

PEMBANGKIT SINUSOIDA PULSE WIDTH MODULATION BERBASIS ARDUINO UNTUK INVERTER

Mohammad Luqman¹⁾, Achmad Komarudin²⁾, Sidik Nurcahyo³⁾
Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang,
Jl. Soekarno Hatta 04 Malang Jawa Timur
^{1)mohluqmanpolinema@gmail.com}

Abstrak

Kebutuhan energi listrik domestik mayoritas berbentuk gelombang sinusoida pada frekuensi 50 Hz. Sumber energi terbarukan mayoritas berbentuk dc atau daya dengan frekuensi tidak terkontrol. Untuk itu diperlukan alat yang dapat mengontrol bentuk gelombang dan frekuensinya. Alat ini disebut inverter. Inti dari inverter sinusoida terletak pada kontrol switching, dimana bentuk gelombang dan frekuensi ditentukan pada alat kontrol ini, salah satunya adalah gelombang SPWM. Dipasaran tersedia pembangkit SPWM seri EGS-002, modul ini beroperasi pada frekuensi tetap 50 HZ atau 60 Hz, sehingga tidak bisa digunakan untuk membangkitkan daya listrik dengan frekuensi yang variabel. Untuk itu dilakukan penelitian ini, tahap awal adalah membuat pembangkit SPWM berbasis arduino dengan spesifikasi semirip mungkin dengan EGS-002. Sistem yang dibangun terdiri dari arduino uno sebagai pembangkit sinyal SPWM, driver IR-2110 sebagai penyedia tegangan mengambang (bootstrap) untuk transistor MOSFET tipe-N IRZF44N pada rangkaian H-bridge. Hasil yang didapatkan adalah mikrokontroler arduino uno bisa membangkitkan sinyal SPWM dengan hasil berupa gelombang sinusoida murni dengan frekuensi 50 Hz.

Kata Kunci: Inverter sinusoida, Pembangkit SPWM, Arduino Uno

1. PENDAHULUAN

Trend dunia saat ini adalah munculnya kendaraan listrik baik berupa sepeda maupun mobil. Pada kendaraan listrik dibutuhkan daya dengan frekuensi sinusoida variabel mulai dari 0 Hz sampai dengan ribuan Hz dengan daya besar. Perkembangan terbaru penggerak mobil berupa mesin listrik dengan daya sampai dengan 455 HP. Saat ini media untuk menyimpan daya berupa baterai dan memberikan daya dalam bentuk gelombang searah/ dc, sedangkan mesin listrik pada kendaraan listrik berupa motor ac. Untuk itu diperlukan alat untuk mengubah daya dc menjadi daya ac yang disebut dengan inverter.

Motor listrik pada kendaraan listrik mutlak membutuhkan tegangan berbentuk sinusoida murni. Inti dari inverter sinyal sinusoida terletak pada kontrol switching, dimana bentuk gelombang dan frekuensi ditentukan pada alat kontrol ini, salah satunya adalah gelombang SPWM. Dipasaran telah tersedia pembangkit SPWM seri EGS-002, modul ini beroperasi pada frekuensi tetap 50 HZ atau 60 Hz, sehingga tidak bisa di gunakan untuk membangkitkan daya listrik dengan frekuensi daya yang variabel. Untuk itu maka dilaksanakan penelitian ini, dimana tahap awal adalah untuk membuat pembangkit SPWM berbasis arduino dengan spesifikasi dibuat semirip mungkin dengan EGS-002.

2. KAJIAN PUSTAKA

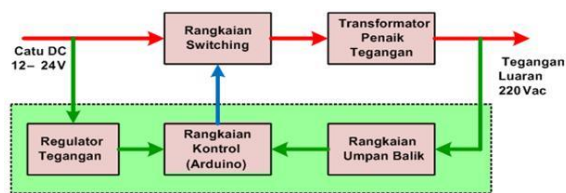
Muhammad dan Refdinal (2016) telah merancang rangkaian penggerak SPWM 3 fasa menggunakan mikrokontroler AT89C51,

pembangkitan SPWM menggunakan look-up table, hasil yang didapat bentuk gelombang luaran yang mendekati sinusoida dengan frekuensi yang terbatas. Penelitian lain yang dilakukan oleh Ahmad Marzuki at-all (2020), dimana pembangkitan sinyal SPWM menggunakan metoda bipolar switching dengan menggunakan komponen analog, hasil yang didapatkan relatif baik dengan daya sampai 30 Watt, tetapi bentuk sinyal SPWM tidak dijelaskan dengan baik. Fathoni at al (2020) membuat inverter SPWM unipolar 1-fasa dengan pengaturan frekuensi, hasil bentuk SPWM pada frekuensi 1 kHz tidak terlihat dan hasil inverter masih berupa gelombang kotak pada daya 30 watt. Turahyo, F. Danang Wijaya, Eka Firmansyah (2015) mereview sinusoidal pulse width modulation berbasis DDS (Direct Digital Synthesis) dengan membandingkan sinyal sinusoida dengan sinyal segitiga melalui metoda look-up table. Yomahudaya dan Sutikno (2017) membuat pembangkit sinyal spwm untuk multilevel inverter satu fasa lima tingkat berbasis mikrokontroler at-mega32, mikrokontroler digunakan untuk membangkitkan sinyal sinus dan segitiga, sedangkan sinyal PWM diperoleh melalui rangkaian pembanding (komparator) op-amp LM311. Khairul Azmi, Ira Devi Sara, Syahrizal (2017), mendesain dan menganalisa Inverter Satu Fasa dengan Menggunakan Metode SPWM Berbasis Arduino, sebagai pembangkit SPWM digunakan Mikrokontroler ATmega328 + Arduino Uno board. Dari hasil yang di tunjukkan terlihat bahwa sinyal SPWM belum terlihat, output inverter sebelum filter LC masih berupa gelombang kotak. Lalu Riza Aliyan, Rini Nur Hasanah, M. Aziz Muslim, (2014)

melakukan Desain Inverter Tiga Fasa dengan Minimum Total Harmonic Distortion Menggunakan metode SPWM, dalam metode ini memanfaatkan sinyal sinusoida 50 Hz sebagai sinyal referensi untuk dibandingkan dengan sinyal carrier dalam hal ini sinyal Segitiga pada frekuensi 2500 Hz yang semuanya di implementasikan dalam bentuk simulasi menggunakan soft-ware Psim.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membuat inverter yang akan mengubah tegangan dc 12-24 volt menjadi tegangan ac 220 volt. Fokus penelitian ini terletak pada bagian yang akan mengendalikan kinerja sistem inverter, yaitu bagian pembangkit SPWM dengan komponen utama berupa mikrokontroler arduino.



Gambar 1. Blok diagram rencana penelitian

3.1. Perencanaan Port Arduino

Untuk mengubah daya dc menjadi ac dibutuhkan sebuah rangkaian switching dalam konfigurasi H-Bridge. Dan untuk mengendalikan H-bridge tersebut itu dibutuhkan 4 buah sinyal driver masing-masing diberi nama 1HO, 1LO untuk frekuensi dasar 50 Hz dan 2HO, 2LO untuk SPWM pada frekuensi tinggi. Pada arduino uno 6 buah pin yang mendukung luaran berbentuk PWM (Pulsa Width Modulation). Enam port output ini dalam keadaan default mempunyai frekuensi PWM sebesar 500 Hz untuk pin no. 3, 9, 10, 11 dan 1000 Hz untuk pin no. 5, 6. Karena hanya dibutuhkan 4 pin saja maka digunakan pin no 10 dan 11 untuk frekuensi dasar dan pin no. 5, 6 untuk SPWM frekuensi tinggi, pemilihan pin ini didasarkan atas kedekatan lokasi masing-masing pin. Daftar penggunaan port arduino beserta fungsi terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Penggunaan Port Arduino

No.	Pin - Arduino	Fungsi	Keterangan
1	11	2HO	SPWM frekuensi tinggi
2	10	2LO	SPWM frekuensi tinggi
3	6	1HO	Frekuensi dasar 50 Hz
4	5	1LO	Frekuensi dasar 50 Hz

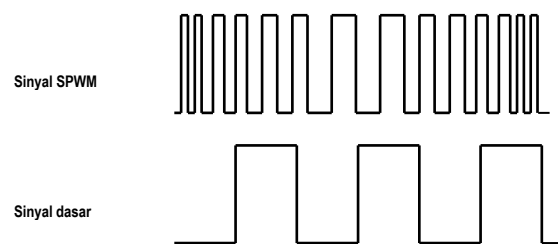
3.2. Penentuan Frekuensi SPWM

Frekuensi default sebesar 1000 Hz pada pin 5, 6 masih kurang tinggi untuk aplikasi switching inverter, sehingga perlu diubah ke batas yang lebih tinggi, yaitu dengan menggunakan perintah

perubahan timer. Pin ini menggunakan “timer 0” untuk mengatur frekuensi dengan batas tertinggi sebesar 62500 Hz. Untuk aplikasi ini frekuensi tersebut terlalu tinggi maka dipakai frekuensi berikut yang lebih rendah yaitu sebesar 7812,5 Hz. Untuk itu digunakan perintah : $TCCR0B = TCCR0B \& B11111000 | 8$. Sedangkan untuk frekuensi dasar sebesar 50 Hz maka PWM default untuk port 10 dan 11 sebesar 500 Hz dianggap sudah cukup.

2.3. Desain Perangkat Lunak

Bentuk sinyal yang diharapkan adalah seperti terlihat pada gambar 2. Pada sinyal SPWM nilai duty-cycle (lebar pulsa) tergantung pada posisi mana dia berada dan ini tergantung dari posisi sudut antara 0 – 180o, sedang pada sinyal dasar nilai duty cycle konstan sebesar 50% pada frekuensi 50 Hz.



Gambar 2. Bentuk sinyal pada masing-masing pin arduino.

3.4. Perancangan H-Bridge.

Rangkaian pensaklaran (switching) berfungsi mengubah sinyal SPWM dari arduino menjadi sinyal daya yang berasal dari sumber daya DC untuk di umpankan ketransformator penaik tegangan. Konfigurasi rangkaian menggunakan jembatan-H seperti terlihat pada gambar 3. Karena fungsi rangkaian ini hanya untuk membuktikan bahwa SPWM yang dihasilkan arduino bisa menghasilkan sinyal sinusoida atau tidak, maka ukuran daya menjadi tidak signifikan, untuk itu penggunaan transistor MOSFET IRZF44N sudah mencukupi, karena mempunyai spesifikasi arus drain $I_D = 49A$, tegangan Drain ke Source maksimum $V_{DS} = 55V$.

3.5. Perancangan driver MOSFET

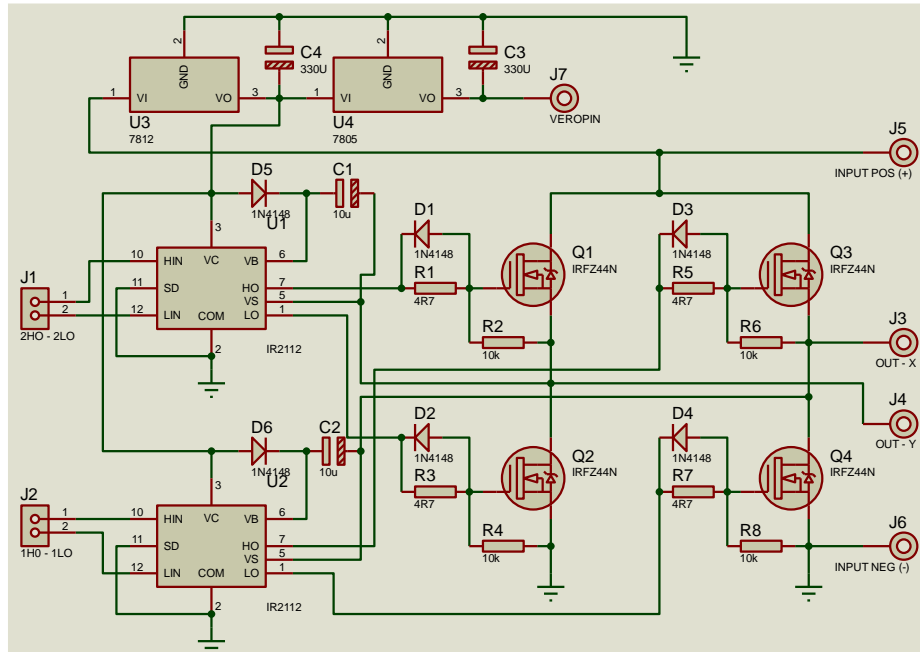
Rangkaian H-bridge yang dirancang menggunakan transistor N-MOSFET, sehingga sinyal driver Gate pada sisi atas harus di naikkan (bootstrap) diatas tegangan catu. Untuk itu digunakan IC driver IR2110 yang berfungsi menyediakan tegangan mengambang untuk operasi bootstrap sampai 500 volt dengan delay matching maksimum 10 ns.

3.6. Perancangan catu daya.

IR2110 memerlukan sumber tegangan DC 12V dan 5Vt, untuk itu digunakan IC regulator dengan 7812 untuk 12 volt dan 7805 untuk 5 volt.

IC ini mempunyai kemampuan arus sampai dengan 1 A, yang dirasa cukup untuk kebutuhan rangkaian

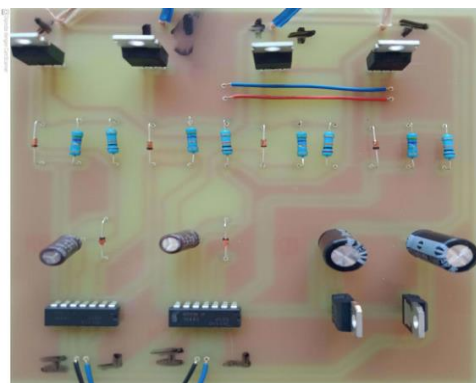
ini. Gambar lengkap rangkaian pensaklaran terlihat pada gambar 3.



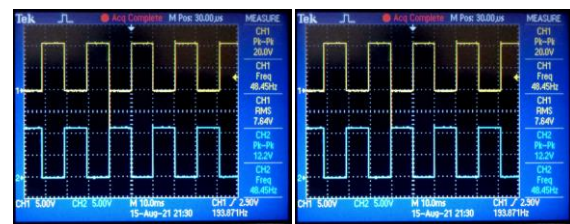
Gambar 3. Rangkaian switching H-bridge

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sesudah seluruh komponen di pasang, maka penampakan hasil rangkaian seperti terlihat pada gambar 4. Hasil pengujian pada output Driver IR2110 terlihat pada gambar 5 dan pengujian luaran rangkaian transistor switching terlihat pada gambar 6.

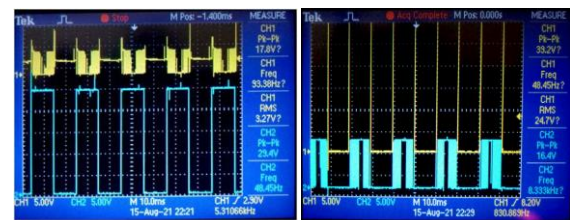


Gambar 4. Realisasi Rangkaian switching pada papan PCB.



a)frekuensi dasar 50Hz b)SPWM pada f=7812 Hz

Gambar 5. Bentuk sinyal luaran pada driver IR2110



Gambar 6. Luaran rangkaian switching pada terminal X dan Y.

4.1. Analisa Data

Dari hasil pengujian yang sudah dilakukan terhadap rangkaian switching, sudah sesuai dengan yang diharapkan. Arduino menghasilkan sinyal gelombang dasar sebesar sekitar 5 volt 48,45 Hz pada pin 10,11, luaran pada pin 5, 6 berbentuk sinyal SPWM dengan tegangan sekitar 5 volt 8,3 kHz. Frekuensi 48,45 Hz ini merupakan pendekatan ke frekuensi jala-jala PLN 50 HZ.

Luaran rangkaian driver sudah sesuai, port 1HO – 1LO mengeluarkan frekuensi dasar dengan tegangan sekitar 12 volt, dan port 2HO – 2LO juga menghasilkan tegangan SPWM sebesar 12 volt sesuai dengan tegangan catu pada IC IR2110. Pada saat rangkaian ini disambungkan ke transistor switching, maka hasil luaran pada terminal X dan Y pada gambar 6. Hasil ini tidak sesuai dengan harapan, karena bentuk sinyal dasar masih muncul pada salah satu terminal, mestinya keduanya adalah sinyal SPWM. Hasil output sinyal SPWM juga mengalami distorsi. Pada saat pengujian kondisi rangkaian transistor secara individu juga berfungsi dengan baik. Dilihat sisi sinyal input pada Gate transistor menunjukkan hasil yang sesuai. Dimana pada sisi HO memberikan tegangan mengambang sebesar 39,2 volt dan LO memberikan sinyal SPWM yang sesuai.

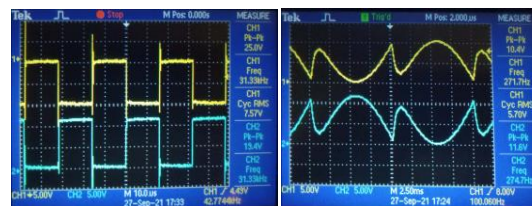
4.2. Re-desain perangkat Lunak

Dari hasil percobaan pertama yang menggunakan frekuensi switching desain sebesar 7812 Hz dan hasil pengukuran didapatkan sebesar 7,8 kHz sampai dengan 8,3 kHz, hasilnya belum memuaskan dan tidak sesuai dengan yang diharapkan seperti pada modul SPWM EGS-002. Dari hasil pengukuran pada kedua modul/inverter tersebut diketahui bahwa letak kesalahan adalah pada bentuk sinyal SPWM pada output arduino, dimana pada program terdahulu sinyal SPWM hanya dibangkitkan pada setengah periode yaitu untuk sudut 00 – 180o, sedang pada setengah periode berikutnya (untuk sudut 180o sampai 360o) akan di penuhi/ di isi oleh port pasangannya (HO atau LO) , dengan anggapan nantinya pada saat masuk rangkaian H-bridge kedua sinyal tersebut akan digabung menjadi satu sehingga akan membentuk sinyal SPWM untuk mendapatkan sinusoida murni.

Hal kedua yang diperkirakan belum sesuai adalah frekuensi, untuk itu dicoba untuk menaikkan frekuensi switching sebesar mendekati frekuensi modul inverter dari seri EGS pada 25 kHz. Maka di pilih dengan menggunakan frekuensi 31250 Hz yaitu dengan cara menggunakan timer-1 untuk pin-9 dan pin-10 untuk luaran 2HO dan 2LO, pin-5 dan pin-6 untuk frekuensi dasar pada terminal 1HO dan 1LO dengan pembagi standar (default) untuk frekuensi 976 Hz.

Untuk SPWM maka setengah periode frekuensi dasar menggunakan SPWM sinusoida sedangkan setengah periode berikutnya menggunakan SPWM dengan fungsi komplemen sinusoida (SPWM dengan sudut sinus (rad) – 1). Pada saat program tersebut di implementasikan pada arduino dan di kuatkan rangkaian driver IR2110 dan hasilnya di umpankan pada beban RC, maka hasilnya terlihat pada gambar 7. Dari pengukuran terlihat bentuk gelombang HO dan LO adalah komplemen dengan sinyal SPWM pada frekuensi 31,3 kHz dan sinyal

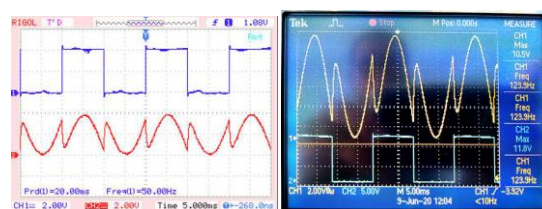
sinus asal mempunyai panjang gelombang sebesar 20 mS, artinya frekuensi yang dihasilkan adalah sebesar 50 Hertz, sesuai dengan yang diharapkan.



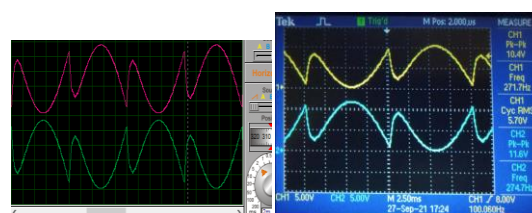
a). Bentuk SPWM b). sesudah filter RC

Gambar 7. Bentuk sinyal SPWM pada luaran driver

Jika ketiga hasil percobaan tersebut dibandingkan antara luaran pembangkit SPWM EGS-002 dengan hasil rancang bangun SPWM menggunakan arduino uno secara simulasi dan secara realitas, maka hasilnya terlihat pada gambar 8



a) sinyal EGS-002 b) pengukuran sinyal EGS-002



c) SPWM simulasi d) SPWM realisasi.

Gambar 8. Perbandingan luaran EGS-002 dengan modul SPWM berbasis arduino

Dari hasil tersebut terlihat bahwa sinyal SPWM yang dihasilkan adalah identik dengan EGS-002 sebagai referensi penelitian ini, dimana tegangan luaran adalah 10,5 volt dibanding 10,4 volt dan frekuensi sama 50 Hz. sehingga dapat disimpulkan bahwa pembangkit SPWM berbasis arduino telah berhasil dengan baik dan memberikan hasil sinyal sinusoida yang relatif sempurna.

4. KESIMPULAN

Luaran sistem ini sudah mampu menghasilkan gelombang luaran sinusoida pada sebuah inverter pada frekuensi 50 Hz dengan hasil baik sesuai dengan luaran modul EGS-002 sebagai bench-mark untuk penelitian ini. Pembangkitan gelombang sinus pada inverter membutuhkan dua jenis gelombang, yaitu gelombang dasar untuk menentukan arah gelombang sinus, dan gelombang SPWM yang akan

membentuk gelombang sinusoida. Gelombang dasar berbentuk gelombang persegi pada frekuensi 50Hz dengan siklus tugas 50%. Sedangkan gelombang SPWM bekerja pada frekuensi 31,3 kHz, dengan bentuk SPWM sinusoida pada sudut 0 – 180o (selama 10mS) dan berbentuk anti-sinusoida (komplemen-sinusoida) pada sudut 180° – 360°.

Karena sinyal PWM merupakan rekayasa secara software, maka bentuk sinyal PWM (individual) pada terminal HO dan LO tidak selalu bersifat komplemen, kadang ada sedikit terjadi pergeseran fasa sehingga ada kemungkinan ada hubung singkat pada lengan jembatan tersebut karena sama-sama ON pada waktu yang sama.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jim Doucet, Dan Eggleston, Jeremy Shaw, “DC/AC Pure Sine Wave Inverter”, Dilihat: 11 September 2018, [https:// web. wpi. edu/ Pubs/ E-project/ Available/ E-project-042507-092653/ unrestricted/ MQP_ D_ 1_ 2. pdf](https://web.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-042507-092653/unrestricted/MQP_D_1_2.pdf).
- [2] : “EGS002 Sinusoid Inverter Driver Board User Manual”, EGS002 Datasheets, EG Micro Corp.
- [3] Mohammad Luqman, 2010: “Komponen Elektronika” , Buku Ajar Politeknik Negeri Malang, Jurusan Teknik Elektro, Malang.
- [4] Ajang Rahmat: <https://kelasrobot.com/jenis-jenis-microcontroller-arduino/> ; Dilihat: 11 September 2019
- [5] Muhammad , Refdinal Nazir , 2016 : “Perancangan Dan Pembuatan Rangkaian Penggerak Spwm Tiga Fasa Menggunakan Mikrokontroler At89c51”, Jurnal Ecotipe, Volume 3, Nomor 1, April 2016 ; ISSN 2355-5068 ; hal: 7 – 15.
- [6] Achmad Marzuki,MT, Ramli,MT,Bangbang Hermanto,MT. , 2020 : “Rancang Bangun Bipolar SPWM (Sinusoidal Pulse Width Modulation) Pada Beban Non Linier Pada Inverter 1 Phase: , ELIT JOURNAL (Electrotechnics And Information Technology) , P-ISSN: 2721-5636 | E-ISSN: - 2721-5644 Vol. 1 No. 1, April 2020, hal: 22 – 34.
- [7] Fathoni, Agus Pracoyo, Totok Winarno, Rizal Sabillah, 2020 : “Rancangbangun Inverter Spwm Unipolar 1 Fasa Dengan Pengaturan Frekuensi Output”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan Vol.04, ISSN: 2581-0049, hal: 105 – 108.
- [8] A.Ali Qazalbash, Awais Amin, Abdul Manan and Mahveen Khalid, 2009: “Design and Implementation of Microcontroller based PWM technique for Sine wave Inverter”, POWERENG 2009 Lisbon, Portugal, March 18-20, 2009 , pp: 163 – 167.
- [9] K. N. Tarchanidis, J. N. Lygouras and P. Botsaris, 2013 : “Voltage Stabilizer Based on SPWM technique Using Microcontroller”, Research Article, Journal of Engineering Science and Technology Review 6 (1) (2013) 38-43.
- [10] Lalu Riza Aliyan, Rini Nur Hasanah, M. Aziz Muslim, 2014: “Desain Inverter Tiga Fasa dengan Minimum Total Harmonic Distortion Menggunakan Metode SPWM” , Jurnal EECCIS Vol. 8, No. 1, Juni 2014 , hal: 79 – 84.
- [11] Khairul Azmi, Ira Devi Sara, Syahrizal, 2017 : “Desain dan Analisis Inverter Satu Fasa dengan Menggunakan Metode SPWM Berbasis Arduino”, KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro e-ISSN: 2252-7036 , Vol.2 No.4 2017, hal: 36-44.
- [12] Turahyo,F. Danang Wijaya, Eka Firmansyah, 2015: “Reviews Inusoidal Pulse Width Modulation Berbasis DDS”, Science And Engineering National Seminar 1 (SENS 1)-Semarang, 8 Agustus 2015, 212 ISBN : 978-602-0960-12-8, hal:212 – 216.
- [13] Baqrafi Aswida Yomahudaya, Tole Sutikno, 2017: “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, Desember 2017, hal: 73 – 81.
- [14] Hari Santoso, 2016 : “Panduan Praktis Arduino untuk Pemula”, www.elangsakti.com, Juni 2016.
- [15] : “IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF) High and Low Side Driver”, Data Sheet No. PD60147 Rev.T , International Rectifier.
- [16] : “IRFZ44N, HEXFET Power MOSFET”, Data Sheet No. PD-94053 , International Rectifier.
- [17] : “LM78XX , Series Voltage Regulators” Data Sheet – National Semiconductor Corporation, May 2000.