

# Desain Inverter Tiga Fasa dengan Minimum *Total Harmonic Distortion* Menggunakan Metode SPWM

Lalu Riza Aliyan, Rini Nur Hasanah, M. Aziz Muslim

**Abstrak-** Salah satu elemen penting dalam proses konversi energi listrik yaitu inverter, dimana fungsinya yaitu mengkonversi tegangan dan arus searah menjadi tegangan dan arus bolak balik. Salah satu jenis inverter yaitu inverter tiga fasa dimana inverter jenis ini mampu mengkonversi arus searah menjadi arus bolak balik tiga fasa. Penggunaan inverter jenis ini banyak digunakan di berbagai bidang khususnya industri untuk menggerakkan motor tiga fasa. Salah satu masalah yang sering timbul dalam proses konversi tersebut yaitu *Total Harmonic Distortion (THD)*. Dimana harmonisa merupakan pembentukan sinyal sinusoida yang nilainya merupakan kelipatan dari frekuensi dasarnya. Harmonisa tentunya akan menimbulkan masalah dari gangguan pada sistem hingga kerusakan pada piranti listrik. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan upaya untuk meminimumkan nilai THD salah satunya yaitu metode *pulse width modification dan filtering*. Metode ini dapat menurunkan nilai THD hingga 10%. Pada penelitian ini akan dibahas perancangan inverter tiga fasa dengan minimum THD dengan metode *Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)*. Dimana dengan metode ini nilai THD dapat diturunkan hingga mencapai 7.40% untuk THD arus dan 17.63% untuk THD tegangan.

**Kata Kunci**—Harmonisa, Converter, Inverter 3-Fasa, SPWM.

## I. PENDAHULUAN

ENERGI listrik merupakan energi yang sangat diperlukan dalam kehidupan modern saat ini. Sehingga saat ini banyak berkembang sumber energi alternatif untuk dikonversi menjadi energi listrik. Pada umumnya hasil dari konversi tersebut masih berupa sumber tegangan dan arus searah. Sehingga untuk dapat dimanfaatkan lebih luas untuk berbagai kebutuhan, perlu dikonversi menjadi sumber tegangan dan arus bolak-balik.

Hasil konversi arus searah menjadi arus bolak-balik tersebut dapat dimanfaatkan di berbagai bidang khususnya sektor industri. Dimana di sektor industri banyak digunakan motor tiga fasa sebagai salah satu

mesin penggerak. Sehingga untuk mendukung kerja di sektor tersebut, maka diperlukan inverter yang mampu mengkonversi arus searah menjadi arus bolak-balik.

Namun dalam proses konversi menjadi tegangan dan arus bolak balik sering kali terjadi gangguan sehingga tegangan dan arus yang dihasilkan oleh inverter tidak optimal. Salah satu gangguan penyebab tidak optimalnya arus dan tegangan yang dihasilkan yaitu *Total Harmonic Distortion (THD)* yang merupakan gejala pembentukan gelombang sinusoida yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi fundamentalnya [1].

Dari permasalahan tersebut maka perlu dibuat suatu piranti dalam hal ini inverter yang mampu mengurangi efek distorsi harmonisa secara signifikan sehingga efek dari distorsi yang menyebabkan gangguan pada sistem tenaga listrik juga dapat dikurangi. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengurangi distorsi harmonisa, diantaranya penambahan buck-boost converter dan modifikasi lebar pulsa [2].

Pada penelitian sebelumnya [3] dijelaskan bahwa pengurangan nilai arus harmonisa dapat dikurangi dari 15 % menjadi 4.58 % dengan metode SPWM dan penambahan buck-boost converter. Dijelaskan pula pada penelitian [4] bahwa teknik *Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM)* dengan pengendali mikrokontroler dapat mengurangi nilai harmonisa terutama harmonisa orde rendah. Analisis mengenai pengaruh frekuensi, perbandingan amplitudo, terhadap pola penyaklaran inverter [5] juga mampu untuk mengurangi distorsi harmonik tegangan hingga 5%.

Pada penelitian ini akan dirancang suatu inverter dengan tiga fasa dengan pola penyaklaran SPWM. Dimana inverter jenis ini terdiri dari enam buah MOSFET yang tersusun kemudian dikendalikan oleh kontroler sebagai pusat pengolah data sinyal. Rangkaian inverter juga terhubung dengan buck-boost converter untuk menjaga range sumber tegangan pada nilai tertentu [6] sebelum masuk ke dalam rangkaian inverter.

## II. METODE PENELITIAN

Rangkaian utama dalam perancangan ini yaitu rangkaian inverter tiga fasa. Inverter tiga fasa merupakan suatu piranti yang mampu mengkonversi tegangan dan arus searah menjadi tegangan dan arus bolak-balik. Sinyal keluaran yang dihasilkan merupakan sinyal tegangan dan arus tiga fasa yang tiap fasanya

Lalu Riza Aliyan adalah staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro Universitas Merdeka Malang dan saat ini sedang menyelesaikan studi di program Magister Teknik Elektro Universitas Brawijaya. (E-mail: [aliyan04@yahoo.com](mailto:aliyan04@yahoo.com)).

Rini Nur Hasanah adalah staf pengajar di jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. (E-mail: [rini.hasanah@ub.ac.id](mailto:rini.hasanah@ub.ac.id)).

M. Aziz Muslim, adalah staf pengajar di jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. (E-mail: [muhazim2@gmail.com](mailto:muhazim2@gmail.com)).

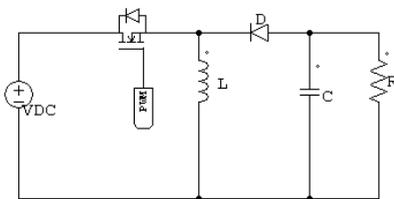
berbeda fasa sebesar  $120^\circ$ . Pada perancangan ini untuk proses *switching* MOSFET digunakan metode SPWM dimana metode ini memanfaatkan pengaturan lebar pulsa dengan mengatur nilai indeks modulasi dan jumlah pulsa untuk tiap periode waktu. Keuntungan metode SPWM adalah pengaturan pulsa dapat disesuaikan dengan menentukan frekuensi masing masing sinyal masukan, baik sinyal referensi maupun sinyal.

Perancangan dimulai dengan melakukan analisis terhadap sudut komutasi dan lebar pulsa untuk pemicuan inverter. Dilanjutkan dengan menentukan nilai indeks modulasi yang digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan perancangan komponen penyusun seperti rangkaian *buck-boost converter*, rangkaian kontroler, rangkaian inverter tiga fasa dan rangkaian driver MOSFET.

Setelah dilakukan perancangan terhadap seluruh komponen yang terdapat dalam sistem, maka dilakukan integrasi keseluruhan komponen yang telah dirancang. Kemudian dilakukan pengujian keseluruhan sistem dengan menggunakan software simulasi PSim. Dari pengujian tersebut kemudian akan dianalisis sinyal SPWM yang dihasilkan, sinyal tegangan dan arus keluaran yang dihasilkan, serta nilai harmonisa yang timbul dalam sinyal keluaran baik sinyal arus maupun tegangan. Dari analisis kemudian akan dilakukan perhitungan sehingga akan didapat hasil persentase harmonisa yang dihasilkan oleh rangkaian inverter tiga fasa dengan kontrol SPWM.

#### A. Perancangan Buck-Boost Converter

*Buck Boost Converter* merupakan dc-dc converter yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan dc dengan mengatur besarnya *duty-cycle* pada bagian switch. Rangkaian *Inverting Buck Boost Converter* mempunyai tiga mode pengoperasian, yakni mode buck, boost dan buck-boost. Ketika tegangan input dibawah tegangan yang diinginkan (set-point) maka rangkaian akan berubah menjadi mode boost. Sebaliknya ketika tegangan input diatas tegangan set-point, maka mode akan berubah ke mode buck. Rangkaian *buck boost converter inverting* secara umum ditunjukkan dalam Gambar 1.

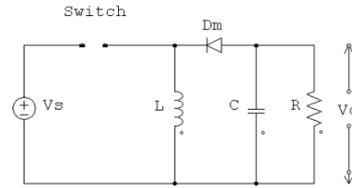


Gambar 1. Rangkaian buck-boost converter

Prinsip kerja rangkaian ini dibagi menjadi 2 mode yaitu mode pertama saat *switch* posisi ON dan mode kedua saat *switch* posisi OFF. Prinsip kerja *buck boost converter* siklus tertutup dan terbuka dapat dilihat dalam Gambar 2.

Pada saat rangkaian *buck-boost converter* dalam keadaan ON, dioda bekerja *reverse* sehingga arus mengalir ke induktor L, Dengan adanya arus yang mengalir ke induktor maka terjadi pengisian arus pada

induktor sehingga arus induktor ( $I_L$ ) naik. Pada saat rangkaian buck-boost converter dalam keadaan OFF dioda bekerja *forward* sehingga arus mengalir ke L, C,  $D_m$  dan beban. Energi yang tersimpan di induktor mengalami *discharging*.



Gambar 2. Buck-boost coverter analisis terbuka

Disebutkan juga bahwa rangkaian *buck-boost* menghasilkan tegangan keluaran yang terbalik tanpa memerlukan trafo. Regulator ini juga memiliki efisiensi yang tinggi. Bila *duty cycle* PWM sebagai pemicu *switch* lebih dari 50%, maka tegangan keluaran akan lebih tinggi dari tegangan masukan. Namun nilai *duty cycle* PWM kurang dari 50%, maka tegangan keluaran akan lebih rendah tegangan masukan.

#### B. Perancangan Kontrol SPWM

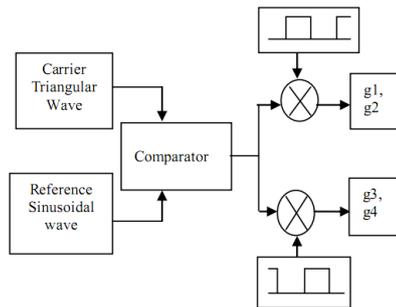
*Pulse Width Modulation* (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Salah satu jenis PWM adalah *Sinusoidal Pulse Width Modulation* (SPWM) dimana dalam metode ini memanfaatkan sinyal sinusoida sebagai sinyal referensi untuk dibandingkan dengan sinyal carrier dalam hal ini sinyal segitiga.

Besarnya sinyal SPWM yang dihasilkan tergantung dari besarnya sinyal referensi dan sinyal carrier. Besar amplitudo sinyal referensi dalam suatu persamaan dapat ditulis dengan  $A_r$  dan besarnya frekuensi sinyal referensi dinyatakan dengan  $f_r$ . Sedangkan besar amplitudo sinyal carrier dapat ditulis dengan  $A_c$  dan besarnya frekuensi sinyal carrier ditulis dengan  $f_c$ .

Sehingga dengan menentukan nilai besaran amplitudo sinyal referensi dan sinyal carrier maka dapat ditentukan besaran indeks modulasi. Besarnya nilai indeks modulasi pada umumnya berkisar antara nilai 0 dan 1. Keadaan dimana nilai indeks modulasi lebih dari 1 disebut dengan keadaan *overmodulation*. Pada saat keadaan *overmodulasi* sinyal tegangan keluaran cenderung lebih besar namun nilai harmonisa cenderung meningkat.

Untuk menentukan banyaknya jumlah pulsa tiap siklusnya digunakan perbandingan antara frekuensi sinyal carrier  $f_c$  dan frekuensi sinyal output  $f_o$ . Dengan menggunakan metode *sinusoidal pulse width modulation* faktor distorsi DF dan faktor harmonisa orde rendah dapat dikurangi secara signifikan. Sinyal SPWM dibangkitkan dengan cara membandingkan sinyal referensi sinusoidal dengan suatu sinyal *carrier* yang berbentuk segitiga. Frekuensi sinyal carrier  $f_c$

menentukan frekuensi sinyal keluaran inverter  $f_o$ . Blok diagram metode SPWM dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Blok diagram metode SPWM

Dalam Gambar 3 terlihat bahwa untuk menghasilkan sinyal PWM tersebut dapat menggunakan dua buah sinyal sinus dan satu sinyal segitiga atau dengan menggunakan satu buah sinyal sinus dan dua buah sinyal segitiga. Pada proses pembangkitan SPWM dengan menggunakan dua buah sinyal sinus dan sebuah sinyal segitiga, dilakukan perbandingan amplitudo antara sinyal segitiga dengan sinyal sinus. Sinyal penggerak akan dibangkitkan apabila amplitudo sinyal sinus lebih besar daripada amplitudo sinyal segitiga. Masing-masing sinyal penggerak digunakan untuk penyaklaran sehingga diperoleh sinyal PWM.

Proses pembangkitan SPWM secara digital dapat dilakukan dengan dua cara. Pertama dengan membangkitkan gelombang segitiga dan gelombang sinus dengan pembangkit sinyal. Kemudian dilakukan perbandingan untuk masing-masing nilai amplitudo gelombang sinus dan segitiga. Cara ini sama halnya dengan membangkitkan gelombang sinus analog dan gelombang segitiga analog secara digital. Cara kedua yaitu dengan mencari terlebih dahulu waktu untuk setiap pulsa masing-masing sinyal penggerak, untuk dijadikan data dalam proses pembangkitan sinyal penggerak.

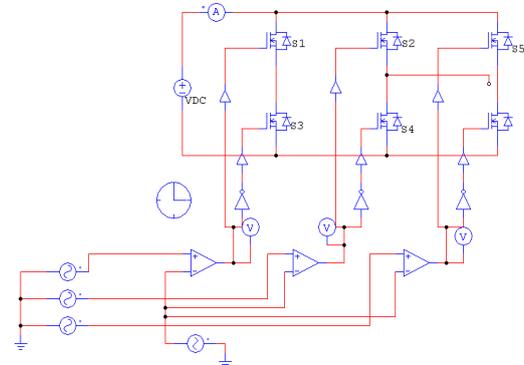
### C. Perancangan Rangkaian Inverter Tiga Fasa

Inverter tiga fasa merupakan suatu piranti elektronika yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan dan arus searah menjadi tegangan dan arus bolak balik tiga fasa. Pada perancangan ini digunakan inverter tiga fasa tipe H-bridge dimana dalam suatu rangkaian inverter terdapat enam buah saklar MOSFET yang dipasang sejajar. Setiap saklar MOSFET memiliki dioda yang terhubung secara paralel satu sama lain tetapi dalam arah yang berlawanan. Dalam perancangan ini MOSFET dikendalikan oleh driver, dimana setiap driver mengendalikan dua buah saklar MOSFET dengan kerja berlawanan satu sama lain.

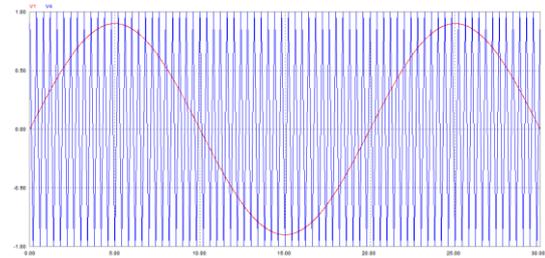
Nilai keluaran inverter yang berupa tegangan AC sangat dipengaruhi oleh besarnya tegangan input dan tegangan SPWM yang merupakan hasil modulasi antara sinyal referensi dan sinyal carrier [7]. Sehingga nilai amplitudo dan frekuensi sinyal keluaran akan mengikuti amplitudo dari sinyal SPWM. Rangkaian inverter tiga fasa dalam perancangan ini dapat dilihat dalam Gambar 4.

Amplitudo sinyal referensi pada perancangan ini

ditetapkan sebesar 1.9 dengan frekuensi sebesar 2500Hz. Sedangkan amplitudo sinyal carrier ditentukan sebesar  $2V_{pp}$  dengan frekuensi sebesar 50 Hz. Masing masing fasa pada sinyal referensi berbeda fasa sebesar  $120^\circ$ . Gambar 5 menunjukkan proses modulasi antara sinyal referensi dan sinyal carrier.



Gambar 4. Desain rangkaian inverter tiga fasa



Gambar 5. Sinyal referensi dan carrier untuk switching inverter

Pada perancangan ini besarnya indeks modulasi ditentukan sebesar 0.9 yang mana nilai tersebut merupakan nilai perbandingan antara amplitudo sinyal referensi dan amplitudo sinyal carrier yaitu sebesar 0.9. Maka dapat dihitung persamaan nilai indeks modulasi amplitudo dengan persamaan (1) :

$$m_a = A_r/A_c = 1,8/2 = 0,9 \quad (1)$$

Dimana  $m_a$  merupakan indeks modulasi amplitudo,  $A_r$  merupakan amplitudo sinyal referensi dan  $A_c$  merupakan amplitudo sinyal carrier. Sehingga dengan menentukan nilai besaran amplitudo sinyal referensi dan sinyal carrier maka dapat ditentukan besaran indeks modulasi [8]. Dalam teknik SPWM untuk menghasilkan nilai SPWM maka diperlukan nilai frekuensi sinyal referensi yang rendah yang rendah dan frekuensi sinyal carrier yang tinggi.

Dalam perancangan ini ditentukan jumlah pulsa tiap siklusnya yaitu sama dengan besarnya frekuensi sinyal carrier, sehingga jumlah pulsa dalam tiap siklusnya dapat dihitung dengan persamaan (2).

$$N_p = \frac{f_c}{f_o} = \frac{2500}{50} = 50 \quad (2)$$

Dimana  $N_p$  = jumlah pulsa

$f_c$  = frekuensi sinyal carrier

$f_o$  = frekuensi sinyal output

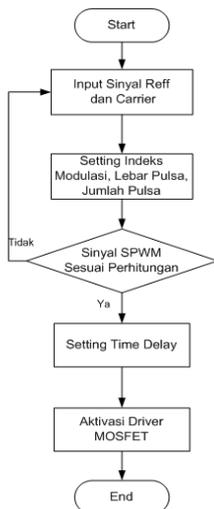
Dimana  $N_p = f_c/f_o$  didefinisikan sebagai rasio frekuensi modulasi dibagi dengan frekuensi dari tegangan keluaran. Indeks modulasi yang divariasikan 0 sampai

1, mengakibatkan lebar pulsa bervariasi dari 0 sampai  $T/2p$ . dan tegangan keluaran  $V_0$  dari nol sampai  $V_s$  [8].

D. Perancangan Perangkat Lunak

Untuk menguji rangkaian inverter maka digunakan software Psim. Dimana software ini berfungsi untuk menampilkan sinyal keluaran dari inverter baik berupa arus maupun tegangan dalam kawasan waktu maupun kawasan frekuensi. Software ini dipilih karena fungsinya yang secara spesifik digunakan untuk menganalisis rangkaian khususnya rangkaian elektronika dalam sistem tenaga listrik.

Proses diawali dengan inialisasi port untuk menentukan port yang digunakan sebagai port input maupun output. Pada perancangan ini port yang digunakan port input adalah port A dan yang digunakan sebagai port output adalah port B dan port D. Setelah dilakukan inialisasi kemudian dilanjutkan dengan memasukkan data biner yang merupakan output dari software PSim. Data biner terdiri dari 256 data atau 1/2 gelombang, yang berisikan logika 0 dan 1. Pada saat logika 0 maka driver switch yang terhubung dengan mikrokontroler akan non-aktif, sedangkan pada saat logika 1 maka driver switch akan aktif. Diagram alir perancangan perangkat lunak dalam penelitian ini ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Diagram alir perancangan perangkat lunak

III. HASIL DAN ANALISIS

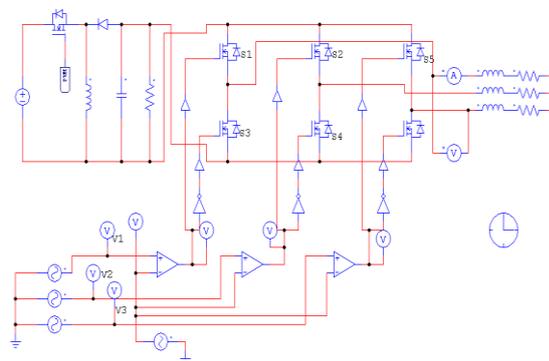
Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan masukan pada masing-masing blok diagram yang akan diuji. Dari hasil pengujian tersebut maka akan didapat data yang nantinya akan dianalisis untuk dijadikan dasar acuan dalam penyusunan kesimpulan. Pengujian ini dilakukan dengan menggabungkan keseluruhan blok sistem yang ada untuk kemudian dirangkai dan dilakukan pengujian.

Untuk pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan menggunakan software Power Simulator. Keunggulan dari software ini yaitu dapat melakukan perhitungan dan analisis rangkaian elektronika daya dan menampilkan keluaran dalam bentuk grafik fungsi waktu maupun frekuensi. Selain melakukan simulasi, program Power Simulator dapat memberikan data-data

yang digunakan untuk membuat program dengan metode SPWM dalam kontroler. Dalam software simulasi ini dapat dihasilkan suatu sinyal keluaran baik tegangan maupun arus dalam kawasan waktu maupun frekuensi. Dari hasil tersebut dapat dihitung nilai fundamental dari sinyal tegangan maupun arus dan juga komponen penyusun harmonisnya. Sehingga dari analisis tersebut dapat dihitung nilai THD yang dinyatakan dalam persen.

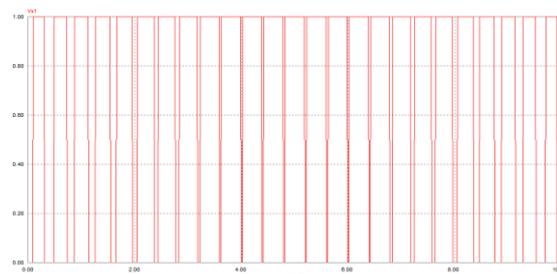
Untuk pengujian rangkaian, dilakukan dengan mengasumsikan nilai parameter sebagai berikut :

- Tegangan DC Sumber = 12 V
- Induktansi = 3 mH
- Beban Resistif = 200 Ω
- Frekuensi Switching = 2500 Hz
- Indeks Modulasi = 0,9 V



Gambar 7. Rangkaian pengujian keseluruhan sistem

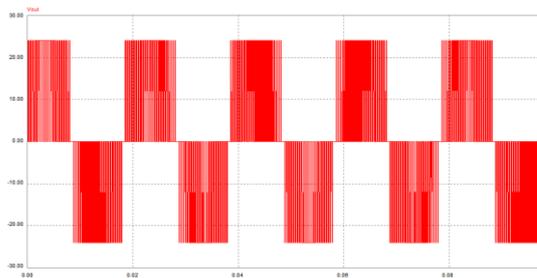
Gelombang sinusoida 0.9  $V_p$ , 50 Hz, sebagai sinyal referensi dibandingkan dengan gelombang segitiga 2  $V_{pp}$ , 2500 Hz sebagai sinyal carrier. Hasil komparasi kedua gelombang tersebut akan menghasilkan sinyal Modulasi Lebar Pulsa atau *Sinusoidal Pulse Width Modulation* dengan indeks modulasi sebesar 0.9. Gambar 8 merupakan sinyal pulsa SPWM untuk pemicuan saklar MOSFET.



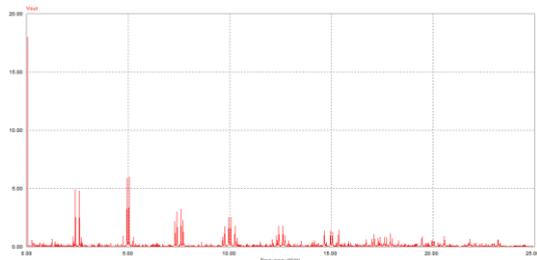
Gambar 8. Sinyal spwm dengan indeks modulasi 0.9

Sinyal SPWM ini digunakan untuk pemicuan driver MOSFET pada inverter yaitu S1, S2, S3, S4, S5, S6. Sinyal keluaran dari kontroler akan menuju driver sebelum akhirnya mengkonduksi MOSFET pada rangkaian inverter. Hal ini bertujuan agar kontroler tidak mengalami kerusakan jika terjadi pelonjangan arus yang cukup besar dari MOSFET. Tinggi rendahnya arus yang mengalir pada beban nilainya tergantung dari besar kecilnya beban. Semakin besar beban, maka arus yang mengalir dalam rangkaian akan semakin kecil, begitu pula sebaliknya.

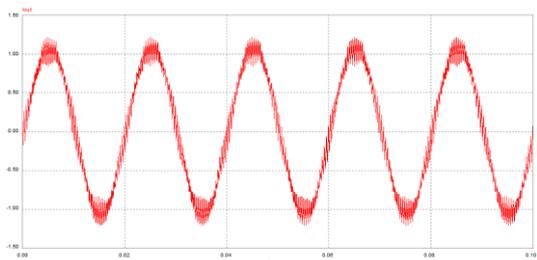
Setelah dilakukan simulasi dengan software PSim maka dihasilkan suatu sinyal keluaran berupa sinyal tegangan tiga fasa yang ditunjukkan dalam Gambar 9. Jika sinyal tersebut dilihat berdasarkan spektrum frekuensinya maka akan terlihat komponen fundamental dan komponen penyusun harmonisa seperti yang terlihat dalam Gambar 10. Dimulai spektrum sinyal fundamental yang nilai amplitudonya tertinggi, dilanjutkan dengan harmonisa ketiga hingga harmonisa ke-n yang nilai amplitudonya semakin rendah. Dalam Gambar 10 diperlihatkan sinyal tegangan fundamental pada frekuensi 50 Hz dengan nilai 11.83 V. Kemudian diikuti dengan komponen penyusun harmonisa yang terletak pada frekuensi 200 Hz sampai 30 kHz.



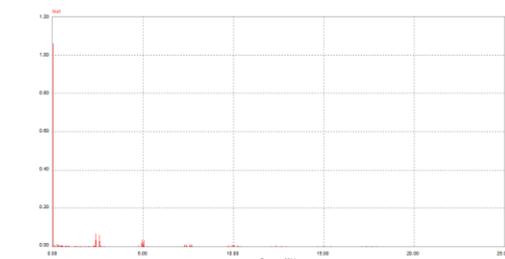
Gambar 9. Sinyal tegangan keluaran pada beban



Gambar 10. Spektrum Sinyal Tegangan Keluaran Pada Beban



Gambar 11. Sinyal arus keluaran pada beban



Gambar 12. Spektrum sinyal arus keluaran pada beban

Dalam Gambar 11 terlihat sinyal arus keluaran hasil pemecutan sinyal SPWM. Sedangkan pada Gambar 12 ditunjukkan sinyal arus keluaran dalam kawasan frekuensi beserta dekomposisi sinyal fundamental dan komponen penyusun harmonisa. Dimulai spektrum sinyal fundamental yang nilai amplitudonya tertinggi,

kemudian dilanjutkan oleh harmonisa ketiga hingga harmonisa ke-n yang nilainya semakin rendah. Pada Gambar 12 diperlihatkan sinyal arus fundamental pada frekuensi 50 Hz dengan nilai 0.68 amp. Kemudian diikuti dengan komponen penyusun harmonisa yang terletak pada frekuensi 200 Hz sampai 30 kHz

Dari Gambar 7 dan Gambar 9 maka dapat ditentukan nilai komponen fundamental dan komponen penyusun harmonisa. Nilai tersebut meliputi sinyal fundamental, serta nilai harmonisa dimulai dari harmonisa ke 3, ke-5, ke-7 hingga harmonisa ke-9. Nilai komponen penyusun harmonisa baik harmonisa arus maupun tegangan dapat dilihat dalam Tabel 1.

TABEL I  
HARMONISA ARUS DAN TEGANGAN KELUARAN

Jenis Sinyal	Vout (V)	Iout (A)
Fundamental	11.83	0.680
Harmonisa ke 3	1.788	0.047
Harmonisa ke 5	0.955	0.015
Harmonisa ke 7	0.447	0.009
Harmonisa ke 9	0.210	0.002

Dari Tabel 1 dapat dihitung nilai *Total Harmonic Distortion* yang merupakan penjumlahan nilai harmonisa terkecil yang dalam perancangan ini dimulai dari harmonisa ke-3 hingga harmonisa tak berhingga. Namun pada pengujian ini hanya dibatasi hingga tingkat harmonisa ke-9. Untuk menghitung besarnya nilai harmonisa [2] baik harmonisa tegangan maupun arus dapat digunakan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{THD} &= \frac{\sum_{h=3,5,7,\dots} \sqrt{V_h^2}}{V_1} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{1.788^2 + 0.955^2 + \dots}}{11.83} \times 100\% \\
 &= 17.63\% \\
 I_{THD} &= \frac{\sum_{h=3,5,7,\dots} \sqrt{I_h^2}}{I_1} \times 100\% \\
 &= \frac{\sqrt{0.047^2 + 0.019^2 + \dots}}{11.53} \times 100\% \\
 &= 7.40\%
 \end{aligned}$$

Dari simulasi rangkaian menggunakan PSim maka didapatkan data dimana nilai komponen fundamentalnya sebesar 11.53 V yaitu pada frekuensi 50 Hz. Sedangkan nilai komponen penyusun harmonisa yaitu harmonisa ke-3 hingga ke-9 berkisar antara 1.788 – 0.210 V yang terletak pada range frekuensi 200 Hz hingga 30 kHz. Sedangkan untuk nilai arus keluaran didapatkan hasil nilai komponen arus fundamental sebesar 0.680 pada frekuensi 50 Hz. Sedangkan komponen penyusun harmonisanya didapatkan hasil untuk harmonisa ke-3 hingga ke-9 nilainya berkisar antara 0.047 – 0.002 amp yang terletak pada range frekuensi 200 Hz hingga 30 kHz. Dari hasil tersebut dilakukan perhitungan sehingga didapat hasil THD tegangan sebesar 17.63% dan THD arus sebesar 7.40%.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Penambahan

rangkaian buck boost converter pada rangkaian inverter tiga fasa mampu secara efektif mengurangi distorsi harmonisa. Hal ini dikarenakan pada pensaklaran frekuensi tinggi, rangkaian buck boost converter mampu menjaga nilai tegangan sumber tetap konstan. Dari hasil simulasi diatas dapat dianalisis bahwa sinyal SPWM yang merupakan sinyal pemicuan inverter sangat mempengaruhi sinyal keluaran inverter tiga fasa baik tegangan maupun arus. Sinyal SPWM yang optimum dapat meningkatkan kerja inverter sehingga maampu meminimumkan nilai harmonisa yang timbul. Pada perancangan ini didapatkan nilai indeks modulasi yang paling optimum untuk switching inverter yaitu sebesar 0.9. Sehingga didapatkan hasil akhir nilai THD pada perancangan inverter tiga fasa yaitu sebesar 17.63% untuk THD tegangan dan 7.40% untuk THD arus.

#### REFERENSI

- [1] Cividino, L. "Power Factor Harmonic Distortion Causes Effect and Consideration." Canada: Northern Telecom. 2000.
- [2] Saragih, B. "Perbaikan Unjuk Kerja Inverter Satu Fasa Menggunakan Kontrol Sinyal Lebar Pulsa". Medan: USU. 2008.
- [3] Aliyan, L.R. "Design Inverter With Less Harmonics using Buck-Boost Converter and SPWM Method." Malang. Universitas Brawijaya. 2014.
- [4] Sugiyono, A. "Teknik Penghilangan Harmonisa Pada Inverter Satu Fasa dengan Mikroprosesor Sebagai Pembangkit Sinyal". Bandung: ITB.1988.
- [5] Suriadi. "Analysis of Harmonics Current Minimization on Power Distribution System Using Voltage Phase Shifting". Malaysia: Universiti Sains Malaysia. 2006.
- [6] Fahma, C. "Design of Three Phase Half Wave Rectifier With Minimum THD Using PI Fuzzy Switching." Surabaya: PENS-ITS. 2009.
- [7] Barge,S. "Harmonic Analysis Of Sinusoidal Pulse Width Modulation". IJAE Volume-2. 2013.
- [8] Bijoyprakash, M. "Analysis of Single Phase SPWM Inverter." India : National Institute of Technology, Rourkela. 2001.

**Lalu Riza Aliyan** lahir di Sidoarjo, Jawa Timur pada tanggal 6 Oktober 1986. Menyelesaikan program Sarjana di jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang. Kemudian dilanjutkan menempuh program Magister di institusi yang sama. Karya ilmiah yang pernah dihasilkan yaitu "Alat Pendeteksi kualitas Yoghurt Berdasarkan Tingkat Keasaman dan Kadar Lemak" dan "Design Inverter With Less Harmonic using Buck-Boost Converter and SPWM Method". Sekarang penulis aktif sebagai staf pengajar di jurusan Teknik Elektro Universitas Merdeka Malang.