

**KONVERTER TEGANGAN JALA-JALA  
SATU FASA KE TIGA FASA  
(Aplikasi Untuk Alat Pengajaran SMK di Rural Area)**

**Kristian Ismail<sup>1</sup>, Aam Muharam<sup>2</sup>**

*Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik – LIPI  
Komp. LIPI Gd.20, Jl. Cisitua No.21/154D, Bandung 4015 Jawa Barat, Indonesia  
E-mail: Kris005@lipi.go.id E-mail: Aamm001@lipi.go.id*

**Abstrak**

*Sumber tegangan tiga fasa merupakan salah satu sumber tegangan yang digunakan dalam mata pelajaran di sekolah kejuruan teknik tenaga listrik. Tidak setiap sekolah kejuruan teknik tenaga listrik memiliki sumber tegangan tiga fasa terutama di daerah pedesaan. Walaupun tidak dapat dipastikan ketersediannya 24 jam namun sekolah kejuruan memiliki sumber tegangan satu fasa dari jala-jala (PLN). Tulisan ini akan membahas tentang perancangan konverter tegangan satu fasa dari jala-jala PLN ke tegangan tiga fasa. Converter satu fasa menggunakan rectifier sebagai penyearah dari tegangan AC ke DC kemudian melalui DC link tegangan DC akan di konversi ketegangan AC tiga fasa melalui inverter tiga fasa. Hasil akhir dari tulisan ini adalah perancangan sebuah alat dengan masukan tegangan AC satu fasa dengan keluaran AC tiga fasa dengan biaya rendah sehingga dapat di aplikasikan sebagai alat pengajaran di rural area.*

**Kata Kunci:** *inverter, rectifier, rural area*

## **1. PENDAHULUAN**

Data penduduk Indonesia menunjukkan proporsi penduduk yang bertempat tinggal di pedesaan jika dibandingkan di perkotaan tidak lagi berbeda jauh. Namun, perbandingan tingkat pembangunan wilayah di pedesaan masih relatif tertinggal jika dibandingkan dengan perkotaan[1]. Diatas kertas pemerintah telah mendukung pemerataan peningkatan mutu dan pelayanan pendidikan[2], tetapi pada kenyataan di lapangan masih banyak desa-desa yang masih memerlukan peningkatan layanan pendidikan. Maka, pemerataan pembangunan diharapkan dapat menyentuh setiap sektor termasuk pada sektor pelayanan pendidikan terutama dalam hal penyediaan peralatan pengajaran.

Pemerintah Indonesia mempunyai program dalam dunia pendidikan, yaitu jumlah untuk SMK sebanyak 70% dan 30% untuk SMU. Perubahan jumlah sekolahan ini terpicu data yang diperoleh di lapangan bahwa pengangguran produktif kebanyakan adalah lulusan SMU[3]. Pada dasarnya SMU diprogram untuk mereka yang melanjutkan ke tingkat yang lebih tinggi, sedangkan pembekalan *skill* (untuk SMU) bisa dikatakan, tidak ada. Berbeda dengan dunia SMK, mereka dituntut untuk menguasai *skill* sehingga banyak perusahaan yang membutuhkan lulusan dari SMK. Lulusan SMKpun masih bisa melanjutkan sekolah ke jenjang yang lebih tinggi. Melihat kenyataan tersebut diatas penulis ingin berperan serta mendukung program pemerataan pendidikan dan peningkatan kualitas SMK dengan membuat alat pendukung pengajaran berupa converter tegangan AC satu fasa ke Tiga Fasa.

Beberapa tahun belakangan telah terjadi perkembangan dalam teknologi elektronika daya yang dapat membantu system kelistrikan diantaranya konversi tegangan baik dari AC ke DC, DC ke AC maupun DC ke dc dan AC ke AC. Pada tulisan ini akan dibahas converter AC ke DC dan DC ke AC sehingga secara keseluruhan menjadi converter AC ke AC.

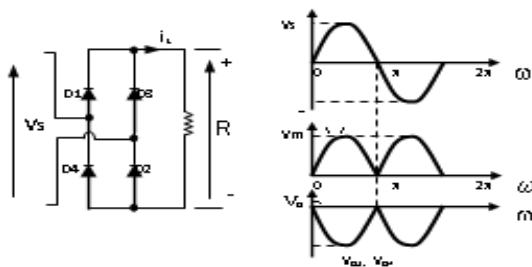
## 2. BAHAN DAN METODE

Konversi tegangan AC satu Fasa menjadi AC tiga fasa terdiri dari rangkaian penyearah yang menggunakan rangkaian diode jembatan penuh yang merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Tegangan DC tersebut akan di jadikan tegangan bolak balik dengan rangkaian inverter menggunakan enam mosfet. Penghubung antara rangkaian penyearah dan rangkaian inverter adalah DC link. Dalam tulisan ini DC link menggunakan kapasitor, kapasitor selain digunakan sebagai penghubung juga dapat berperan sebagai low pas filter untuk mendapatkan tegangan dc murni/rendah ripple.

### 2.1 Rangkaian penyearah

Pada prinsipnya rangkaian penyearah bersumber dari PLN yang disearahkan (dc catu daya). Sumber dc dapat diperoleh dengan cara menyearahkan tegangan ac dari jala-jala PLN dengan menggunakan dioda jembatan gelombang penuh yang akan menghasilkan tegangan dc (Gambar 1). Tegangan keluaran rata-rata adalah tegangan rata-rata yang keluar dari penyearah yang besarnya sama dengan dua kali tegangan maksimum dibagi dengan  $\pi$  seperti pada persamaan berikut ini [4]:

$$\begin{aligned} V_{\text{rms}} &= V_m/\sqrt{2} \dots\dots\dots(1) \\ V_m &= \sqrt{2} V_{\text{rms}} \\ &= \sqrt{2} \times 220 \\ &= 311.12 \text{ volt} \end{aligned}$$



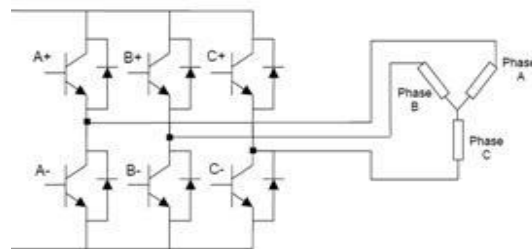
Gambar 1. Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

### 2.2 DC Link dan filter

Tegangan DC yang didapat dari rangkaian penyearah akan ditampung dalam kapasitor DC link, tegangan tersebut nantinya akan bertindak sebagai sumber tegangan DC untuk rangkaian inverter tiga fasa. Kapasitor tersebut berfungsi sebagai filter yang tersusun secara paralel. Pemasangan kapasitor secara paralel ditujukan agar dapat membuang frekuensi – frekuensi harmonik, dan jika kapasitor dipasang seri maka kapasitor tersebut tidak dapat membuang harmonik, filter tersebut hanya menahan atau blocking semua frekuensi kecuali frekuensi yang diperbolehkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecenderungan nilai kapasitor yang lebih besar akan menghasilkan ripple tegangan yang semakin kecil dan mendekati bentuk tegangan DC murni [5]

### 2.3 Rangkaian inverter tiga fasa

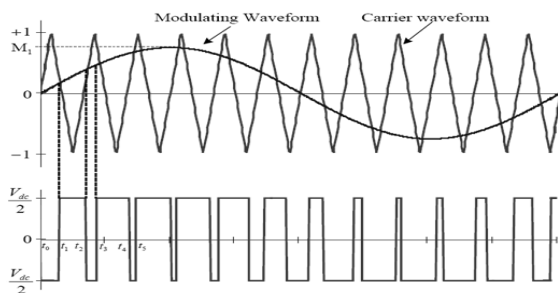
Inverter adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC) [5]. Inverter mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel surya / solar cell menjadi AC. Gambar 2 dibawah merupakan perancangan rangkaian inverter tiga fasa yang terdiri dari rangkaian daya (MOSFET) bersama beban. Pada gambar tersebut sinyal penyulutan akan diberikan kepada MOSFET A sampai dengan MOSFET C. setiap fasa memiliki dua level yaitu level high dan level low. Setiap level memiliki satu MOSFET. Level high MOSFET diwakili dengan tanda tambah (+) sebagai contoh MOSFET A+, sedangkan untuk level low dengan tanda kurang (-) sebagai contoh MOSFET A-. penyulutan untuk level high dan level low dilarang untuk bersamaan, karena akan terjadi short circuit antara sumber positif dan negative yang dapat merusak rangkaian daya. Maka dalam perancangan rangkaian kontrol penyulut MOSFET high level dan low level harus berlaku kebalikan. Sebagai contoh jika MOSFET A+ diberi penyulutan on maka MOSFET A- harus diberi penyulutan off, itu berlaku untuk keseluruhan fasa.



Gambar 2. Rangkaian Inverter Tiga Fasa

Pada perancangan inverter tiga fasa dibagi menjadi tiga bagian besar yaitu perancangan rangkaian daya dan perancangan rangkaian kontrol, yang didukung dengan perancangan rangkaian antar muka diantara keduanya yaitu rangkaian driver.

Tegangan DC dikonversi ke tegangan AC diperoleh dengan cara memotong-motong tegangan DC yang lebar pulsanya diatur (pulse wide modulation-PWM), tegangan yang didapat pada pwm tersebut adalah tegangan kotak (square wave), agar mendapatkan tegangan dengan bentuk sinus maka diperlukan pengaturan lebar pulsa dengan rapat dan regangan atau yang dikenal dengan sinusoidal PWM (SPWM).



Gambar 3. Membandingkan gel. sinus dengan gel. segitiga

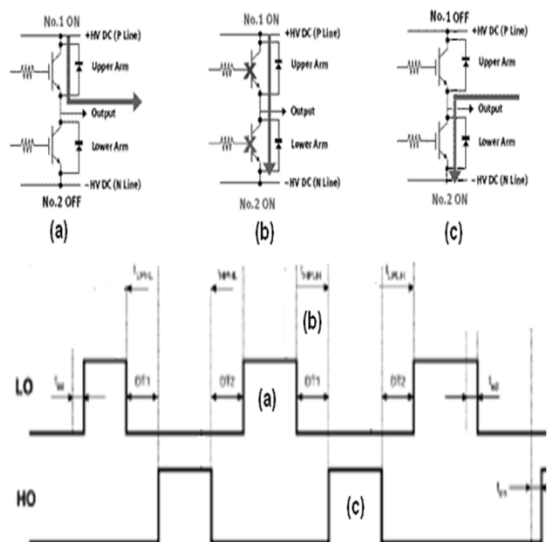
Rapatan dan renggangan dari tegangan DC diperoleh dengan membandingkan dua bentuk gelombang yaitu gelombang sinus dan gelombang segitiga[6]. Gelombang sinus disebut sebagai gelombang modulasi dan gelombang segitiga disebut sebagai gelombang carrier (gambar 3). Sehingga dalam perancangan spwm dilakukan dengan membangkitkan sinyal gelombang sinusoidal dan sinyal gelombang segitiga. Dari perpaduan sinyal tersebut didapat sinyal gelombang kotak yang digunakan sebagai sinyal trigger untuk dikirimkan ke rangkaian daya.

## 2.4 Pembangkitan sinyal penyulutan

Sinyal penyulutan dibangkitkan menggunakan mikrokontroler. Nilai-nilai sinyal berbasis bilangan biner disimpan dalam memori mikrokontroler dengan metode lookup table. Data-data tersebut kemudian dibandingkan secara perhitungan didalam program. Untuk mendapatkan data numerik perancangan dibantu dengan program aplikasi komputer pengolah data. Pada program aplikasi komputer kolom pertama diisi dengan angka dari 1 sampai dengan 360 sebagai sudut dari gelombang tegangan. Kolom berikutnya adalah fungsi sinus dari angka disebelah kanannya, untuk kolom selanjutnya sama seperti sebelumnya hanya saja sudut awalnya ditambah 120, ini dikarenakan perbedaan sudut fasa pada system 3fasa adalah 120 derajat. Angka-angka pada data tersebut dikonversikan kedalam biner dengan angka terbesar yaitu 1111111 akan setara dengan 255 (8bit). Pengkorvesian dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah perhitungan dikarenakan perhitungan mikrokontroler berbasis bilangan biner.

## 2.5 Rangkaian Driver

Rangkaian driver tersebut berperan sebagai jembatan untuk menyesuaikan parameter antara rangkaian daya dan rangkaian control [7] seperti impedansi, tegangan dan arus. Rangkaian driver juga mencegah terjadinya short circuit antara Mosfet high dan low level seperti terlihat pada gambar 4.

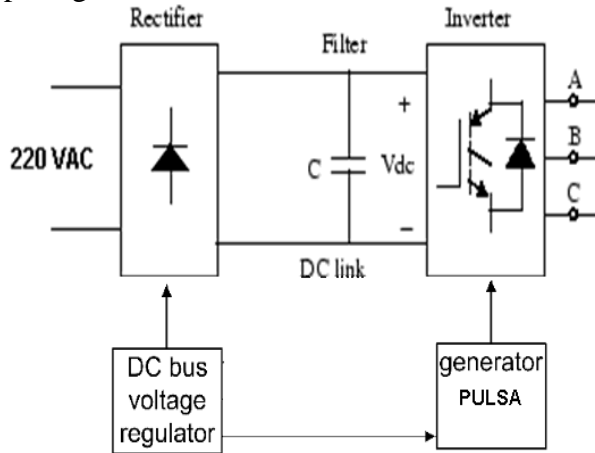


Gambar 4. Timing diagram penyulutan mosfet low side dan hi side

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Blok Diagram Rangkaian Keseluruhan

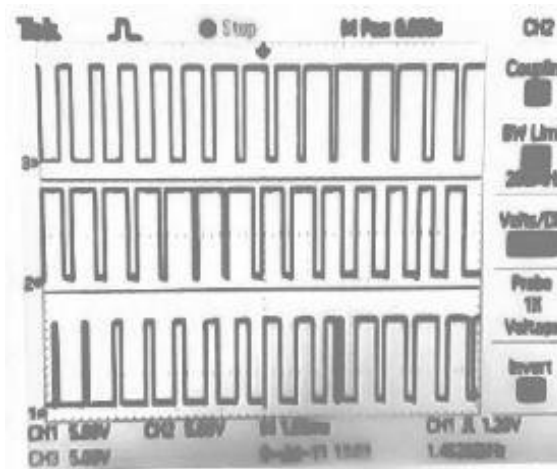
Setelah perancangan per sub sistem selesai maka selanjutnya adalah perancangan sistem keseluruhan. Perancangna sistem keseluruhan dimulai dari blok diagram sistem yang ditampilkan pada gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram system

#### 3.2 Keluaran sinyal dari mikrokontrol

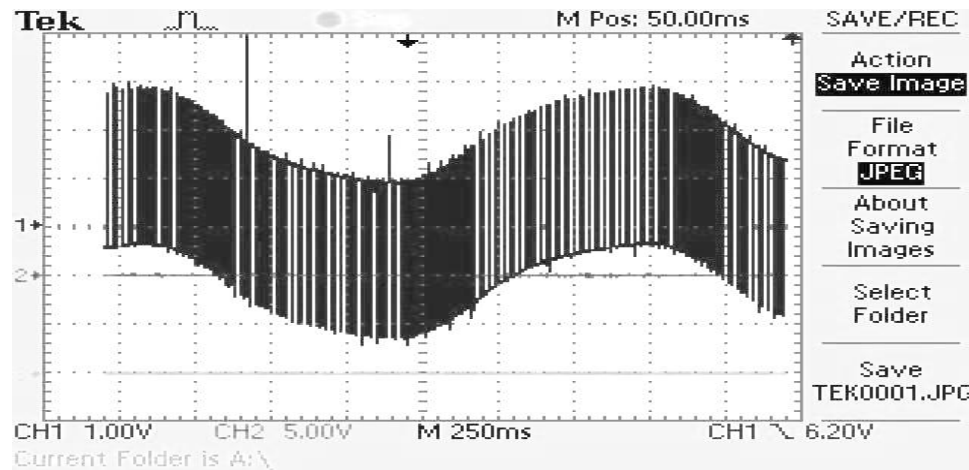
Keluaran sinyal dari mikrokontroler merupakan gelombang kotak yang memiliki rapatan dan renggangan. Mikrokontroler mengeluarkan sinyal sebanyak enam buah sesuai dengan jumlah MOSFET yang digunakan, dimana tiga sinyal dapat dikatakan sama untuk low side dan hi side namun berkebalikan. Keluaran sinyal penyulutan untuk MOSFET A, B, C dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Bentuk sinyal keluaran dari Mikrokontrol

### 3.3 Tegangan tiga fasa yang dibangkitkan

Pengujian tingkat akhir dari perancangan pada tulisan ini adalah pengukuran bentuk tegangan keluaran tiga fasa. Dimana bentuk keluaran yang diharapkan sinusoidal yang setiap fasanya berbeda 120 derajat. Bentuk tegangan keluaran salah satu fasa dari perancangan dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Tegangan keluaran salah satu fasa

## 4. KESIMPULAN

Dari penjabaran diatas maka dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya bahwa tegangan AC satu fasa dari jala-jala dapat dikonversi menjadi tegangan AC tiga fasa. Tegangan AC tiga fasa didapat dari inverter yang mengkonversi tegangan DC menjadi AC. Sinyal penyulutan untuk MOSFET didapat dengan cara memotong-motong tegangan DC. Pemotongan tegangan tersebut sebanding dengan gelombang sinus dan gelombang segitiga yang dikomparasi. Tiap fasa berbeda 120 derajat didapat dengan bantuan aplikasi pengolah data, yang kemudian datanya akan di downloadkan ke memori mikrokontroler. Tegangan tiga fasa dapat digunakan sebagai alat pengajaran di SMK.

## 5. SARAN

- Untuk aplikasi sebagai alat pengajaran SMK di rural area sebaiknya dibuat dalam skala kecil (dibawah 200W)
- Pembebanan tiga fasa dapat menggunakan motor induksi tiga fasa.

## 6. TERIMA KASIH

- Terima kasih kami sampaikan pada penerbit dan jajaran panitia atas kesempatan mempublikasikan hasil penelitian ini.

- Aam M, A. Praptijanto, Amin, Widodo Budi santoso, A. Hapid, Arifin nur, Wahonot, Yanu, Redo, Emul, Naili dan seluruh pihak yang telah memberi dukungan untuk terselesainya tulisan ini

## REFERENCES

- [1] [Bappenas, Pembangunan Perdesaan, [www.bappenas.go.id/get-file-server/node/3346](http://www.bappenas.go.id/get-file-server/node/3346), 2005
- [2] Kementerian Pendidikan Nasional RI, Permen No.38 Tahun 2008 Pengelolaan Teknologi Informasi dan Komunikasi di Lingkungan Pendidikan Nasional; 2008
- [3] Ridho, ANALISIS KEBIJAKAN PORSI SMK : 70 DAN SMA: 30 (Kajian Program Pemerintah tentang Proporsi SMK dan SMA 70 : 30), <http://www.rid-one.web.id/?p=22> , 2011
- [4] Kasap, S.O., Principles of Electronics Material and Devices, McGraw-Hill Book Company, Toronto: 2002.
- [5] Kristian Ismail, Agus Risdianto, "Studi Pengaruh Pemilihan Frekuensi Carrier dan Komponen Filter Terhadap Bentuk Gelombang Keluaran pada Inverter Satu Fasa," in TEKNOSIM 2008, Yogyakarta, 16 Oktober 2008.
- [6] Sardiyanto, "Pembuatan Modul Inverter 3 Fasa Sinusoidal Pulse Width Modulation Sebagai Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Terhubung Segitiga 220 Volt," Teknik Elektro Fakultas Teknik Undip, Semarang, Tugas Akhir 2011.
- [7] Zainal Salam, Power Electronics and Drivers, 2nd ed. Johor Baru, Malaysia, 2002.