

NASKAH PUBLIKASI

**INVERTER 3 FASA 220 VOLT DENGAN OUTPUT SINUSOIDAL FREKUENSI 50 Hz
MENGUNAKAN ARDUINO DENGAN TEKNIK DIRECT DIGITAL SYNTHESIS**



Disusun Untuk Melengkapi Tugas Akhir dan Memenuhi Syarat-syarat Untuk Mencapai Gelar
Sarjana Teknik Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Oleh:

JUNA CHAIRUL ERFAN

D 400 120 059

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2016

LEMBAR PENGESAHAN

Karya ilmiah dengan judul **“INVERTER 3 FASA 220 VOLT DENGAN OUTPUT SINUSOIDAL FREKUENSI 50 Hz MENGGUNAKAN ARDUINO DENGAN TEKNIK DIRECT DIGITAL SYNTHESIS”** ini diajukan oleh :

Nama : Juna Chairul Erfan

Nim : D400 120 059

Guna memenuhi salahsatu syarat untuk menyelesaikan program Sarjana Strata – Satu (S1) pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, telah diperiksa dan disetujui pada :

Hari : Senin

Tanggal : 01 Februari 2016

Mengetahui
Dosen Pembimbing



(Hasyim Asy'ari, S.T.,M.T.)

INVERTER 3 FASA 220 VOLT DENGAN OUTPUT SINUSOIDAL FREKUENSI 50 Hz MENGUNAKAN ARDUINO DENGAN TEKNIK DIRECT DIGITAL SYNTHESIS

Juna Chairul Erfan

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani tromol pos 1 pabelan kartasura Surakarta

junaerfan@gmail.com

ABTRAKSI

Kebutuhan alat konversi DC ke AC atau biasa disebut dengan inverter sampai saat ini masih diperlukan dan dikembangkan, yang menjadi sorotan yaitu pemanfaatan untuk home industry yang terkendala sumber PLN dengan daya satu fasa sehingga apabila home industry tersebut memerlukan sumber 3 fasa maka akan sangat sulit tercapai. Oleh karena itu dirancanglah inverter untuk mengubah dari 12 volt ke 220 volt 3 fasa dengan frekuensi 50 Hz dengan bentuk gelombang sinusoidal. Inverter ini berfungsi sebagai penyedia listrik cadangan baik di kendaraan maupun di rumah, sebagai emergency power saat aliran listrik rumah padam. Selain itu dimasa mendatang, inverter DC ke AC akan memegang peranan penting dalam mengubah energi DC dari sumber energi terbarukan sel surya menjadi energi listrik AC yang digunakan sehari-hari terutama untuk beban 3 fasa. Pemakaian teknik direct digital synthesis ditambah dengan low pass filter diharapkan mampu mengurangi rugi – rugi harmonis. Sistem dari direct digital synthesis memanfaatkan fitur yang ada dalam Arduino yaitu clock timer dan output compare registers (OCR). Output dari teknik ini mampu membentuk gelombang sinusoidal murni hasil dari teknik ini akan diolah kembali dengan low pass filter sehingga output yang dihasilkan benar – benar halus yaitu sinusoidal murni. Karena dua kali pengolahan inilah diharapkan terciptanya desain inverter yang handal dengan bentuk gelombang sinusoidal murni (pure sinusoidal). Hasil dari desain rangkaian ini mampu menghasilkan rata – rata tegangan antar fasa 100 Volt dan ampere 0.06 A dengan drop tegangan 10% ketika terbebani. Pengujian menggunakan lampu LED dengan daya 3 watt, 5 watt dan 9 watt telah dilakukan, lampu tersebut mampu menyala dan tegangan keluaran 90 volt sampai 110 volt tergantung beban yang dipasang.

Kata kunci : *inverter, Arduino, teknik direct digital synthesis*

1. Pendahuluan

Elektronika Daya merupakan salah satu bidang ilmu yang mempelajari dan membahas aplikasi elektronika yang berkaitan dengan peralatan listrik berdaya cukup besar. Konverter DC-AC dapat disebut juga inverter mampu menghasilkan

gelombang sinusoidal yang banyak digunakan dan diaplikasikan dalam industri biasanya untuk mengontrol mesin AC atau UPS (*Uninterruptible Power Supply*) dan aplikasi – aplikasi lainnya. Elektronika daya mulai populer setelah berbagai pengaturan secara konvensional kurang dapat memenuhi

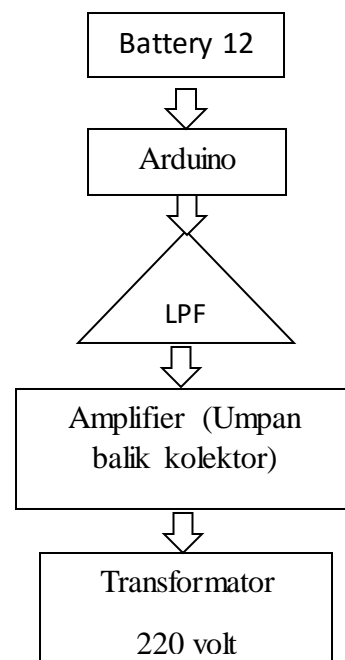
kebutuhan industri. Pengaturan berbagai aplikasi di industri secara konvensional tidak efektif dan menimbulkan rugi-rugi cukup besar sehingga diperlukan mekanisme pengaturan yang lebih baik. Efisiensi inverter sendiri mencapai 90% untuk *high frekuensi* sedangkan yang *low frekuensi* mencapai 80% (mahfudjiono). Salah satu pilihan adalah dengan menggunakan perangkat elektronika contohnya dengan mikrokontroler Arduino sebagai teknik konversi untuk pensaklaran on dan off komponen elektronika.

Beberapa perangkat pendukung mengalami perkembangan ditambah lagi alat – alat elektronika yang semakin beragam. Salah satu sistem elektronika yang dikenal adalah inverter berfungsi mengubah tegangan DC 12 Volt menjadi tegangan 220 AC 50 Hz. Inverter ini berfungsi sebagai penyedia listrik cadangan baik dikendaraan maupun di rumah, sebagai *emergency power* saat aliran listrik rumah padam. Selain itu dimasa mendatang, inverter DC ke AC akan memegang peranan penting dalam mengubah energi DC dari sumber energi terbarukan sel surya menjadi energi listrik AC untuk digunakan sehari-hari. Dalam aplikasinya, inverter ini dapat digunakan pada perangkat rumah tangga, komputer, peralatan pertukangan, pompa air, kipas angin, sistem suplai energi pada rumah di daerah terpencil

dan berbagai barang elektronik lainnya. Alat ini terutama pada perangkat rumah tangga sangat banyak digunakan terutama pada saat listrik padam. Masalahnya sel surya menghasilkan energi DC untuk itu membutuhkan konversi dari DC ke AC untuk digunakan pada lampu dan sistem elektronika lainnya oleh karena itu dituntut untuk membuat sistem konversi dalam hal ini inverter dengan output gelombang sinusoidal dengan distorsi kecil. Dirancangnya alat praktikum ini diharapkan dapat mengetahui dan membedakan masing-masing gelombang sinusoidal keluaran dari input sampai output. Pengerjaan penelitian ini dititik beratkan pada pembuktian gelombang hasil keluaran.

2. Metode Penelitian

2.1 Perancangan Inverter



Gambar 1. Blok diagram perancangan

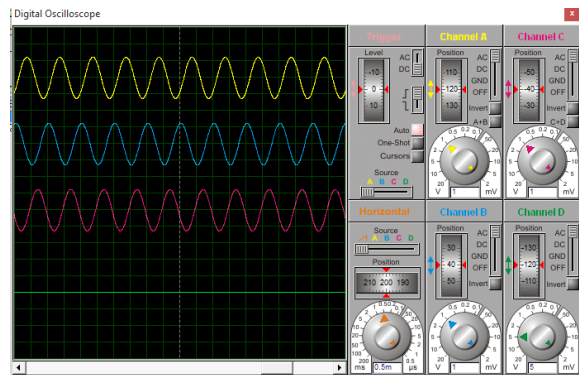
Membuat system yang nantinya dapat berjalan dengan baik diperlukan konsep untuk mampu berintegrasi karena dalam satu system terdapat banyak komponen yang harus saling bekerjasama agar system tersebut dapat berjalan dengan semestinya, seperti ditunjukkan pada gambar 1 terdiri dari beberapa blok dengan fungsi yang berbeda-beda yaitu arduino, *low pass filter*, *amplifier*, transformator.

2.2 Teknik Direct Digital Synthesis (DDS)

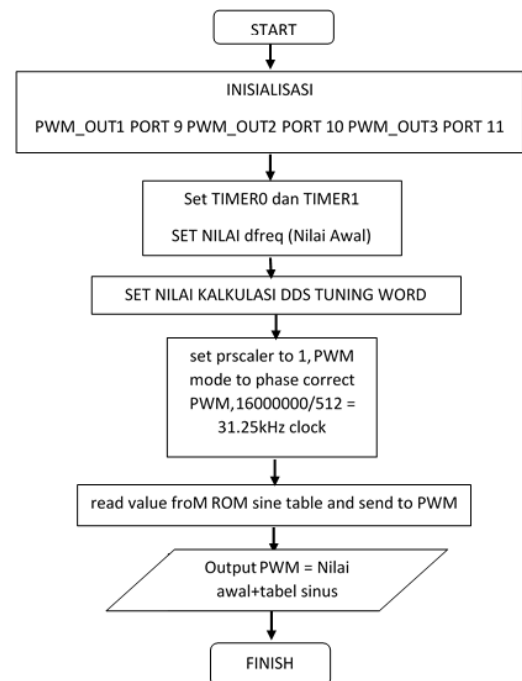
Pemrograman yang digunakan dalam rancang bangun inverter ini menggunakan Bahasa pemrograman C yang kompatibel dengan board Arduino atau bisa dikatakan menggunakan Bahasa Arduino dengan compiler Arduino. Dalam membangkitkan PWM sinusoidal ini dengan cara memanggil library yang sebelumnya dibuat. Library ini berisi sketsa bentuk gelombang sinusoidal. Teknik yang digunakan yaitu menggunakan Direct Digital Synthesis (DDS) yang mempunyai tingkat akurat yang tinggi, distorsi mencapai kurang dari satu persen pada frekuensi hingga 3 KHz dan tanpa menggunakan tambahan perangkat keras.

Penerapan metode DDS diperlukan empat komponen penting yaitu sebuah rumus yang mampu mentala sebuah data yang berupa dua buah variable long interger, susunan angka numeric dalam bentuk table variable untuk satu periode sinus yang di simpan dalam konstanta, Analog Digital

Converter yang disediakan unit analogwrite atau pada port PWM dan clock referensi yang terdapat dalam board Arduino tersebut. Keempat komponen tersebut akan bekerja secara interupsi dan siklus kerjanya sesuai dengan clock pada board Arduino tersebut. Output dari teknik DDS ditunjukkan pada gambar 2



Gambar 2. Gelombang sinusoidal dari Arduino

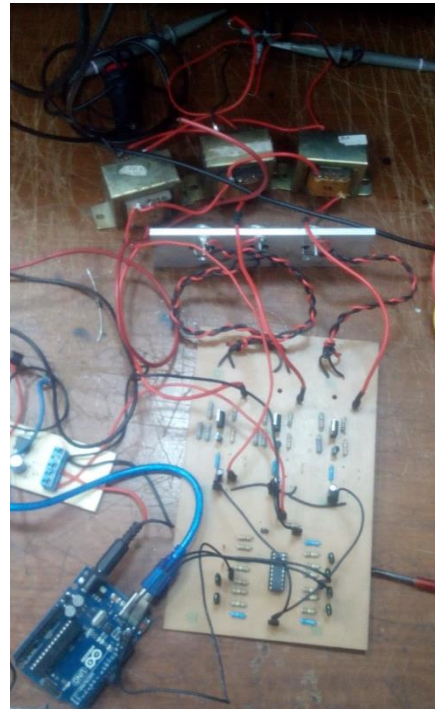


Gambar 3. Flowcart program

Berdasarkan Gambar 3 perancangan program pertama-tama dimulai dari inisialisasi yang meliputi PWM_OUT PORT dan bilangan interger lainnya. Kemudian masuk ke pengaturan awal dengan mengeset Timer0 dan Timer1 dengan frekuensi 31,25 KHz, nilai dfreq awal akan diproses dengan teknik *direct digital synthesis* jika nilai awal berubah maka hasil dari kalkulasi nilai output *direct digital synthesis* akan berubah atau diproses kembali. Setelah diproses maka clock dari internal board Arduino ini baru siap dijalankan berdasarkan duty cycle yang telah dihasilkan dari output *direct digital synthesis*, untuk menghasilkan gelombang sinus maka dibuatlah konstanta numeric yang disimpan di sinus table yang kemudian dibaca dan diproses ke output PWM. Setelah itu output dari penjumlahan table sinus dengan nilai awal akan di keluarkan melalui port PWM 9, 10, dan 11.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengujian Rangkaian Inverter



Gambar 4. Inverter 3 fasa

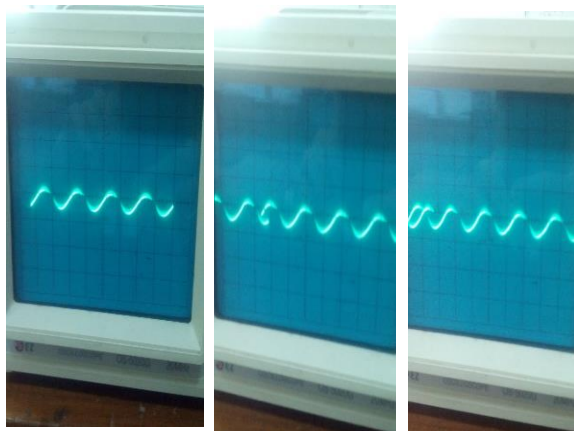
Hasil dan pembahasan pada bab ini ditekankan pada pengujian setiap komponen penyusun dari sebuah sistem yaitu inverter 3 fasa nantinya dari pengujian ini didapat hasil untuk dianalisa dari perancangan yang telah terealisasi. Alat yang akan diuji ditunjukkan pada gambar 4. Pengujian ini meliputi :

1. Keluaran gelombang sinusoidal dari board Arduino yaitu PWM_OUT1, PWM_OUT2 dan PWM_OUT3 dengan teknik Direct Digital Synthesis.
2. Keluaran sinyal sinusoidal dari LPF untuk inputan penguat (*Amplifier*).

3. Keluaran gelombang sinusoida dari penguat umpan balik kolektor (*Amplifier*).
4. Keluaran gelombang sinusoida dari transformator 1 Ampere 3 buah yaitu R-S, R-T, S-T.
5. Keluaran tegangan dan arus dari R-S, R-T dan S-T tanpa beban dan dengan beban.

3.2 Sumber Gelombang Sinusoidal

Hasil pengujian keluaran sinusoidal PWM_OUT1, PWM_OUT2, PWM_OUT2 dapat ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Keluaran PWM_OUT1, PWM_OUT2, PWM_OUT3

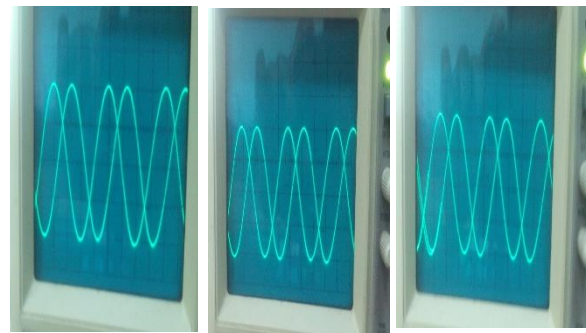
Dapat dilihat dari ketiga percobaan tersebut yaitu pada gambar 5 mampu menghasilkan output berupa sinusoidal dengan lebar frekuensi yang tetap dan stabil. Dengan output ini mempunyai kelebihan dibanding PWM dengan output gelombang

kotak sehingga tidak perlu adanya filter dengan spesifikasi yang tinggi.

3.3 Low Pass Filter (*LPF*)

Pada rangkaian ini low pass filter memakai jenis filter aktif karena lebih efektif dan mudah dalam menentukan nilai komponen dibanding dengan memakai filter pasif. Filter ini memanfaatkan IC LM324 yang mempunyai empat komparator sehingga cukup memakai satu IC dalam desain rangkaian ini untuk tiga output.

Hasil pengujian keluaran sinyal sinusoidal dari LPF dapat ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Keluaran LPF gelombang sinus R-S-T

Dari pembuktian tersebut tiga buah low pass filter mampu memfilter frekuensi dengan output frekuensi 50 Hz ditunjukkan pada gambar 6. Untuk membuktikan frekuensi yang dihasilkan 50 Hz maka dapat dihitung dengan data yang diperoleh.

$$T/div = 5 \text{ ms}$$

$$\lambda = 4 \text{ div}$$

$$T = \lambda \times T/\text{div} = 4 \times 5 = 20 \text{ ms}$$

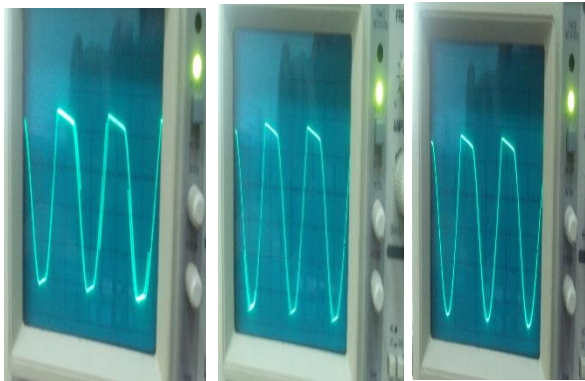
Jadi, frekuensi yang dihasilkan adalah

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,02} = 50 \text{ Hz}$$

3.4 Penguat Sinusoidal (*Amplifier*)

Penguat ini menggunakan system umpan balik kolektor dipilih karena mampu menjaga titik Q (titik kerja transistor) terhadap perubahan dari nilai β disamping itu penguat ini mempunyai respon yang sensitive terhadap perubahan arus, penguat ini juga didukung dengan penguat transistor yang disusun secara cascade (bertingkat) untuk menghasilkan output yang besar, penguat akhir ini menggunakan transistor MJ3055 yang sudah teruji mampu mengendalikan arus.

Hasil pengujian keluaran sinusoidal dari *amplifier* dapat ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Keluaran penguat gelombang sinus R-S-T

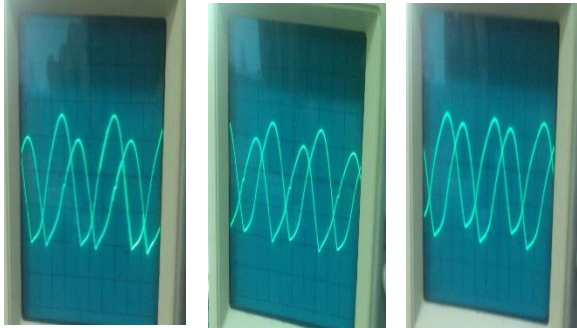
Dari tiga percobaan diatas yaitu pada gambar 7 semua gelombang tidak berbentuk

sinusoidal murni ini dikarenakan terjadi *clipping* atau perpotongan akibat penguatan yang berlebihan. Karena suatu rangkaian penguat tidak akan mungkin menguatkan melebihi input dari sumber tegangan. Walaupun desain rangkaian ini sudah dikontrol dengan pemasangan nilai R sebagai kontrol penguatan, tetapi output yang dihasilkan tidak sesuai dengan perhitungan ini dikarenakan pemilihan komponen terutama transistor yang mungkin tidak sesuai.

3.5 Transformator

Transformator yang dipakai pada proyek tugas akhir ini memakai 3 buah trafo non-CT yang masing – masing mempunyai kapasitas 1 Ampere karena output yang akan dikeluarkan adalah 3 buah yaitu R, S dan T. Dalam pengujian ini trafo yang dipakai mempunyai merk yang berbeda karena untuk mengetahui perbedaan baik output gelombang dan tegangan yang di hasilkan sehingga dapat dianalisa dari perbedaan tersebut.

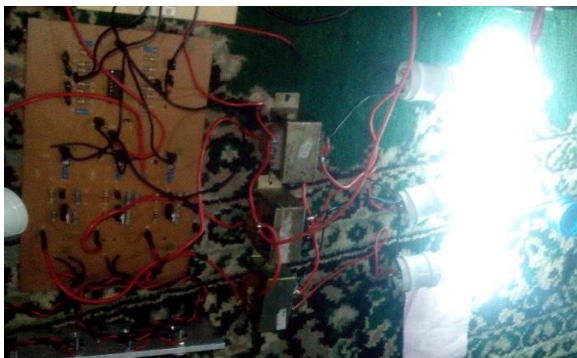
Hasil pengujian keluaran sinusoidal dari transformator dapat ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Keluaran trafo gelombang sinus R-S-T

Pada percobaan yang ditunjukkan pada gambar 8 output yang dihasilkan sudah mendekati sinusoidal ini dikarenakan karena terjadi perpotongan pada rangkaian tersebut atau sumber tegangan yang dipakai ngedrop. Yang paling penting proyek tugas akhir ini bisa dikatakan sukses karena sudah mampu menghasilkan output 3 fasa dengan bukti gelombang 1 dan gelombang 2 mempunyai beda fasa 120°.

3.6 Pengujian tegangan keluaran dari Inverter



Gambar 9. Pengujian beban

Dalam teknik kelistrikan untuk mencari tegangan dan arus dalam jaringan listrik 3 fasa menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_{L-L} = V_{L-N} \times \sqrt{3}$$

Dimana, V_{L-L} = Tegangan antar fasa

V_{L-N} = Tegangan fasa ke netral

Dari pengujian yang dilakukan menggunakan multimeter dan 3 buah beban lampu dengan daya masing – masing 3 watt, 5 watt dan 9 watt seperti ditunjukkan pada gambar 9, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel.1. Pengujian tegangan keluaran dari inverter L-L tanpa beban

Titik Uji	Output Tegangan (Volt)
R-S	113.5
R-T	113.5
S-T	113.5

Tabel 2. Pengujian tegangan keluaran dari inverter L-N tanpa beban

Titik Uji	Output Tegangan (Volt)
R-N	62.2
S-N	62.2
T-N	62.2

Tabel 3. Pengujian arus keluaran dari inverter tanpa beban

Titik Uji	Output Tegangan (Ampere)
R	0.06
S	0.06
T	0.06

Dari percobaan diatas dapat dicari :

$$V_{L-L} = V_{L-N} \times \sqrt{3}$$

$$V_{L-L} = 64.2 \times \sqrt{3}$$

$$V_{L-L} = 111.18 \text{ Volt}$$

Tabel 4. Pengujian tegangan keluaran dari inverter L-L beban 3 watt

Titik Uji	Output Tegangan (Volt)
R-S	114.7
R-T	114.5
S-T	114.3

Tabel 5. Pengujian tegangan keluaran dari inverter R-N beban 3 watt

Titik Uji	Output Tegangan (Volt)
R-N	66.2
S-N	66
T-N	66.1

Tabel 6. Pengujian arus keluaran dari inverter beban 3 watt

Titik Uji	Output Arus (Ampere)
R	0.06
S	0.06
T	0.06

Dari percobaan diatas dapat dicari :

$$V_{L-L} = V_{L-N} \times \sqrt{3}$$

$$V_{L-L} = 66.2 \times \sqrt{3}$$

$$V_{L-L} = 114.6 \text{ Volt}$$

Tabel 7. Pengujian tegangan keluaran dari inverter L-L beban 5 watt

Titik Uji	Output Tegangan (Volt)
R-S	105.7
R-T	105.4
S-T	105.6

Tabel 8. Pengujian tegangan keluaran dari inverter L-N beban 5 watt

Titik Uji	Output Tegangan (Volt)
R-N	61.5
S-N	61.3
T-N	61.4

Tabel 9. Pengujian arus keluaran dari inverter beban 5 watt

Titik Uji	Output Arus (Ampere)
R-N	0.06
S-N	0.06
T-N	0.06

Dari percobaan diatas dapat dicari :

$$V_{L-L} = V_{L-N} \times \sqrt{3}$$

$$V_{L-L} = 61.5 \times \sqrt{3}$$

$$V_{L-L} = 106.5 \text{ Volt}$$

Tabel 10. Pengujian tegangan keluaran dari inverter L-L beban 9 watt

Titik Uji	Output Tegangan (Volt)
R-S	90.4
R-T	90
S-T	90.2

Tabel 11. Pengujian tegangan keluaran dari inverter L-N beban 9 watt

Titik Uji	Output Tegangan (Volt)
R-N	52.3
S-N	52
T-N	52.2

Tabel 12. Pengujian arus keluaran dari inverter beban 9 watt

Titik Uji	Output Arus (Ampere)
R	0.06
S	0.06
T	0.06

Dari percobaan diatas dapat dicari :

$$V_{L-L} = V_{L-N} \times \sqrt{3}$$

$$V_{L-L} = 52 \times \sqrt{3}$$

$$V_{L-L} = 90.06 \text{ Volt}$$

Tegangan yang dihasilkan dari inverter setelah terealisasikan belum mencapai 220 volt dibandingkan dengan simulasi yang dilakukan, dikarenakan beberapa faktor diantaranya penggunaan jenis trafo dengan perbandingan kumparan yang tidak sesuai perhitungan atau biasa disebut *a yaitu* perbandingan trafo antara primer dan sekunder dan juga penggunaan sumber tegangan yang terbatas dalam hal ini rangkaian pencatu/penyulut. Dipandang dari sudut lain untuk mencapai tujuan tersebut yaitu tegangan 220 Volt masih terkendala riset mengenai desain trnsformator dengan daya besar dan rugi – rugi yang kecil. Sistem penguat harus lebih besar dayanya agar mampu merespon drop tegangan ketika terbebani.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dari perancangan inverter dari 12 volt DC menjadi 3 fasa AC dengan metode *direct digital synthesis* ini menggunakan alat uji AVOMeter, Osciloskop dengan tambahan beban berupa lampu LED dapat ditarik kesimpulan :

Teknik *Direct Digital Synthesis* dan *low pass filter* mampu menghasilkan output sinusoidal yang persisi dengan frekuensi 50 Hz dibandingkan dengan sistem output lainnya, ini memungkinkan untuk mengurangi distorsi terhadap output yang akan diolah sehingga mampu menekan rugi – rugi harmonisa. Desain rangkaian ini juga memiliki keunggulan karena hanya menggunakan 3 buah penguat untuk masing-masing fasa (R, S dan T), tidak perlu memerlukan transistor yang komplementer. Tegangan dan gelombang yang dihasilkan tidak mampu mencapai 220 volt AC dan belum sinus murni dikarenakan pemakaian trafo step-down yang mempunyai rasio yang tidak sesuai perhitungan dan juga karena terjadi *clipping* atau perpotongan gelombang akibat penguatan yang terbatas. Inverter ini mampu menghasilkan tegangan 90 volt sampai 100 volt dengan arus 0.06 ampere. Dalam pengujian dengan beban 3 watt, 5 watt

dan 9 watt terjadi penurunan 10% pada tegangan ketika perubahan beban yang dipakai dan untuk arus tetap dengan 0.06 ampere.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim.2013.*Pengertian Dasar Inverter*.<http://mujangdwi.blogspot.com/2013/01/pengertian-dasar-inverter.html>(Diakses pada 20 September 2015, 20.00).
- Cahya, dkk.2011.*Rancang Bangun Inveter 3 Fasa Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya & Institute Teknologi Surabaya.
- Ismail, Rifky. Dkk. 2011. *Pemanfaatan Mesin Pemanas Induksi Untuk Pengerasan Permukaan Roda Gigi Produk UKM*.Semarang : Fakultas Teknik UNDIP. Dalam seminar nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan 2011.
- Khumaidi N. *Pengaturan kecepatan motor ac tiga phase untuk Mengatur kecepatan air pada implementasi Wireless sensor network (wsn) sebagai pendeteksi Sumber polutan yang potensial (perangkat keras)*.<http://repo.eepis->

its.edu/302/1/1159.pdf.(Diakses pada 18 September 2015, 19:53)

Karki,James. 1999. *Analysis of the Sallen-Key Architecture*, Texas Instruments Application Report SLOA024A – July 1999

Muslimin, Z.2009.*Pengontrolan Motor Induksi Tiga Fasa dengan Inverter Berbasis Mikrokontroler AT89S51*. Jurnal Penelitian Enjiniring, vol.12, No.2, ISSN 1411-6243.

Mahfudjiono.2012.*Inverter 1 Fasa Modified Line 300 Watt*.[Http://mahfudjiono.blogspot.co.id/2012/11/inverter-1-fasa-modified-line-300-watt.html](http://mahfudjiono.blogspot.co.id/2012/11/inverter-1-fasa-modified-line-300-watt.html). (diakses pada 19 september 2015, 19:40).

Omar D.(2011) *Design Strategy for a 3-Phase Variable Frequency Drive VFD*.<http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1129&context=eesp>.(diakses pada 19 September 2015, 09:47).

Prayogo,R.(2012).*Pengaturan Pwm*. <http://maulana.lecture.ub.ac.id/files/2012/12/PWMRudito.pdf>. (diakses pada 20 September 2015, 19:30).

Sofyan Y.(2007). *Rancangan Bangun Pengubah Satu Phase Ke Tiga Phase dengan motor Induksi Tiga Phase*. http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33453731/2007_Sofian_Three2Singlelibre.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1413523140&Signature=OiTB9QAmKOyk99wYDuDc3Kxr5pc%3D. (diakses pada 20 September 2015, 11:19).

Saripudin. (2011). Pengendali motor servo dengan teknik PWM <http://www.saripudin.net/2011/09/kendali-motor-servo-dengan-pulse-width.html> (diakses pada 8 desember 2015, 16:20).