhi oleh intensitas matahari. Apabila digunakan sebuah baterai maka tegangan masukan akan stabil (konstan), sehingga tidak akan terjadi fluktuasi tegangan maupun arus.

TABEL III  
DATA TEGANGAN DAN ARUS BEBAN INDUKTIF

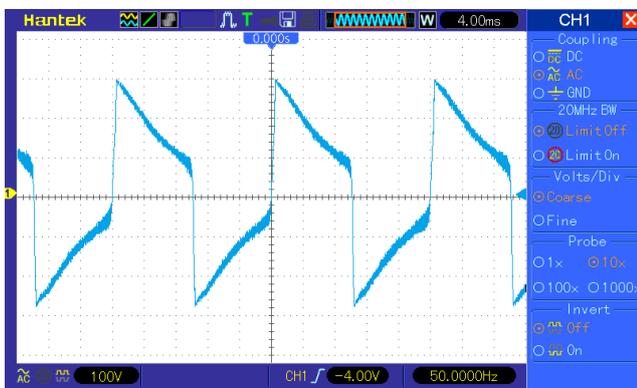
Beban (Watt)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
135	199	0,23	216,6	0,21
220	197,7	0,2	215,5	0,18
355	196,2	0,5	208,6	0,47
450	193,8	0,83	202,6	0,79
805	192,3	1,3	196,4	1,26

Selain itu juga didapatkan efisiensi dan THD dari beban induktif yaitu seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

TABEL IV  
DATA DAYA, EFISIENSI DAN THD BEBAN INDUKTIF

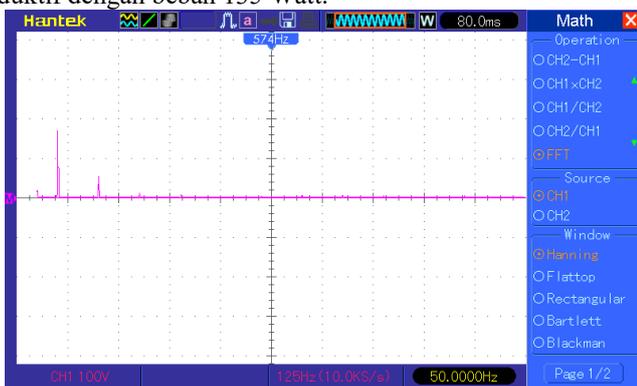
Beban (Watt)	Pin (Watt)	Pout (Watt)	Efisiensi (%)	THD (%)
135	45,77	45,486	99,38	15
220	39,54	38,79	98,10	21
355	98,1	98,042	99,94	20
450	160,854	160,054	99,50	15
805	249,99	247,464	98,99	16

Gambar 6 merupakan bentuk gelombang untuk beban induktif dengan beban 135 Watt.



Gbr. 6 Bentuk Gelombang 135 Watt

Gambar 7, merupakan spektrum gelombang untuk beban induktif dengan beban 135 Watt.



Gbr. 7 Spektrum Gelombang Beban 135 Watt

4

### C. Analisa Pengujian Inverter Beban Campuran

Pengujian dengan beban campuran adalah dengan menyalakan semua beban resistif (lampu) dan menggerakkan semua beban induktif. Sehingga didapatkan total beban yaitu 1045 Watt (Table 5 dan 6).

TABEL V  
DATA TEGANGAN DAN ARUS BEBAN CAMPURAN

Beban (Watt)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
1045	167,8	2,15	170,3	2,07

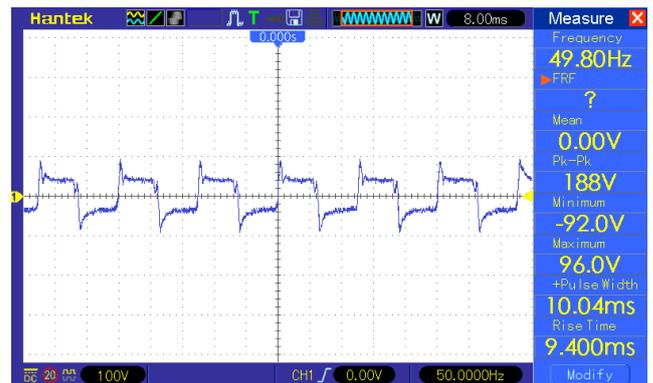
Selain itu juga didapatkan efisiensi dan THD dari beban campuran, yang diunjukkan pada Tabel 6

TABEL VI  
DATA TEGANGAN DAN ARUS BEBAN CAMPURAN

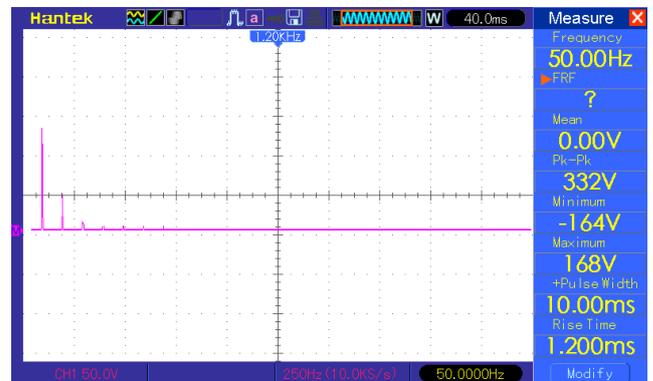
Beban (Watt)	Pin (Watt)	Pout (Watt)	Efisiensi (%)	THD (%)
1045	360,77	352,52	97,71	19

Gambar 8 merupakan bentuk gelombang beban campuran 1045 watt. Sedangkan Gambar 9 merupakan spektrum gelombangnya.

Pada beban campuran ini, hanya dilakukan 1 variasi data yaitu dengan beban 1045 Watt (240 Watt resistif dan 805 Watt induktif). Menganalisa Tabel 5 dan Tabel 6, dengan tegangan masukan sebesar 167,8 V dihasilkan tegangan keluaran sebesar 170,3 V, dengan arus masukan 2,15 Ampere dan arus keluaran 2,07 Ampere sehingga di dihasilkan daya keluaran 352,521 Watt serta efisiensi yang dihasilkan 97,71%.



Gbr. 8 Bentuk Gelombang 1045 Watt



Gbr. 9 Spektrum Gelombang 1045 Watt

#### IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Inverter dengan metode THIPWM ini masih memiliki THD rata-rata sebesar 15% dengan nilai THD terkecil 10% dan THD terbesar 21%. Hal ini dikarenakan inverter belum menggunakan filter ataupun trafo yang dapat menjaga tegangan dan mengurangi ripple.

Besar THD untuk masing-masing beban berbeda-beda, terjadi kenaikan dan penurunan pada tiap beban. Hal ini dikarenakan besar tegangan masukan dari panel surya yang berubah-ubah bergantung dengan kondisi langit apakah cerah atau tertutup awan pada saat itu.

Efisiensi dari inverter bergantung terhadap intensitas cahaya matahari. Jika intensitas cahaya rendah, maka akan menghasilkan efisiensi yang buruk serta THD yang tinggi.

Efisiensi tertinggi didapat pada saat inverter diberi beban induktif, yaitu sebesar 99%. Hal ini disebabkan beban induktif juga bekerja sebagai filter pasif

#### REFERENSI

- [1] Anita, & Gaur, P. (2015). Simulation of High Efficiency Grid Connected THIPWM-Three Phase PV Inverter. *European Journal of Advances in Engineering and Technology*, 129-134.
- [2] Chaturvedi, L., Yadav, D. K., & Pancholi, G. (2017). Comparison of SPWM, THIPWM and PDPWM Technique Based Voltage Source Inverters for Application in Renewable Energy. *Journal of Green Engineering*, 84-98.
- [3] Ibrahim, Z. B., Hossain, M. L., Bugis, I. B., Hasim, A. S., & Mahadi, N. M. (2014). Simulation Investigation of SPWM, THIPWM and SVPWM Techniques for Three Phase Voltage Source Inverter
- [4] JOSE, J., GOYAL, G. N., & AWARE, M. V. (2010). Improved Inverter Utilisation Using Third. *Drives and Energy Systems*, 1-6.
- [5] McGrath, B. P., & Holmes, D. G. (2002). Multicarrier PWM Strategies for Multilevel Inverters. *TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL ELECTRONICS*, 858-867.
- [6] Nagasai, K. B., & R, T. J. (2016). Harmonic Analysis and Application of PWM Techniques for Three Phase Inverter. 1228-1223.
- [7] Yaakub, M. F., Mohamad, S. H., Ahmad, S., & Jidin, A. Z. (2016). Simulation of Three-Phase Cascaded H-Bridge Multilevel Inverter with THIPWM. 484-488.
- [8] transactions on industrial electronics, Vol. 63, No. 2.
- [9] Younis, M. A., Rahim, N. A., & Mekhilef, S. (2010). High Efficiency THIPWM Three-Phase Inverter for Grid Connected System. *Industrial Electronics and Applications*, 88-93.

