

Analisis Perbandingan Inverter Satu Fasa PWM dan SPWM dengan Trafo

Ikhsan Hidayat
Prodi Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
ikhsanhidayat@ung.ac.id

Al Mahdali
Prodi Otomasi Sistem Permesinan
Politeknik ATI Makassar
Makassar Indonesia
almahdali@atim.ac.id

Moh. Afandy
Prodi Teknik Listrik dan Instalasi
Politeknik Industri Logam Morowali
Morowali, Indonesia
fandhymoh@gmail.com

Diterima : November 2021
Disetujui : Desember 2021
Dipublikasi : Januari 2022

Abstrak— Riset ini membandingkan masukan sinyal PWM dan SPWM untuk mendapatkan THD yang rendah, dan juga terkait efek dari teknik modulasi dan jumlah pulsa pada disipasi daya rendah yang terdapat pada inverter satu fasa. Inverter satu fasa diberikan masukan pulsa menggunakan PWM (*Pulse Width Modulation*), dan SPWM (*Sinusoidal Pulse Width Modulation*) dalam bentuk gelombang persegi (kotak) yang dipasangkan dengan filter LCL yang sesuai, kemudian menghasilkan desain rangkaian inverter yang memiliki THD (*Total Harmonic Distortion*) yang rendah dan efisiensi tinggi. Transformator digunakan untuk meningkatkan tegangan sumber masukan yang semula 48 Volt menjadi 220Volt (Untuk alat elektronik skala rumahan) juga disebutkan dalam penelitian ini. Hasil percobaan simulasi dari analisis perbandingan antara inverter satu fasa PWM dengan inverter satu fasa SPWM maka didapatkan bahwa model inverter teknik PWM (switching gelombang kotak) dapat meminimalisir harmonisa hingga mendekati 1.8 %.

Kata Kunci—*Power elektronik; Single Phase Inverter, Transformator, PWM.*

Abstract- This study compares PWM and SPWM input signals to obtain low THD, and also covers the effects of modulation technique and pulse count on power dissipation in single-phase inverters. The single-phase inverter receives a pulse input using PWM (*Pulse Width Modulation*) and SPWM (*Sinusoidal Pulse Width Modulation*) in the form of a square wave that is paired with a suitable LCL filter and then creates an inverter circuit design that has a low THD (*Total Harmonic Distortion*) and a high degree of efficiency. Transformers used to increase the input source voltage from 48 Volts to 220Volts (for home-scale electronic devices) are also mentioned in this study. The results of the simulation experiment from the comparative analysis between the single-phase PWM inverter and the single-phase SPWM inverter showed that the inverter model using PWM technology (square wave circuit) can minimize harmonics to almost 1.8%.

Keyword—*Power electronics; Single Phase Inverter, Transformator, PWM.*

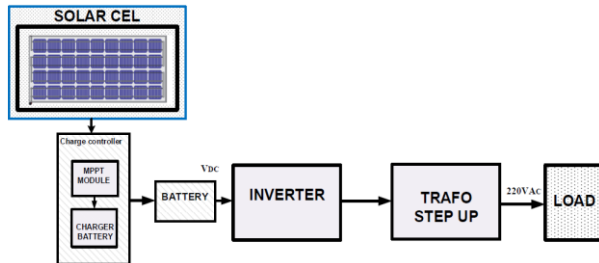
I. PENDAHULUAN

Semakin tipisnya ketersediaan pasokan sumber daya energi fosil [1] dan dengan harga bahan bakar semakin meningkat, menjadikan sebagian masyarakat beralih menggunakan energi baru dan terbarukan, seperti *solar cell*, tenaga angin dan biomassa. Energi panas matahari misalnya dianggap cocok sebagai energi alternatif pengganti listrik dari PLN karena berlimpah, bebas polusi dan bebas perawatan [2]. Tegangan sel surya menghasilkan tegangan dalam bentuk DC, namun hampir semua peralatan listrik rumah tangga menggunakan sumber tegangan AC, oleh sebab itu dibutuhkan sebuah alat yang dapat mengubah arus bolak-balik menjadi arus searah, yang sering disebut inverter [3].

Inverter saat ini sangat banyak dipasaran tetapi keluaran yang dihasilkan masih banyak terdapat kelemahan pada gelombang yang dihasilkan tidak begitu baik dan dengan adanya riak harmonisa (THD) yang bisa merusak peralatan listrik yang disuplainya. Suplai daya yang dikeluarkan oleh inverter dapat memberikan keuntungan apabila dibandingkan dengan suplai daya PLN (Perusahaan Listrik Negara), dengan cara tegangan/arus konstan dan juga frekuensi konstan walaupun terjadi perubahan beban. Dalam penggunaan transformator juga inverter saat ini dapat dikategorikan menjadi 2 ada yang menggunakan trafo dan ada juga yang tanpa menggunakan trafo [3].

Pada pengaplikasian photovoltaic (PV), transformator sering digunakan untuk menyediakan isolasi galvanis dan transformasi rasio tegangan (perbandingan antara lilitan primer dan sekunder) [4]. Maka dari itu penulis akan mengangkat sedikit terkait transformator pada penggunaan sistem tenaga surya berbasis rumahan ini. Berangkat dari hal tersebut akan dilakukan analisis yang mendalam terhadap inverter satu fasa dengan trafo, dan juga pengaruh metode control PWM, SPWM, inverter satu fasa dengan parameter yang akan dilihat adalah THD (*Total Harmonic Distortion*), jumlah komponen yang digunakan dan efisiensi inverter tersebut.

THD yang juga disebut harmonisa terjadi karena distorsi gelombang arus dan tegangan yang terdapat pada gelombang keluaran inverter. Oleh karena itu penelitian ini menitikberatkan pada pengujian inverter dengan PWM dengan trafo, dan juga inverter satu fasa dengan metode control PWM, metode diuji untuk mendapatkan THD yang paling kecil dengan efisiensi inverter yang paling mendekati 100%. Untuk mengatasi masalah THD maka digunakan filter pasif (PPF), konsep PPF (*Passive Power Filter*) dapat mengurangi gangguan harmonic di bawah standar yang telah ditetapkan oleh IEEE [4].



Gambar 1. Diagram keseluruhan sistem pembangkit tenaga mikro berbasis tenaga surya dengan trafo.

Gambar 1 menampilkan diagram keseluruhan dari sistem pembangkit tenaga surya untuk skala rumahan yang akan diteliti. Mulai dari baterai, inverter, transformator dan bebannya disimulasikan menggunakan aplikasi SPICE. Generator sinyal dan komponen analisis juga dimodelkan dalam program SPICE[6].

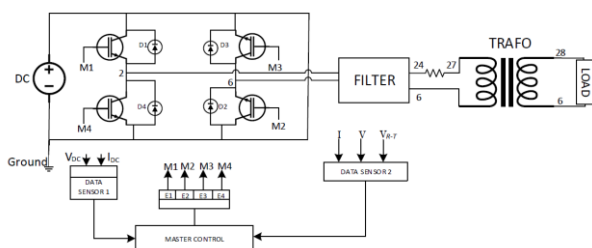
II. METODE

Dalam desain ini, kami menyajikan metode simulasi yang menunjukkan respons frekuensi, THD, daya keluaran, amplitudo tegangan, dan efisiensi daya sebagai dasar untuk analisis filter, dan menggunakan transformator. Selain itu, inverter fase tunggal dengan metode kontrol pensaklaran (*switching*) yaitu menggunakan PWM dan SPWM[12].

Model yang diukur dan dibandingkan disini adalah beberapa model inverter, satu fasa menggunakan teknik PWM dan SPWM, diuji dengan pengujian menggunakan trafo. Dimana parameter tiap-tiap filter yang akan digunakan berbeda untuk mendapatkan hasil THD yang dibawah standar dari IEEE [15].

A. Model Inverter satu fasa

Model inverter satu fasa dengan trafo ini adalah model inverter satu fasa yang hanya memiliki 4 MOSFET dan 4 dioda dengan tambahan trafo *step up* yang dapat meningkatkan tegangan dari 48Volt menjadi sekitar 220 Volt. Gambar Skema inverter satu fasa dengan trafo terdapat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Inverter satu fasa dengan trafo dengan filter

Perangkat switching MOSFET direpresentasikan sebagai M1, M2, M3 dan M4. Untuk setiap elemen

pelindung untuk MOSFET, Dioda D1, D2, D3, dan D4 akan digunakan. Inverter fase tunggal menghasilkan tegangan keluaran yang difilter pada titik 24 dan 6. Transformator keluaran pada titik 28 dan 6. Sedangkan arus keluaran PPF adalah I 24,6. Output PPF saat ini adalah I 24,6. E1, E2, E3 dan E4 adalah sinyal kendali switching PWM dan SPWM yang digerakkan oleh daya. Untuk mempertahankan frekuensi 50 Hz yang diinginkan, sinyal termodulasi digunakan untuk terminal gerbang MOSFET untuk periode tertentu [9].

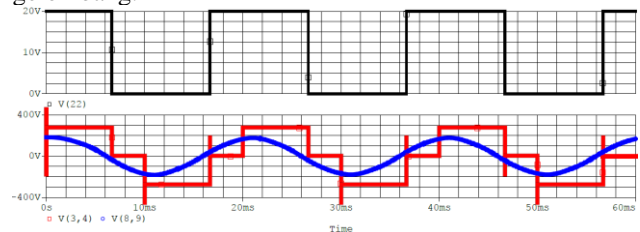
Untuk titik 4 dan 0 adalah sumber dc dari baterai 48 Volt, sedangkan titik 2 dan 6 adalah titik keluaran dari inverter yang sudah berupa AC, setelah keluaran inverter maka kemudian masuk melalui filter dan pada keluaran filter pada titik 24 dan 6 akan masuk ke trafo sebelumnya harus ada resistor sebelum masuk ke trafo. Titik 27 dan 6 adalah sisi primer dari trafo yaitu L3, sedangkan untuk L4 adalah merupakan gulungan sekunder dari trafo, dan keluaran dari titik trafo tersebut adalah titik 28 dan 6 langsung menuju beban (load).

Untuk inverter satu fasa menggunakan dua metode teknik yang berbeda yaitu teknik PWM dan SPWM, dan tentunya memiliki parameter simulasi yang berbeda pula.

B. Pulse Width Modulation (PWM)

Inverter satu fasa dengan menggunakan teknik pensaklaran gelombang kotak biasa disebut dengan inverter PWM satu fasa. teknik PWM adalah proses berubahnya sinyal pada sebuah gelombang yang diatur oleh besar kecilnya lebar pada pulsa gelombang. [10].

PWM merupakan cara untuk mengolah sinyal gelombang yang konsepnya seperti pensaklaran, seperti pada keadaan nyala (*on*) dan padam (*off*) yang di atur oleh sinyal gelombang.



Gambar 3. Gambaran Pulsa PWM

Dengan menggunakan mikrokontroler digital, komponen analog sederhana, dan rangkaian terpadu PWM yang spesifik dapat membuat variasi pola siklus sinyal PWM. Inverter modifikasi gelombang sinusoidal mirip dengan inverter gelombang kotak namun menggunakan jenjang lain untuk terlihat menyerupai bentuk gelombang sinusoidal.

Pada kontrol PWM yang analog membutuhkan pembangkitan sinyal referensi dan *carrier* (pembawa) yang mensuplai umpan ke komparator yang menciptakan sinyal output berdasarkan ketidaksamaan antara frekuensi. Sinyal referensi merupakan sinusoidal dan frekuensi sinyal output yang diinginkan, adapun sinyal *carrier* biasanya berbentuk gigi gergaji pada frekuensi yang secara substansial lebih tinggi dibanding sinyal referensi.

Apabila sinyal *carrier* melewati rujukan, sinyal *output* komparator terdapat pada suatu kondisi dan apabila referensi ada pada tegangan yang diatasnya, outputnya terdapat kondisi kedua. Keadaan ini ditunjukkan pada Gambar 3. Sinyal frekuensi *carrier* berbentuk kotak-kotak, dan gelombang sinyal referensi berbentuk sinusoidal sinusoidal,

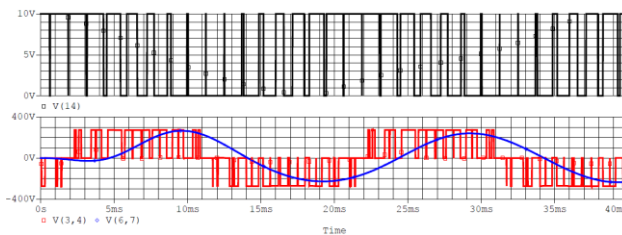
pulsa sinus termodulasi dan pulsa tidak termodulasi. Guna menciptakan keluaran dengan sinyal PWM, teknologi pensaklaran lainnya atau transistor difungsikan untuk menyambungkan sumber ke beban pada saat sinyal rendah atau tinggi.

Pada elektronika daya skema pensaklaran yang sering digunakan adalah skema konfigurasi *full bridge* (jembatan penuh) atau *half bridge* (setengah jembatan). Pada konfigurasi *full bridge* diperlukan empat perangkat pensaklaran dan biasa disebut dengan *H bridges*, karena orientasinya terkait dengan beban.

C. Signal Pulse Width Modulation (SPWM)

Untuk menghasilkan sinyal SPWM membutuhkan sinyal *carrier* dan juga sinyal pemodulasi. Sinyal *carrier* menyerupai sinyal gelombang gigi gergaji sedangkan sinyal pemodulasi menyerupai gelombang sinyal sinusoidal. Teknik *sine look up table* menghasilkan *look up table* gelombang sinusoidal yang berisi data-data nilai amplitudo gelombang sinusoidal dalam satu periode. Nilai dari amplitudo tersebut dipakai menjadi *duty cycle* PWM.

SPWM memiliki prinsip kerja sebagai pengatur luas sinyal yang membentuti model sinyal sinusoidal. Sinyal gigi gergaji dengan gelombang dan amplitudo yang maksimal menggunakan sinyal sinus dengan frekuensi dan amplitudo maksimal sebagai referensi untuk mengubah sinyal pembawa. Sebagai frekuensi *carrier*, gelombang sinyal gigi gergaji wajib setingkat atau lebih dari isyarat sinus. Adapun indek modulasi amplitudo biasa juga disebut dengan perbandingan amplitudo gelombang sinusoidal dengan gelombang gigi gergaji.



Gambar 4. Gambaran Pulsa SPWM

D. Harmonisa

Hubungan antara bentuk frekuensi sinus sistem pada gelombang kelipatan integer dari frekuensi fundamental menyebabkan gelombang distorsi secara periodik pada keadaan rata-rata disebut juga dengan harmonisa. Total Harmonics distortion (THD) merupakan parameter pertama dari harmonisa. Perbandingan jumlah RMS anggota harmonisa terhadap nilai RMS dari anggota fundamental yang biasanya dihitung pada bentuk persen (%) disebut juga dengan THD. Nilai-nilai ini digunakan untuk menghitung penyesatan bentuk sinyal periodik yang terdapat pada harmonisa dari bentuk gelombang sinus yang komplit (sempurna). THD nol persen merupakan gelombang sinus yang komplit (sempurna). Rumus dari nilai THD tegangan dinyatakan pada Persamaan (3). Parameter kedua adalah *Individual Harmonic Distortion* (IHD) yaitu perbandingan nilai rms harmonisa individu terhadap nilai rms komponen fundamentalnya. Parameter ketiga adalah THD arus yaitu jumlah distorsi harmonisa arus dan didefinisikan dalam Persamaan (1-2). Untuk Daya keluar dapat dicari dengan rumus dalam Persamaan (4), untuk efisiensi daya dapat dinyatakan pada persamaan (5) :

$$i_t = I_0 + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos(n \cdot \omega \cdot t) + \theta_n \quad (1)$$

$$THD_I = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}{I_1^2}} \quad (2)$$

$$THD_V = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{\infty} v_n^2}{V_1^2}} \quad (3)$$

$$P = V \cdot I \quad (4)$$

$$\eta = 1 + \frac{Dayaoutput}{Dayainput} \times 100\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (5)$$

Deret Fourier memiliki prinsip dasar yaitu seluruh bentuk gelombang waktu atau frekuensi waktu kontinyu $f(t)$ yang *periodic* (asalkan bukan gelombang sinus) bisa dinyatakan atau diuraikan kedalam beberapa komponen harmonisa atau komponen frekuensi, atau menggunakan istilah lain bisa dinyatakan menjadi pola penambahan fungsi dari sinus atau cosinus. Jadi apabila terdapat frekuensi saat yang berkelanjutan $f(t)$ yang per periode (penyimpangan karena terdapatnya harmonisa) diambil deret Fouriernya maka outputnya berupa frekuensi saat berkelanjutan pula, namun terdapat komponen frekuensi serta gelombang harmonisa.

Variabel output dari analisis transien adalah dalam bentuk terpisah. Data sampel ini dapat digunakan untuk menghitung koefisien deret Fourier.

Standar penelitian ini menggunakan standar harmonisa dari IEEE 519-1992 [15]. Batas harmonisa untuk arus (THD_V) dan tegangan (THD_I) merupakan dua kriteria yang digunakan untuk evaluasi distorsi harmonisa

TABEL 1. Batas distorsi tegangan yang diakibatkan harmonisa menurut IEEE 519-1992

IEEE Std 519-1992,p.85.1993 ¹			
Distorsi Tegangan Harmoni dalam % Fundamental			
Sistem Tegangan	<69kV	69-138kV	>138kV
THD	5,0	2,5	1,5
Distorsi Arus Harmoni dalam % Fundamental			
I_n/I_L	THD		
< 20	5,0		
20-50	8,0		
50-100	12,0		
100-1000	15,0		
>1000	20,0		

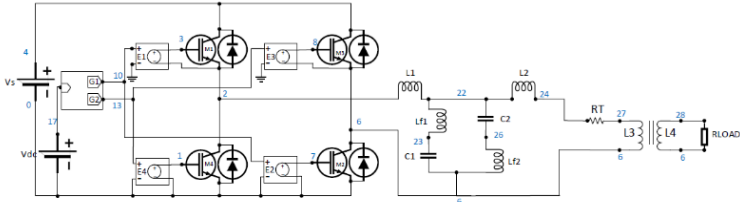
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan melakukan simulasi. Simulasi dilakukan menggunakan program simulasi *PSpice A/D lite* untuk memperlihatkan perbandingan dan kualitas keluaran dari teknik PWM dan teknik SPWM dalam mempertahankan harmonik. Masing-masing diuji langsung dengan menggunakan filter. Setelah diperoleh data simulasi, maka didapatkan hasil nilai yang dapat dibandingkan. Adapun parameter yang akan ditampilkan adalah berupa THD, tegangan keluaran, Arus, dan efisiensi.

B. Model Pengukuran

Model yang diukur dan dibandingkan disini adalah model inverter, pengujian inverter satu fasa menggunakan teknik PWM dan SPWM, diuji dengan pengujian menggunakan trafo dan filter LCL, dimana parameter tiap-tiap filter yang akan digunakan berbeda untuk mendapatkan hasil THD yang dibawah standar dari IEEE.



Model inverter satu fasa dengan trafo ini adalah model inverter satu fasa yang hanya memiliki 4 MOSFET dan 4 dioda dengan tambahan trafo step up yang dapat meningkatkan tegangan dari 48Volt menjadi sekitar 220 Volt. Gambar rangkaian inverter satu fasa dengan trafo terlihat di Gambar 5

Gambar 5. Rangkaian Inverter satu fasa dengan trafo

Untuk titik 4 dan 0 adalah sumber DC dari baterai 48 Volt, sedangkan titik 2 dan 6 adalah titik keluaran dari inverter yang sudah berupa AC, setelah keluaran inverter maka kemudian masuk melalui filter dan pada keluaran filter pada titik 24 dan 6 akan masuk ke trafo sebelumnya harus ada resistor sebelum masuk ke trafo. Titik 27 dan 6 adalah sisi primer dari trafo yaitu L3, sedangkan untuk L4 adalah merupakan gulungan sekunder dari trafo, dan keluaran dari titik trafo tersebut adalah titik 28 dan 6 langsung menuju beban (load).

Untuk inverter satu fasa menggunakan dua metode teknik yang berbeda yaitu teknik PWM dan SPWM, dan tentunya memiliki parameter simulasi yang berbeda pula. Adapun parameter simulasi dari model inverter dengan trafo menggunakan teknik pensaklaran PWM dan SPWM terlihat pada tabel 2.

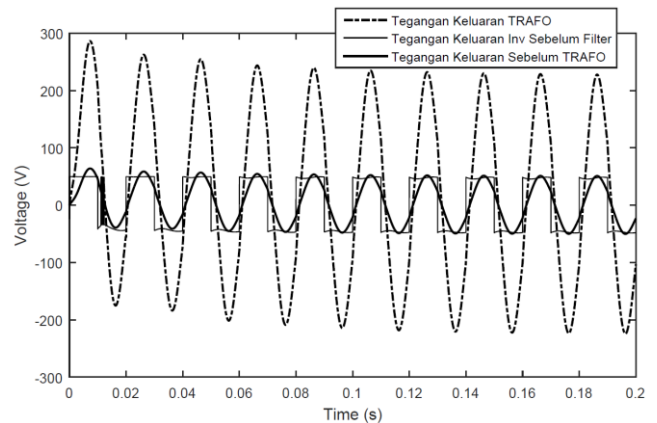
TABEL 2. SIMULASI PARAMETER INVERTER SATU FASA DENGAN TEKNIK PWM & SPWM DENGAN TRAFU.

Parameter	Teknik PWM / SPWM			
	PWM		SPWM	
Frequency	50 Hz		50 Hz	
Input voltage	48 V		48 V	
Output Voltage	227 V		190 V	
Output Power	116 W		81 W	
Variable Parameter filter	LCL 2-leg's	Trafo	LCL 2-leg's	Trafo
L1	10 mH	-	10 mH	-
L2	15 mH	-	15 mH	-
Lf1	5 mH	-	1.5 mH	-
Lf2	5 mH	-	4.5 mH	-
C1	195 uF	-	256 uF	-
C2	195 uF	-	260 uF	-
RT	-	10 Ohm	-	10 Ohm
L3	-	40 mH	-	45 mH

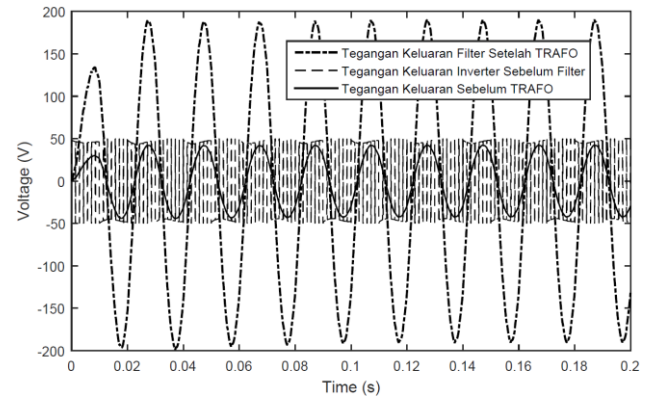
L4	-	800 mH	-	900 mH
----	---	--------	---	--------

C. Hasil simulasi

Untuk model inverter satu fasa dengan trafo ini terbagi menjadi 2 jenis pengujian, yaitu dengan teknik kontrol PWM dan SPWM. Dari Persamaan 2 dan Persamaan 3 dalam program spice menghasilkan analisis nilai THD terlihat pada Tabel 5. Dari hasil yang telah didapatkan dari pengujian simulasi inverter dengan PWM memberikan hasil persentase nilai THD yang baik, yaitu di bawah standar THD dari IEEE yaitu sebesar 1.81%, sedangkan untuk simulasi inverter satu fasa dengan menggunakan trafo teknik kontrol SPWM menunjukkan hasil THD yang tidak terlalu jauh dari PWM yaitu sebesar 1.84%. Ini diakibatkan komponen yang digunakan pada filter LCL 2-Legs, penentuan untuk variable parameter filter tergantung pada bentuk gelombang yang halus, maka dari itu penentuan komponen filter dan trafo dengan melakukan pengujian menggunakan aplikasi PS spice Untuk melihat hasil pengukuran amplitudo tegangan lebih jelas pada gambar 6, gambar 7 dan tabel 3



Gambar 6. Grafik Tegangan Inverter Satu fasa Dengan Trafo teknik PWM



Gambar 7. Grafik Tegangan Inverter Satu fasa Dengan Trafo teknik SPWM

TABEL 3. PENGUKURAN AMPLITUDO TEGANGAN PADA INVERTER SATU FASA DENGAN TRAFU

Filter	Sumber inverter		Keluaran inverter		Keluaran filter	
	V_{dc}	I_{dc}	V_{inv}	I_{inv}	V_{fil}	I_{fil}
PWM						
LLCL 2Leg	48	1.2885	48	1.2886	227	1.0127
SPWM						
LLCL 2Leg	48	4.3648	46	4.3651	190	864.223m

Tabel 4 menunjukkan hasil Persamaan 4 daya aktif dalam program spice dengan terkendali PWM dan SPWM untuk daya output dari inverter satu fasa dengan trafo. Seperti yang ditunjukkan pada tabel, menunjukkan kinerja daya sangat baik.

TABEL 4. HASIL PENGUKURAN DAYA PADA INVERTER SATU FASA DENGAN TRAF0

Daya P (W)		
Sumber inverter	Keluaran inverter	Keluaran filter
PWM		
2.6K	318	225
SPWM		
4.6K	318	150

Dari Persamaan 3 dalam program *spice* menghasilkan analisis nilai THD_v ditunjukkan pada Tabel 5. Dari hasil yang telah didapatkan hampir rata-rata setiap model multilevel inverter maupun inverter memberikan hasil presentasi dibawah 5% ini berarti nilai yang dicapai sangat memuaskan.

TABEL 5. HASIL PENGUKURAN THD_v TRAF0

Model Inverter	THD _v (%)
Inverter satu fasa dengan kendali PWM	1.81
Inverter satu fasa dengan kendali SPWM	1.84

Dari hasil yang telah didapatkan hampir rata-rata setiap model multilevel inverter maupun inverter memberikan hasil presentasi dibawah 5% ini berarti nilai yang dicapai sangat memuaskan. Dari tabel 5 terlihat bahwa untuk inverter satu fasa dengan kendali PWM memiliki THD yang paling kecil diantara yang lainnya. Dan juga untuk tabel 6 menunjukkan hasil persamaan 4 daya aktif dalam program spice tanpa trafo untuk daya output dari dua inverter yang dibandingkan. Terlihat bahwa inverter satu fasa dengan kendali PWM lebih besar sekitar 116 Watt.

TABEL 6. DATA PENGUKURAN DAYA

Model Inverter	Daya (WATT)
Inverter satu fasa dengan kendali PWM	116
Inverter satu fasa dengan kendali SPWM	81

Tabel 7 menunjukkan hasil Persamaan (5) dalam program simulasi model inverter dengan trafo untuk efisiensi daya dari masing-masing dibandingkan. Model untuk inverter satu fasa dengan kendali PWM memiliki hasil yang sangat baik yaitu sekitar 98%.

TABEL 7 DATA EFISIENSI KEADAAN

Model Inverter	Effi. P(%)
Inverter satu fasa dengan kendali SPWM	35
Inverter satu fasa dengan kendali PWM	98

D. Statistik Komparatif

Bagian ini menyajikan data kuantitatif dari hasil simulasi yang disajikan di bagian sebelumnya. Tegangan yang disediakan oleh inverter dengan trafo kendali PWM dan

SPWM memiliki perbedaan dimana terlihat di tabel 4, 5, 6 dan 7. Dari data pengukuran telah menunjukkan bahwa inverter satu fasa dengan kendali SPWM memiliki tegangan keluaran yang mencapai 190 Volt dan memiliki daya keluaran yang hanya 81 Watt, sedangkan dari data pengukuran telah menunjukkan bahwa inverter satu fasa dengan kendali PWM unggul dalam kinerja terhadap amplitudo tegangan keluaran yang mencapai 227 Volt, dan juga memiliki daya keluaran yang lumayan baik yaitu sekitar 118 Watt. Di sisi lain pada total distorsi harmonik model inverter yang memiliki THD yang paling kecil adalah pada model inverter satu fasa kendali PWM yaitu sebesar 1.81 % THD dan juga memiliki efisiensi yang paling besar sekitar 98% lebih baik dari inverter menggunakan kendali SPWM yang hanya memiliki efisiensi 35% dan THD sebesar 1.84 %. Untuk lebih jelasnya seluruh kesimpulan dari pengukuran akan disajikan pada tabel 8.

TABEL 8. HASIL PENGUKURAN DAYA, EFISIENSI DAN THD

Model Inverter	Daya P (W)			Effi. P (%)	THD _v (%)
	Input inverter	Output inverter	Output filter		
Inverter 1 fasa kendali PWM	199	92	116	98	1.81
Inverter 1 fasa kendali SPWM	266	211	81	35	1.84

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari statistik komparatif di atas inverter satu fasa dengan gelombang kotak sederhana PWM dibandingkan dengan SPWM, menunjukkan inputan PWM dapat menghasilkan tujuan penelitian yaitu THD yang rendah, efisiensi yang tinggi, dan tegangan keluaran inverter sebesar 220 - 230 Volt. Dari studi perbandingan dengan simulasi SPICE dapat disimpulkan bahwa, Inverter satu fasa dengan trafo menggunakan teknik pensaklaran PWM merupakan inverter yang memiliki THD yang rendah, dan efisiensi daya yang tinggi diantara inverter yang di uji cobakan sebelumnya. Inverter yang cocok untuk skala rumah tangga adalah inverter yang memiliki tegangan sekitar 220-230 Volt, maka dari itu inverter satu fasa dengan trafo dengan teknik pensaklaran PWM adalah yang paling sesuai karena memiliki tegangan keluaran 227 Volt, THD yang rendah, dan efisiensi daya yang tinggi. Untuk efisiensi daya hasil inverter yang terbaik untuk inverter dengan menggunakan trafo bisa mencapai 98%. Masukan gelombang pulsa kotak sederhana dari PWM dapat menghasilkan gelombang pulsa sinusoidal yang baik, apabila menggunakan filter yang sesuai. Seluruh inverter dalam pengujian memiliki besaran komponen yang berbeda-beda, dan merupakan komponen-komponen yang sudah dicoba pada simulator terbukti dapat mengurangi harmonisa pada inverter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo untuk mendanai penelitian kami di bawah skema " Penelitian Kolaboratif Dana BLU FATEK" (Hibah Penelitian Tim BLU Fakultas Teknik UNG) pada tahun 2021.

REFERENSI

- [1] K. Sato, H. Haga and S.K Nagaoka, Single-Phase 7-Level Inverter For Reducing Number Of Switches, *Intelec, Int. Telecommun Energy Conf.*, Vol 2016-September, 2016. J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [2] V Letsoin, F A Samman, A E U Salam, Three-Phase DC-AC Inverter with Low Power Dissipation Filter For Photovoltaic-Based Micro-Grid Scale Electric Power System, *The 9th International Conference on Electrical, Electronics, Communications, Controls and Informatics System*, Batu City, Indonesia,,October,2018.
- [3] I. Hidayat, F. A. Samman and R. S. Sadjad, "Single-Phase DC-AC Inverter with Transformer and Transformerless and Low Power Dissipation Filter for Photovoltaic-Based Home-Scale Electric Power System," 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), 2019, pp. 723-727, doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938478.
- [4] I. Hidayat, F. A. Samman and R. S. Sadjad, " Low Power Dissipation Filter of Single-phase DC-AC Inverter for Photovoltaic Based Home Scale Electric Power System," 1st International Conference on Science and Technology, ICOST 2019, 2-3 May, Makassar, Indonesia, 2019, pp. 447-457, doi: 10.4108/eai.2-5-2019.2284602.
- [5] Andani Achmad, Al Mahdali, Ansar Suyuti, "Optimization of Industrial Emission Analysis by Reading Sensor Output Voltage", 1st International Conference on Science and Technology, ICOST 2019, 2-3 May, Makassar, Indonesia, 2019, doi: 10.4108/eai.2-5-2019.2284627
- [6] Bassi HM, Salam Z. A New Hybrid Multilevel Inverter Topology with Reduced Switch Count and dc Voltage Sources. *Energies*. 2019; 12(6):977. <https://doi.org/10.3390/en12060977>
- [7] Cadence PSpice Reference Guide. , Cadence Design Systems. 2000
- [8] Tuinenga Paul W. *Spice A Guide to Circuit and Analysis Using PSpice*. New Jersey: Prentice Hall
- [9] N.-C. Yang and M.-D. Le, Optimal design of passive power filters based on multi-objective bat algorithm and pareto front, *Applied Soft Computing*, vol. 35, pp. 257266, 2015.
- [10] M. Buyuk, A. Tan, M. Tumay, and K. C. Bayindir, Topologies, generalized designs, passive and active damping methods of switching ripple filters for voltage source inverter: A comprehensive review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 62, pp. 46 69, 2016.
- [11] Z Liu, and F Blaabjerg, Modelling of the modified-LLCL-filter-based single-phase grid-tied Aalborg inverter *IET Power Electronics*, vol 10, Pages 151-155., Feb 2017
- [12] M. J. H. Rawa, D. W. P. Thomas and M. Sumner, "Experimental Measurements and Computer Simulations of Home Appliances Loads for Harmonic Studies," 2014 UKSim-AMSS 16th International Conference on Computer Modelling and Simulation, 2014, pp. 340-344, doi: 10.1109/UKSim.2014.12.
- [13] A Mostaan, A Abdelhakim, F Blaabjerg, and M Soltani, Single-phase Transformer-less buck-boost Inverter with zero leakage for PV Systems, 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Beijing, China Oct 29-Nov 1, 2017
- [14] Al Mahdali, "Optimalisasi Kalibrasi Sistem Pemantauan Emisi Dengan Menggunakan Sensor Gas", pp. 91 – 96, 28 October 2021, Makassar, Indonesia, 2021, ISBN : 978-602-60451-8-8
- [15] Harun zbay, Selim nc, Metin Kesler, SMC-DPC based active and reactive power control of grid-tied three phase inverter for PV systems, *international Journal of Hydrogen Energy*, Volume 42, Issue 28, 13 July 2017, Pages 17713-17722,
- [16] Muhammad H. Rashid, Hasan M, *Spice for Power Electronics and Electric Power*, Taylor and Francis Group, Volume: 2, 2006
- [17] IEEE Power and Energy Society; IEEE recommended practices and requirements for harmonic control in electrical power systems, *IEEE Std 519-1992*, p. 85, 1993
- [18] M. Afandy, F. A. Samman and A. Ejah Umraeni Salam, "Performance Comparative study on DC-DC Boost Converters Non-Isolated Configurations," 2019 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT), 2019, pp. 728-732, doi: 10.1109/ICOIACT46704.2019.8938481.