

Desain Inverter *Full – Bridge* 1 Fasa dengan DSP F28069M Menggunakan Teknik Sinusoidal Pulse With Modulation (SPWM)

Ratna Ika Putri¹, Fahrul Maulana², Herman Hariyadi³

[Submission: 04-06-2021, Accepted: 16-08-2021]

Abstract- Some electrical energy generation systems that use renewable energy produce DC voltage, while the load used by consumers requires AC voltage. Therefore it requires a device that is an inverter. Inverter is a device that can convert DC voltage into AC voltage using a switch with a certain frequency. In this article, a single-phase full-bridge inverter is designed using the SPWM (sinusoidal pulse with modulation) technique as the switching process. Mosfet switching settings in the inverter circuit uses DSPF28069M to produce a sinusoidal wave output. The input voltage of the inverter circuit is a DC voltage with a range of 12 -24 VDC. Based on the experimental results with the input voltage on the inverter of 17 V, under no-load conditions, the inverter will produce an output voltage of 227 VAC. At load conditions of 22W will produce a voltage of 194 VAC. The load will affect the output voltage generated by the inverter.

Keywords : inverter, SPWM, DSP F28069M

Intisari- Beberapa sistem pembangkit energi listrik yang menggunakan energi terbarukan menghasilkan tegangan DC, sedangkan beban yang digunakan konsumen membutuhkan tegangan AC. Oleh karena itu membutuhkan suatu perangkat yaitu inverter. Inverter merupakan peralatan yang dapat mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC menggunakan pensaklaran dengan frekuensi tertentu. Pada artikel ini didesain inverter full-bridge 1 fasa dengan menggunakan teknik SPWM (sinusoidal pulse with modulation), sebagai proses switching. Pengaturan switching Mosfet pada rangkaian inverter menggunakan DSPF28069M agar dihasilkan output gelombang sinusoidal. Tegangan masukan rangkaian inverter merupakan tegangan DC dengan jangkauan 12 -24 VDC. Berdasarkan hasil eksperimen dengan tegangan masukan pada inverter sebesar 17 V, pada kondisi tanpa beban, inverter akan menghasilkan tegangan keluaran sebesar 227 VAC. Pada kondisi beban 22W akan menghasilkan tegangan 194 VAC. Beban akan mempengaruhi tegangan keluaran yang dihasilkan inverter.

Kata Kunci : inverter, SPWM, DSP F28069M

¹Dosen, Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, (e-mail: ratna.ika@polinema.ac.id)

²Mahasiswa, Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, (e-mail: fahrul.maulanadwic@gmail.com)

³Dosen, Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Malang, (e-mail: herman.hariyadi@polinema.ac.id)

I. PENDAHULUAN

Saat ini penggunaan energi terbarukan semakin meningkat untuk memenuhi kebutuhan listrik yang juga semakin
Ratna Ika Putri : Desain Inverter *Full - Bridge* ...

meningkat. Beberapa sistem pembangkit energi listrik yang menggunakan energi terbarukan menghasilkan tegangan DC, sedangkan beban yang digunakan konsumen membutuhkan tegangan AC. Oleh karena itu membutuhkan suatu peralatan yang dapat mengkonversi sinyal DC tersebut menjadi sinyal AC. Inverter merupakan peralatan yang dapat mengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC menggunakan pensaklaran dengan frekuensi tertentu. Berdasarkan tegangan keluaran yang dihasilkan, inverter dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis yaitu inverter gelombang kotak, inverter modifikasi gelombang sinusoidal dan inverter gelombang sinusoidal murni. Dibandingkan dengan yang lain, inverter gelombang sinus murni memiliki keuntungan yaitu distorsi harmonisa rendah dan noise yang lebih kecil [1].

Beberapa teknik untuk menghasilkan sinyal sinus AC murni telah diteliti dengan menggunakan beberapa jenis rangkaian inverter. Metode *sinusoidal pulse width modulation* (SPWM) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk menggerakkan rangkaian inverter. Penggunaan SPWM pada rangkaian inverter melalui pengaturan lebar pulsa menghasilkan tegangan keluaran AC yang dapat digunakan untuk menggerakkan motor AC [2]. Metode SPWM juga telah digunakan pada rangkaian inverter 1 fasa dengan menghasilkan tegangan keluaran antara 25 V – 100V dengan variasi frekuensi tegangan keluaran 25Hz – 50Hz [3]. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendesain rangkaian inverter. Rangkaian inverter dengan tegangan keluaran berupa gelombang kotak tipe H-Bridge satu fasa telah didesain dengan menggunakan pensaklaran PWM melalui program di Arduino [4]. Namun tegangan keluaran inverter yang dihasilkan masih berupa gelombang kotak. Rangkaian inverter 1 fasa juga telah didesain untuk menghasilkan gelombang keluaran inverter berupa sinyal sinusoidal murni dan mengetahui pengaruh perubahan nilai m sebagai parameter kecepatan respon penurunan fungsi error pada *dynamic evolution control* terhadap gelombang keluaran inverter. Namun penelitian ini hanya dilakukan melalui simulasi menggunakan Simulink Matlab untuk mengevaluasi performansi rangkaian *inverter* yang telah didesain [5]. Penelitian mengenai kontrol inverter sebagai kompensator daya reaktif juga telah dilakukan. Metode yang digunakan adalah sistem kendali arus dari proporsional integrator (PI)

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372



9 772503 237177

dengan menggunakan transformasi berbasis dq. Metode ini menghasilkan daya reaktif dengan mengatur domain saat ini ($I_d, ref = 0$), sedangkan domain saat ini (I_q, ref) diatur sesuai kebutuhan. Phase terkunci loop (PLL) ditambahkan agar inverter dapat tersinkronisasi dengan baik dengan grid. Performansi kinerja kontroler arus pada inverter dianalisis berdasarkan hasil simulasi. Berdasarkan analisis kendali arus PI, tegangan beban lokal stabil pada 219,88 Vrms dan daya reaktif yang dihasilkan oleh inverter adalah 298 VAR dengan kesalahan kondisi tunak 0,11% dari daya referensi tanpa osilasi [6].

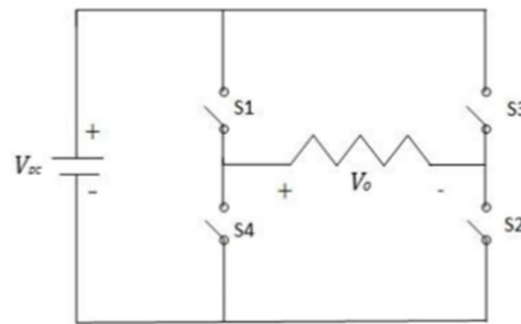
Faktor toleransi yang terdapat pada komponen-komponen rangkaian analog menimbulkan kesulitan bagi perancang dalam melakukan pengendalian akurasi pada sistem pengolahan sinyal analog [7]. Masalah ketelitian atau akurasi juga memainkan peranan yang penting dalam menentukan bentuk dari pengolah sinyal [8]. *Digital Signal Processor* (DSP) menawarkan pengendalian akurasi yang lebih baik [9]. Pada penelitian ini akan didesain suatu rangkaian inverter gelombang pure sine wave (gelombang sinus) tipe Full-Bridge satu fasa. Inverter tersebut, dikombinasikan dengan pensaklaran SPWM melalui pemrograman menggunakan DSP F28069M. Pensaklaran SPWM dibuat dengan metode bipolar switching. Full-bridge adalah jembatan penuh, sehingga output dari inverter tersebut adalah sinyal sinusoidal murni. Prinsip kerja dari rangkaian Full-Bridge yaitu dengan empat saklar yang bekerja secara bersilangan ketika dialiri oleh arus [10]. Cara kerja bersilangan yang dimaksud adalah ketika ada dua saklar berlawanan bersifat on, dan dua saklar berlawanan bersifat off. Arus bekerja bolak balik melewati empat saklar hingga menimbulkan tegangan output (AC) bolak balik. Pengujian rangkaian inverter dilakukan dengan memberikan beberapa beban.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berikut ini merupakan beberapa tinjauan pustaka yang memiliki keterkaitan dengan sistem yang dibuat.

A. Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian elektronika daya yang berfungsi mengkonversi daya listrik searah (*Direct current/ DC*) menjadi bentuk daya listrik bolak-balik (*Alternating current/ AC*) [11]. Prinsip kerja inverter menggunakan rangkaian dengan sumber masukan tegangan dc dan memiliki empat saklar yang telah dirangkai seperti pada gambar 1 dengan pengoperasian waktu saklar yang telah diatur yaitu waktu operasi saklar 1 (S1) dan saklar 2 (S2) sama, waktu operasi saklar 3 (S3) dan saklar 4 (S4) sama, dan antara saklar 1 (S1) saklar 2 (S2) dan saklar 3 (S3) saklar 4 (S4) memiliki waktu operasi yang berbeda.



Gambar 1 : Rangkaian Inverter Empat Saklar

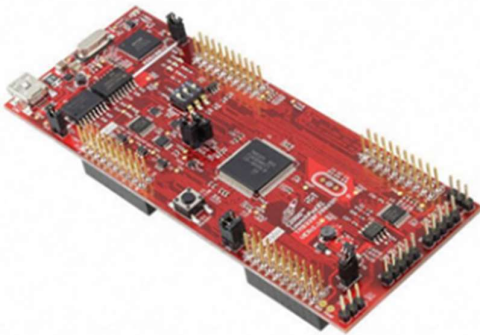
Perbedaan waktu operasi saklar tersebut yang menimbulkan rekayasa aliran listrik yang mengalir pada rangkaian di atas. Ketika S1 dan S2 dalam keadaan *on* (Close) dan S3 serta S4 dalam keadaan *off* (*Open*) maka aliran dari *dc supply* akan mengalir melalui S1 kemudian melewati positif beban setelah itu mengalir melalui S2 dan menuju *dc supply*, aliran listrik pada rangkaian saat keadaan ini ditunjukkan oleh gambar 1 sehingga pada keadaan tersebut keluaran gelombang pada beban akan berada di posisi positif [12].

B. Digital Signal Processor (DSP)

Digital signal processor (DSP) merupakan mikroprosesor yang memiliki arsitektur untuk mengoptimalkan kebutuhan operasional pemrosesan sinyal digital dengan cepat. DSP dapat memproses data secara *real-time*, sehingga sangat ideal untuk aplikasi yang tidak mentolerir adanya keterlambatan. dalam awal pemrosesan data pada DSP, data diterima dalam sinyal analog berbentuk sinyal kontinu dan kemudian sinyal kontinu tersebut diubah menjadi sinyal digital dengan cara mencuplik (*Sampling*) sinyal kontinu sehingga menjadi sinyal diskrit, keseluruhan proses tersebut terjadi di unit ADC (*Analog to Digital Converter*) [13].

C. Piccolo TMS320F28069

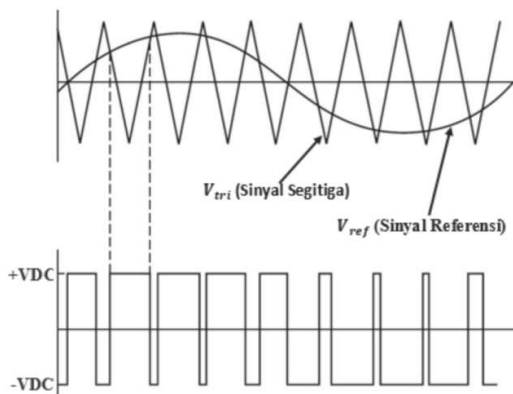
Keluarga mikrokontroler (MCU) F2806x Piccolo memberikan kekuatan inti C28x dan CLA yang digabungkan dengan periferal kontrol yang sangat terintegrasi dalam perangkat dengan jumlah pin yang rendah. Keluarga ini kompatibel dengan kode dengan kode berbasis C28x sebelumnya, dan juga menyediakan integrasi analog tingkat tinggi. Regulator tegangan internal memungkinkan pengoperasian rel tunggal. Penyempurnaan telah dilakukan pada modul High-resolution Pulse Width Modulator (HRPWM) untuk memungkinkan kontrol dua sisi (modulasi frekuensi). Pembanding analog dengan referensi 12-bit internal telah ditambahkan dan dapat diarahkan langsung untuk mengontrol keluaran ePWM. ADC mengonversi dari 0 menjadi 3,3-V rentang skala penuh tetap dan mendukung referensi rasio-metrik VREFHI / VREFLO. Antarmuka ADC telah dioptimalkan untuk overhead dan latensi rendah [14].



Gambar 2 : DSP Launchpad F28069M

D. Inverter SPWM

Pada output inverter, total harmonic dapat dikurangi dengan menggunakan metode SPWM [15]. Pada metode *bipolar switvhing*, bentuk pengendaliannya memerlukan sinyal pembawa atau gelombang segitiga. Proses pensaklaran SPWM *bipolar switvhing* dua buah sinyal yaitu sinyal segitiga dan sinyal sinus seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3 : Pemicu Gelombang SPWM

Cara modulasinya dengan perbandingan sinyal *carrier* dan sinyal referensi. Prinsip *bipolar switching* adalah ketika amplitudo sinyal referensi lebih besar dari sinyal *carrier* maka hasilnya *high* atau *on*. Ketika sinyal referensi lebih kecil dari sinyal *carrier* maka hasilnya *off* atau *low* [16].

1) Regulator Tegangan

Regulator tegangan adalah rangkaian untuk mempertahankan agar tegangan DC pada output tidak berubah. Rangkaian ini diperlukan untuk menghasilkan tegangan keluaran DC (VOUT) pada suatu nilai dengan kondisi beban tertentu. Regulator memiliki nilai tegangan masukan DC (VIN) dengan dibatasi pada suatu nilai maksimal tertentu yang tidak boleh dilampaui (*absolute maximum rating*) [17].

2) Gate Driver

Ratna Ika Putri : Desain Inverter Full - Bridge ...

Gate Driver adalah penguat daya yang menerima input daya rendah dari IC pengontrol dan menghasilkan input drive arus tinggi untuk gerbang transistor berkekuatan tinggi seperti MOSFET. Salah satu komponen yang bertindak sebagai gate driver adalah optocoupler. Optocoupler disebut juga sebagai optotransistor. Optocoupler adalah komponen elektronika yang bekerja berdasarkan penghubung cahaya optik. Komponen ini menggunakan sinar pemicu high / low dan pemicu on / off. Opto adalah optik, sedangkan coupler adalah pemicu. Optocoupler mempunyai dua sensor. Sensornya terdiri dari transmitter dan receiver. Transmitter berfungsi sebagai pengirim cahaya sinyal optik. Receiver berfungsi penerima cahaya sinyal optik [18].

3) Bipolar Switching

Pensaklaran yang digunakan pada rangkaian H-Bridge pada gambar 1 disebut sebagai H-Bridge Bipolar. Saklar 1,4 dan Saklar 2,3 bekerja bersama sama melalui metode ini [19]. Alasan memilih pensaklaran bipolar, karena total harmonik yang didapat bagus. Efisiensi yang dihasilkan tinggi dan penggunaan daya tidak terlalu besar. Prinsip bipolar yaitu jika nilai sinyal referensi lebih besar dari sinyal *carrier*, maka output nya (+VDC). Jika sinyal referensi kurang dari sinyal *carrier*, maka output nya (- VDC) [20] seperti persamaan 1 dan 2.

$$V_o = +V_{DC} \text{ untuk } V_{sine} > V_{tri} \quad (1)$$

$$V_o = -V_{DC} \text{ untuk } V_{sine} < V_{tri} \quad (2)$$

Dimana,

$$V_o = \text{Tegangan Input (V)}$$

$$V_{DC} = \text{Tegangan DC (V)}$$

$$V_{sine} = \text{Tegangan Sinyal Pembawa (V)}$$

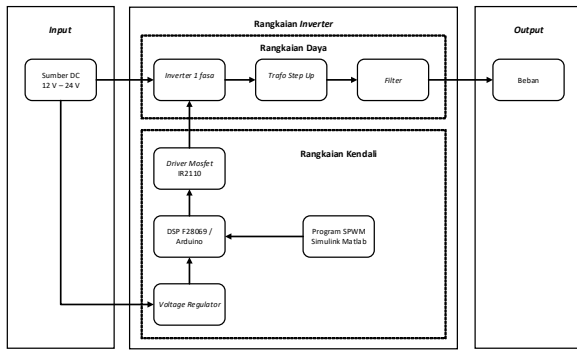
$$V_{tri} = \text{Tegangan Sinyal Carrier (V)}$$

III. METODE PENELITIAN

Hasil dan pembahasan pada desain inverter *full-bridge* 1 fasa dengan DSP F28069M menggunakan teknik SPWM adalah sebagai berikut.

A. Blok Diagram Inverter Full Bridge 1 Fasa dengan teknik SPWM





Gambar 4 : Blok Diagram Perancangan Inverter

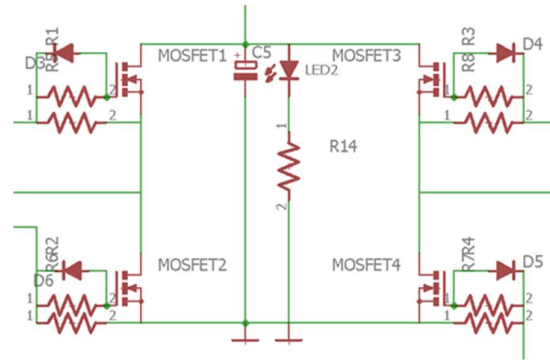
Sumber tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah sumber tegangan DC, dengan nilai 12 VDC – 24 VDC, dan sebagai sumber tegangan pada mikrokontroller yang sebelumnya diturunkan menjadi 5VDC oleh *Voltage Regulator*.

Pada pembuatan program untuk *switching* mosfet, penulis menggunakan *software* Simulink Matlab dengan rangkaian kontrol teknik SPWM, yang bertujuan membangkitkan pulsa tinggi dan pulsa rendah untuk *driver* mosfet. DSP F28069M ialah mikrokontroller yang bekerja sebagai perantara program yang sudah dibuat untuk *switching* mosfet sehingga menghasilkan pulsa tinggi dan pulsa rendah. Kemudian pulsa yang dihasilkan tersebut akan ditujukan pada masing masing *input* pada *driver* mosfet. Ketika pulsa yang masuk dari *driver* mosfet akan diterima oleh mosfet didalam rangkaian. Sehingga mosfet akan melakukan *switching* sesuai dengan program yang telah dibuat. Pada tahap ini mosfet bekerja secara bergantian dan saling bersilangan, dengan sistem jembatan penuh.

Setelah proses *switching* mosfet menghasilkan tegangan AC, keluaran inverter akan dihubungkan yaitu pada pin (*drain*) mosfet 2 dan mosfet 3 dihubungkan dengan primer trafo 0V dan 6 - 13V. Kemudian pada sisi sekunder pada *transformator* akan digunakan pin 0 dan pin 220, agar keluaran *inverter* menjadi 220 VAC dan sesuai dengan tegangan jala jala pada PLN. Sebelum keluaran inverter di hubungkan dengan beban, terdapat rangkaian *filter* berupa sebuah kapasitor *Mylar*. Hal tersebut bertujuan agar tegangan yang dihasilkan lebih stabil jika dibandingkan tanpa rangkaian *filter*.

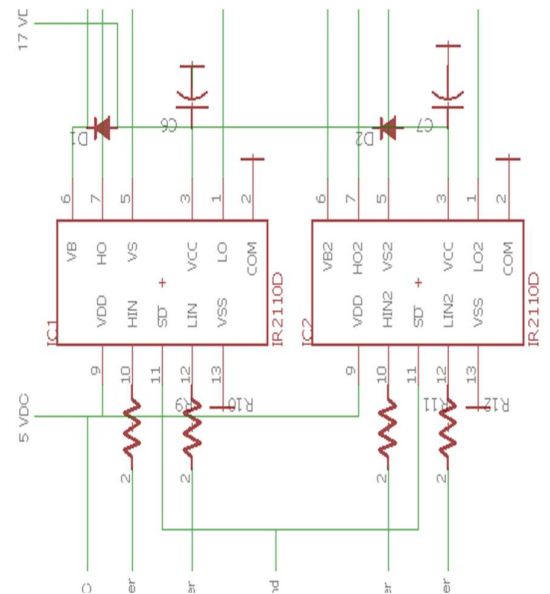
B. Perancangan Hardware (Perangkat Keras)

Perancangan *hardware* pada *inverter full-bridge* 1 fasa dengan DSP F2809M menggunakan program Eagle yang ditunjukkan pada gambar 7, 8, dan 9.



Gambar 5 : Perancangan Rangkaian Mosfet

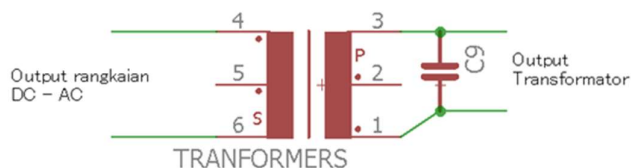
Terdapat 4 mosfet sebagai proses *switching* yang bekerja secara bergantian dan saling bersilangan. *High pulse* akan diterima oleh mosfet 1 dan 4, *Low pulse* akan diterima oleh moset 2 dan 3. Jika *High Pulse* bernilai “1” maka mosfet 1 dan 4 akan berada pada kondisi *on*, jika *Low Pulse* bernilai “0” maka mosfet 2 dan 3 dalam kondisi *off*. Begitu juga sebaliknya, jika *High Pulse* bernilai “0” maka mosfet 1 dan 4 berada dalam kondisi *off*, dan jika *High Pulse* bernilai “1” maka mosfet 2 dan 3 berada pada kondisi *on*. Proses *switching* tersebut akan berjalan secara terus menerus, dengan sistem kerja *Full Bridge* / jembatan penuh.



Gambar 6 : Rangkaian Driver Mosfet

Pin *Vcc* pada *driver* mosfet menerima tegangan masukan sebesar 12 - 24 V, sedangkan pin *VDD* menerima tegangan sebesar 5V. Pin *Vs* pada *driver* mosfet terhubung dengan kaki source mosfet 1 dan 3, atau terhubung dengan kaki drain mosfet 2 dan 4. Pulsa yang dihasilkan oleh program *switching* mosfet, akan diterima oleh pin *input* dalam *driver* mosfet. Pulsa dengan *duty cycle* senilai 50% yang meliputi *High Pulse* yang ditujukan untuk pin *HIN* dan *Low Pulse* akan ditujukan untuk pin *LIN* pada *driver* mosfet, kemudian *driver* mosfet

memberi sinyal *High Pulse* dan *Low Pulse* kepada setiap mosfet melalui pin HO dan pin LO. Pada pin HO yang berisi sinyal *High Pulse* yang akan diterima oleh mosfet 1 dan mosfet 4, sedangkan pin LO yang berisi sinyal *Low Pulse* akan diterima oleh mosfet 2 dan mosfet 3.

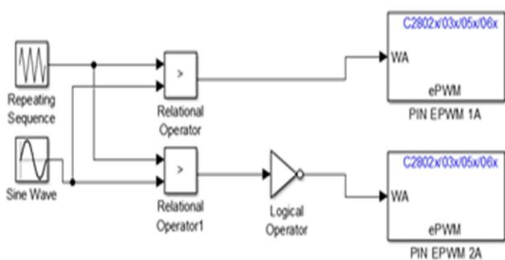


Gambar 7 : Rangkaian Transformator *Step Up*

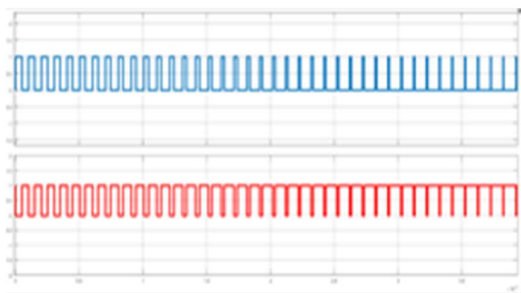
Setelah rangkaian *DC - AC* telah menghasilkan tegangan senilai 17 VAC, selanjutnya *output* dari rangkaian *DC - AC* dihubungkan pada sisi *sekunder transformator*. Pin yang digunakan pada sisi *sekunder transformator* adalah pin 4 (0 V) dan pin 6 (13 V), sisi *primer transformator* yang digunakan adalah pin 3 (0 V) dan pin 1 (220 V).

C. Perancangan Software (Perangkat Lunak)

Perancangan *software* atau program untuk membangkitkan pulsa pada *inverter full bridge* 1 Fasa dengan DSP F28069M menggunakan *software* Simulink Matlab. Adapun program yang dirancang dapat dilihat pada gambar 8 dan 9.



Gambar 8 : Program *switching* menggunakan Simulink Matlab



Gambar 9 : Pulsa yang dihasilkan pada Simulink Matlab

Pada gambar 9 memperlihatkan perbedaan pulsa yang dihasilkan oleh pin EPWM1A (sinyal biru) dengan pin EPWM2A (sinyal merah). Pada pin EPWM1A pulsa yang

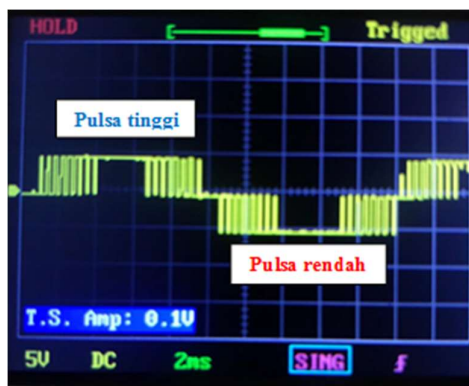
Ratna Ika Putri : Desain Inverter *Full - Bridge* ...

dihasilkan adalah pulsa tinggi yang diawali dengan nilai “1” atau dalam kondisi awal “*on*”. Pada pin EPWM2A pulsa yang dihasilkan adalah pulsa rendah yang diawali dengan nilai “0” atau dalam kondisi awal “*off*”.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil data dan pembahasan ini dilakukan dengan diperolehnya data pengukuran pada alat sehingga diperoleh data secara riil untuk ditulis di dalam laporan karya ilmiah. Berikut beberapa hasil pengujian alat dan data yang diperoleh :

A. Bentuk Sinyal dari Program DSP F28069M



Gambar 10 : Hasil sinyal dari program DSP F28069M

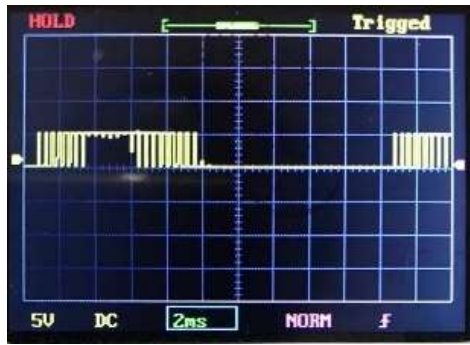
Pada gambar 10 pengujian ini Osiloskop yang digunakan yaitu Osiloskop Digital DSO-150. Dari hasil pengujian menggunakan osiloskop dapat dilihat bahwa *output* sinyal SPWM dari DSP F28068M sudah sesuai dengan yang diharapkan maka desain program yang dirancang pada Simulink Matlab telah berhasil, karena *output* pada pin EPWM dari DSP F28069M mempunyai *output* berupa gelombang pulsa *high* dan pulsa *low*.

B. Hasil Input dan Output pada Driver Mosfet

Pada pengujian *output* rangkaian *driver* mosfet, pengujian yang dilakukan adalah pengujian sinyal pada pin 10 (HIN), pin 12 (LIN), pin 1 (LO), dan pin 7 (HO) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13.

1. Hasil Pengujian Sinyal Output pada Driver Mosfet Pin 10 (HIN)



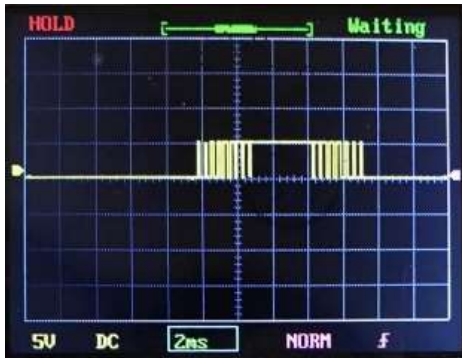


Gambar 11 : Hasil pengujian dengan nilai $V_{rms} = 4,3$ V



Gambar 14 : Hasil pengujian dengan nilai $V_{rms} = 7,30$ V

2. Hasil Pengujian Sinyal Output pada Driver Mosfet Pin 12 (LIN)



Gambar 12 : Hasil pengujian dengan nilai $V_{rms} = 4,3$ V

3. Hasil Pengujian Sinyal Output pada Driver Mosfet Pin 7 (HO)



Gambar 13 : Hasil pengujian dengan nilai $V_{rms} = 16,22$ V

4. Hasil Pengujian Sinyal Output pada Driver Mosfet Pin 1 (LO)

C. Hasil Output Inverter Tanpa Filter

Percobaan yang dilakukan adalah pengujian tegangan keluaran *inverter* tanpa menggunakan Filter. Pada pengujian tegangan keluaran *inverter* ini dilakukan menggunakan multimeter dan Osiloskop Digital.



Gambar 15 : Sinyal Output Inverter tanpa menggunakan filter

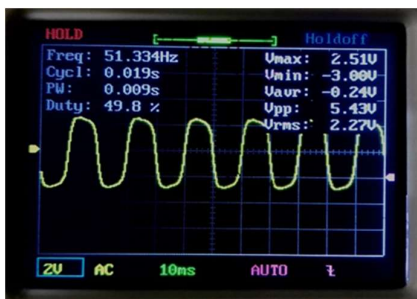
TABEL I
PENGUJIAN TEGANGAN OUTPUT INVERTER TANPA FILTER

Waktu Pengujian (Detik)	Nilai Tegangan (VAC)	
	Multimeter	Osiloskop
10	250 V	265 V
20	248 V	262 V
30	251 V	267 V
40	249 V	264 V
50	250 V	265 V
60	251 V	267 V

Pada tabel 1, pengujian dilakukan selama 60 detik dengan waktu sebagai pembandingan setiap 10 detik. Hasil pengujian pada multimeter didapatkan tegangan keluaran senilai 248 V – 251 V. Sedangkan pengujian menggunakan osiloskop didapatkan tegangan keluaran senilai 262 V – 267 V. Dari hasil pengujian didapatkan nilai tegangan tanpa *filter* tidak stabil karena terdapat perbedaan tegangan keluaran selama kurun waktu 60 detik. Perbedaan tegangan tersebut dikarenakan masih terdapat *noise* pada tegangan keluaran setelah trafo.

D. Hasil Output Inverter Menggunakan Filter

Pada pengujian tegangan keluaran *inverter* ini dilakukan menggunakan Multimeter dan Osiloskop Digital.



Gambar 16 : Sinyal Output Inverter Menggunakan Filter

TABEL 2

PENGUJIAN TEGANGAN OUTPUT INVERTER MENGGUNAKAN FILTER

Waktu Pengujian (Detik)	Nilai Tegangan (VAC)	
	Multimeter	Osiloskop
10	237 V	227 V
20	237 V	227 V
30	237 V	227 V
40	236 V	226 V
50	236 V	226 V
60	237 V	237 V

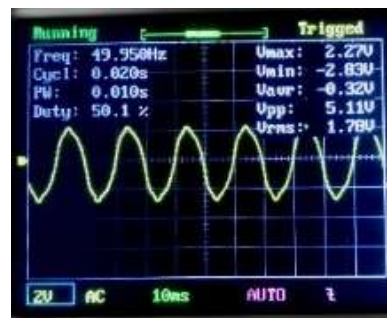
Tabel 2 merupakan data pengujian tegangan keluaran *inverter* setelah *filter*. Pengujian dilakukan selama 60 detik dengan waktu sebagai pembandingan setiap 10 detik. Hasil pengujian pada multimeter didapatkan tegangan keluaran senilai 237 V. Sedangkan pengujian menggunakan osiloskop didapatkan tegangan keluaran senilai 227 V. Dari hasil pengujian didapatkan nilai tegangan keluaran setelah menggunakan *filter* yaitu stabil karena selama 60 detik waktu pengujian didapatkan nilai tegangan yang signifikan.

E. Hasil Output Inverter terhadap beban

Hasil pengujian yang terdapat pada tabel 4.4, didapatkan hasil pengujian dengan menggunakan 1 beban solder, 1 beban kipas angin, 1 beban solder dan 1 beban kipas angin, kemudian 1 beban solder dan 2 beban kipas angin. Dari hasil pengujian terdapat perubahan pada gelombang keluaran dan penurunan tegangan keluaran. Terdapat 4 hasil analisa yang didapat pada saat pengujian, yaitu :

1) Dengan beban 1 solder

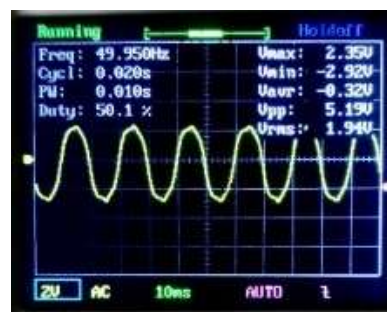
Pada gambar 17, ketika *inverter* diberi beban 1 buah solder dengan daya 40 Watt. Tegangan keluaran pada *inverter* turun senilai 49 VAC, sehingga tegangan keluaran pada *inverter* menjadi 178 VAC.



Gambar 17 : Sinyal Keluaran *Inverter* dengan beban 1 Solder

2) Dengan beban 1 fan

Pada gambar 18, ketika *inverter* diberi beban 1 buah *fan* dengan daya 22 Watt, tegangan keluaran pada *inverter* turun senilai 33 VAC sehingga tegangan keluaran pada *inverter* menjadi 194 VAC.



Gambar 18 : Sinyal Keluaran *Inverter* dengan beban 1 fan

3) Dengan beban 1 solder dan 2 fan

Pada gambar 19, ketika *inverter* diberi beban 1 solder dan 2 *fan* dengan daya 88 Watt. Tegangan keluaran pada *inverter* turun senilai 60 VAC, sehingga tegangan keluaran pada *inverter* menjadi 162 VAC.

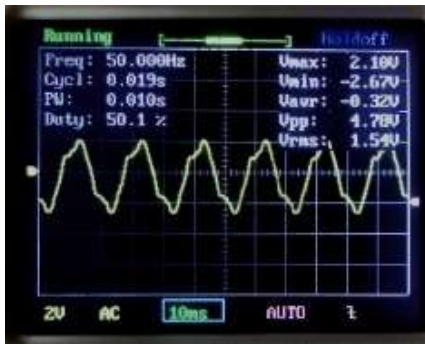


Gambar 19 : Sinyal Keluaran Inverter dengan beban 1 solder dan 2 fan

4) Dengan beban 2 solder dan 2 fan

Pada gambar 20, ketika *inverter* diberi beban 2 solder dan 2 *fan* dengan daya 128 Watt. Tegangan keluaran pada *inverter* turun senilai 73 VAC, sehingga tegangan keluaran pada *inverter* menjadi 154 VAC.





Gambar 20 : Sinyal Keluaran *Inverter* dengan beban 2 solder dan 2 *fan*

V. KESIMPULAN

Pada artikel ini telah dideskripsikan mengenai desain rangkaian *inverter* satu fasa dengan metode SPWM menggunakan DSP F28069M. Pemasangan *filter* pada rangkaian *inverter* dapat mengurangi *ripple noise*. Pengujian rangkaian *inverter* dilakukan dengan memberikan beban solder dan *fan*. Berdasarkan hasil pengujian, dengan memberikan beberapa kombinasi beban, rangkaian *inverter* 1 fasa ini dapat menghasilkan tegangan keluaran sinusoida murni. Besarnya beban dan *filter* kapasitor yang terpasang akan menentukan amplitude tegangan keluaran yang dihasilkan. Pada penelitian selanjutnya akan didesain kontrol arus dan tegangan untuk rangkaian *inverter* sehingga rangkaian dapat menghasilkan tngangan dan arus keluaran konstan walaupun terdapat perubahan beban.

VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Malang yang telah menyediakan fasilitas dan dana dukungan untuk pelaksanaan penelitian ini.

VII. REFERENSI

- [1] Hannan Sundas, Aslam Sohaib, & Ghayur M, "Design and real time implementation of SPWM based inverter," 2018 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET), Feb 2018.
- [2] Nugraha David, Krismadinata, "Rancang Bangun Inverter Satu Fasa Dengan Dengan Modulasi Lebar Pulsa PWM Menggunakan Antarmuka Komputer", JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional). Vol. 6, No. 1 2020.
- [3] Wardana Kusuma, Fadlika Irham, & Fahmi Ahmad, "Rancang bangun inverter satu fasa SPWM dengan output tegangan dan frekuensi variable," TEKNO Jurnal Teknologi, Elektro, dan Kejuruan, Vol. 28, Issue 1, Maret 2018
- [4] T. Instrumentasi, Vokasi, Novita Desiwantiyani, "Rancang Bangun dan Analisis Inverter Full Bridge 1 Fasa Dengan Berbagai Variasi Input Menggunakan SPWM," Juli, 2017 (ejurnal.its.ac.id)
- [5] T. Elektro, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Habib Sutriharjo, "Rancang Bangun Inverter Full Bridge 1 Fasa Dengan Menggunakan Teknik Dynamic Evolution Control," April, 2017 (journal.eng.unila.ac.id)
- [6] Budhi Anang, Firmansyah Eka, & Suharyanto "Single Phase Full Bridge Inverter Control as Reactive Power Compensator" IJITEE (International Journal of Infomation Technology and Electrical Engineering) Vol.1, No. 4, Desember 2017.
- [7] Harahap Partoanan,"Harmonisa Pada Rangkaian Inverter Satu Fasa", RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) Jurnal Teknik Elektro, Vol.1, No.1, Juli 2018.
- [8] Aswida Baqrafi Y, Sutikno Tole, "Pembangkit Sinyal SPWM Untuk Multilevel Inverter Satu Fasa Lima Tingkat Berbasis Mikrokontroler AT-mega32", Jurnal Ilmu Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI), Vol.3, No.2, Des 2017
- [9] Meranda A, Alfarizal N, Latifah N, &Andika D,"Perancangan Deteksi Suara Paru Paru Berbasis DSP TMS320C6416T dan Module Wireless", Jurnal Teknika, Vol.14, No.01, Juni 2020
- [10] Adewasti, Hesti Emilia, & Solihin "Sistem Kendali *Robot Hand Gesture* Berbasis *Wireless*", Jurnal Surya Energy, Vol. 3, No. 1, September 2018
- [11] Aji Raka, Hardianto T, dan Hadi W, " Kontrol Tegangan Inverter *Full Bridge* Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Kontrol PID", Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI), Vol. 4, No. 1, 2018
- [12] Ajitha S. N Kalairasi "Implementation of Full -Bridge Current-Fed Resonant Boost Converter" ; 2010 International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 1 -No.
- [13] Fuada Syifaul, "Implementasi Perangkat *Digital Signal Processing* untuk Sistem *Visible Light Communication*" Jurnal Ilmiah Teknik Elektro (JETRI), Vol. 15, No. 2
- [14] Mulchandani Kapil, "Static Voltage Stabilizer" International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Vol. 05. Issue. 01, Jan 2018
- [15] D.Zammit *et al.*, "A new topology for cascade H-Bridge multilevel inverter with PI and Fuzzy control", *Energy Procedia*, vol. 117, no. 0, pp, 917- 926, 2017
- [16] Turahyo, Noviarianto " Implementasi Sinusoidal Pulse With Modulation pada Inverter Satu Fasa Berbasis Lookup Table Menggunakan Mikrokontroler 16-bit" Jurnal Tekhnologi UMJ (2460 – 8416)
- [17] Ulfa Nurul, Julaipah, & Ferinda Aufani,"Pengaruh Nilai Tegangan Masukan Terhadap Regulasi Tegangan Pada IC L7805 Sebagai Positive Voltage Regulator", MEDIA ELEKTRIKA, Vol. 11, No. 1, 2018
- [18] Eko Yusuf, Rohman Fatkhur, "Analisis Perbandingan Kinerja *H-Bridge Driver* Menggunakan IGBT dan MOSFET pada Sistem Kemudi *Steer by Wire*", PENA TEKNIK : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik, Vol.3, No. 1, Mar 2018
- [19] Marzuki Achmad, Ramli, & Hermanto, "Rancang Bangun Bipolar SPWM Pada Beban Non Linier Pada Inverter 1 Phase", ELIT Journal (Electrotechnics And Information Technology), Vol.1, No. 1, April 2020
- [20] Syakur Abdul, Wibisono Arifin, "Analisis Pengaturan Parameter *Sinusoidal Pulse With Modulation* pada *High Precision Closed Loop Full Bridge Bipolar Inverter* Untuk Pembangkit Tegangan Tinggi Berfrekuensi Tinggi", TEKNIK, p-ISSN: 0852-1697, e-ISSN: 240-99