

Kontrol Tegangan Inverter *Full Bridge* Satu Fasa Berbasis Arduino Uno R3 Menggunakan Kontrol PID

Raka Aji Sukmayuwana

Sukmayuwana48@gmail.com
Universitas Jember

Triwahju Hardianto

Triwahju.teknik@unej.ac.id
Universitas Jember

Widyono Hadi

widyono@unej.ac.id
Universitas Jember

Abstrak

Resiko gangguan pada sistem jaringan listrik semakin meningkat diakibatkan semakin bertambahnya konsumsi energi listrik. Jika gangguan pada sistem jaringan terjadi maka pemutusan biasanya dilakukan oleh PT. PLN. Kemajuan teknologi memberikan solusi dengan berkembangnya ilmu elektronika daya. Mulai ditemukan rangkaian yang dapat merubah listrik DC ke AC. Listrik berjenis AC dapat dibangkitkan melalui listrik DC (Direct Current) atau listrik bergelombang searah. Tahapan untuk mendapatkan listrik AC dari pembangkitan menggunakan listrik DC dapat menggunakan sistem pembalikan kutup dari hasil keluaran listrik DC yang terhubung dengan beban. Metode tersebut disebut dengan inverter. Penelitian ini menggunakan inverter dengan rangkaian *full bridge*. Sumber tegangan inverter menggunakan baterai 12 Volt dengan kapasitas 7,2 Ah. Arduino Uno R3 digunakan sebagai kontrol *switching* rangkaian *full bridge* dan menjaga kestabilan tegangan dengan menggunakan PID. Setelah rangkaian inverter *full bridge*, tegangan dinaikkan ke 220 Volt dengan menggunakan transformator. Dengan menggunakan metode SPWM (*Sine Pulse Width Modulation*) pembagian gelombang frekuensi pada inverter sebesar 50 Hz. Kemudian dilakukan pengontrolan PID karena terjadinya penurunan tegangan setelah keluaran dari transformator. Besaran nilai K_p , K_i , dan K_d yang digunakan adalah 0,068, 0,001 dan 0,04. Tegangan output inverter mampu dijaga hingga tetap stabil sebesar 200v-220v. Efisiensi sistem inverter secara keseluruhan adalah 79,319%

Kata Kunci — Inverter, Mikrokontroler, Full Bridge, Sine Pulse Width Modulation, PID

Abstract

The risk of disruption to the electricity network system increases due to the increasing consumption of electricity. If a disruption in the network system occurs, the termination is usually carried out by PT. PLN. Technological advancements provide solutions with the development of power electronics. Start to find a circuit that can convert DC electricity to AC. AC type electricity can be generated via DC electricity (Direct Current) or unidirectional corrugated electricity. The stage for obtaining AC electricity from generation using DC electricity can use a closed reversal system from DC electricity output connected to the load. This method is called an inverter. This study uses an inverter with a full bridge circuit. The inverter voltage source uses a 12 Volt

battery with a capacity of 7.2 Ah. Arduino Uno R3 is used as a control of a full bridge switching circuit and maintaining voltage stability using PID. After a full bridge inverter circuit, the voltage is increased to 220 volts using a transformer. By using the SPWM method (Sine Pulse Width Modulation) the distribution of frequency waves on the inverter is 50 Hz. Then PID control is carried out because of the voltage drop after the output of the transformer. The values of K_p , K_i , and K_d used are 0.068, 0.001 and 0.04. The inverter's output voltage can be maintained until it remains stable at 200v-220v. The efficiency of the inverter system is 79.319%

Keywords — Inverter, Mikrokontroler, Full Bridge, Sine Pulse Width Modulation, PID

I. PENDAHULUAN

Penggunaan listrik AC banyak digunakan oleh masyarakat karena pada awal adanya listrik di Indonesia adalah listrik berjenis Alternating Current atau listrik arus bolak-balik. Listrik berjenis AC dapat dibangkitkan melalui listrik DC (Direct Current) atau listrik bergelombang searah. Tahapan untuk mendapatkan listrik AC dari pembangkitan menggunakan listrik DC dapat menggunakan sistem pembalikan kutup dari hasil keluaran listrik DC yang terhubung dengan beban. Metode tersebut disebut dengan inverter.

Inverter adalah suatu alat yang dapat mengubah tegangan bolak-balik menjadi tegangan searah dengan frekuensi dan tingkat tegangan yang dapat diatur. Rangkaian inverter terdiri dari tiga bagian, bagian pertama sebuah rangkaian yang terbentuk dari rangkaian konverter yang mengubah sumber tegangan bolak-balik jala-jala menjadi tegangan searah dan menghilangkan riak pada keluaran tegangan searah ini. Bagian kedua adalah rangkaian inverter yang mengubah tegangan searah menjadi tegangan bolak-balik satu fasa dengan frekuensi beragam. Kedua rangkaian ini disebut rangkaian utama. Bagian yang ketiga adalah sebuah rangkaian kontrol berfungsi sebagai pengendali rangkaian utama. Gabungan keseluruhan rangkaian ini disebut unit inverter.

Salah satu permasalahan yang dihadapi pada perangkaian inverter adalah tegangan yang dihasilkan tidak mencapai 220

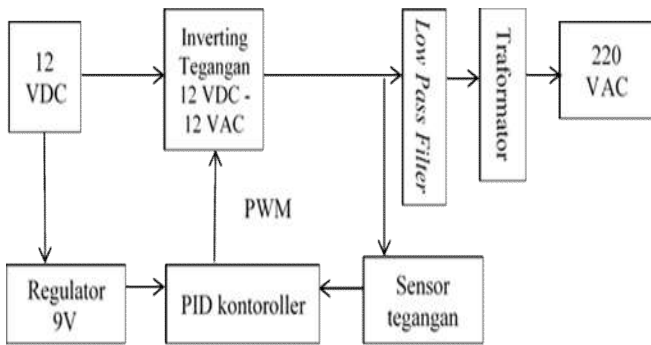
V atau melebihi 220 V dalam keadaan tak berbeban. Kemudian, terdapatnya ripple pada sinyal sinusoidal mengakibatkan gelombang tidak menyerupai gelombang sinus dan puncak bagian gelombang mengalami penurunan. Pengaturan tegangan bertujuan agar jika terjadi penurunan atau kenaikan tegangan keluaran dari system tetap terjaga sesuai ratingnya 220 V.

II. METODE PENELITIAN

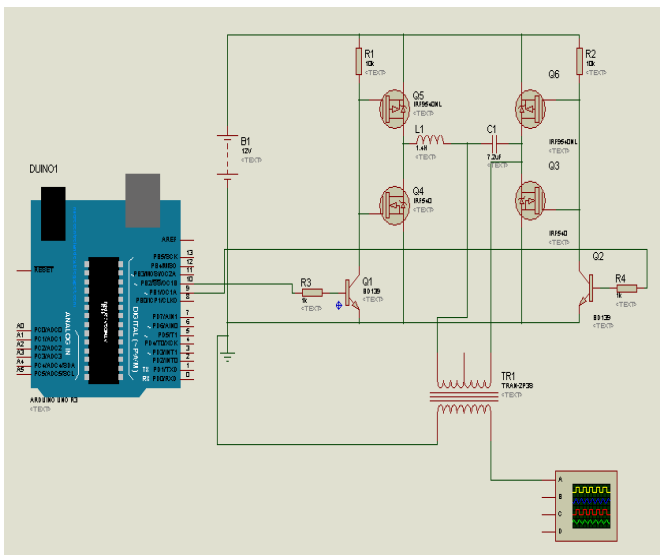
A. Diagram Blok Penelitian

Rancang bangun inverter ini terdapat dua rangkaian yaitu rangkaian power supply mikrokontroler dan rangkaian driver inverter. *Feedback* system kontrol dilakukan setelah proses inverting tegangan 12 Vdc menjadi 12 Vac.

Untuk memudahkan proses switching pada setiap 1 pin Arduino uno R3 dihubungkan dengan 2 buah mosfet. Pada rangkaian full bridge ini menggunakan 4 buah mosfet. Skema rangkaian pada Gambar 2 menunjukkan rangkaian inverter secara menyeluruh. Dimulai dari mikrokontroler Arduino R3, driver mosfet, rangkaian full bridge 1 fasa, *low pass filter* dan transformator.



Gbr. 1 Diagram Blok

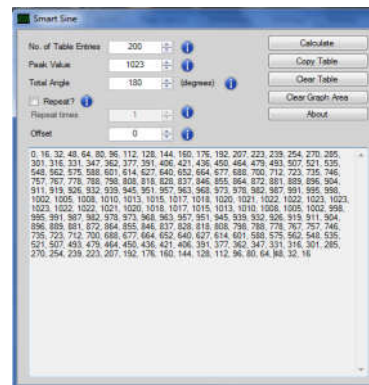


Gbr. 2 Skema Rangkaian

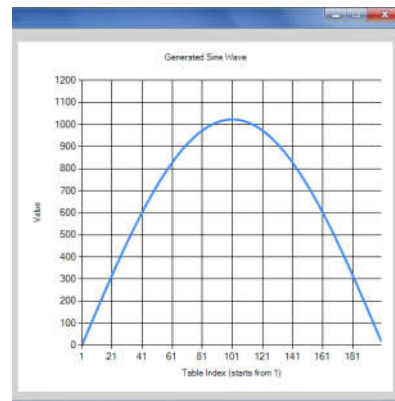
B. Smart Sine dan Penentuan Gelombang Modified

Penggunaan aplikasi smart sine ini bertujuan untuk mengkonversi nilai dari gelombang sinus yang diinginkan menjadi beberapa sampel untuk dijadikan bilangan ADC (Analog Digital Converter). Hasil dari konverter dijadikan data untuk melakukan pemrograman untuk menentukan nilai PWM yang dibangkitkan.

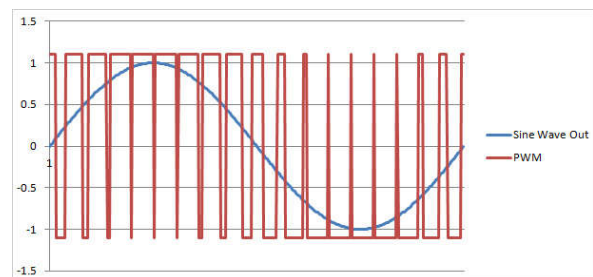
Pada pembuatan rancang bangun inverter satu fasa ini menggunakan pin 9 dan 10 yang nantinya akan dihubungkan dengan driver mosfet. Mikrokontroler arduino uno digunakan untuk switching mosfet sehingga dapat menghasilkan gelombang yang menyerupai sinus atau modified sine wave. Kecepatan switching arduino dirubah menjadi 10 kHz. Untuk mendapatkan gelombang sinus dengan frekuensi 50 Hz dengan frekuensi switching 10kHz maka pada setiap satu hertz gelombang sinus terdapat 200 gelombang PWM.



Gbr. 3 Software Smart Sine



Gbr. 4 Hasil Konversi



Gbr. 5 Modified Sinewave

C. Perancangan Sensor Tegangan

Sensor tegangan berguna untuk mengukur besar nilai tegangan output dari inverter. Prinsip kerja dari sensor tegangan yang digunakan yaitu menggunakan rumus pembagi tegangan dari dua buah resistor disusun seri yang mempunyai nilai resistansi berbeda.

$$V_{out} = R_2 / ((R_1 + R_2)) V_i \tag{1}$$

dimana, $V_{out} = V_{in} = 12,72$; $R_1 = 10k \Omega$

$$3 = (12,72 \times R_2) / ((10k + R_2))$$

$$3 \times (10k + R_2) = 12,72 \times R_2$$

$$30000 + 3R_2 = 12,72R_2$$

$$30000 = 14,72R_2$$

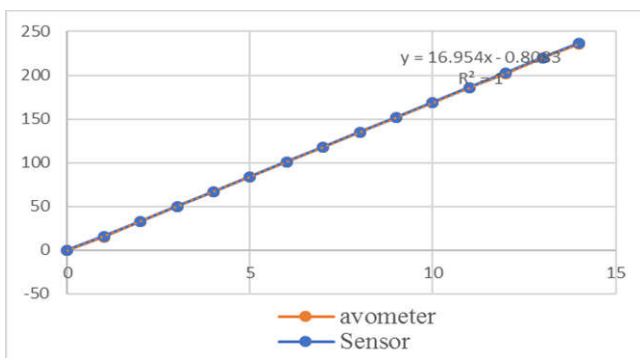
$$R_2 = 30000 / 14,72$$

$$R_2 = 2k2 \Omega$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor Tegangan

Analisa ini dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran yang ditunjukkan oleh multimeter dengan sensor tegangan yang telah dibuat. Pengambilan data tegangan dilakukan dari range 0 Volt sampai 236 Volt.



Gbr. 6 Grafik Pengujian Sensor Tegangan

Pada grafik Gambar 6 dapat dilihat bahwa dari 15 variasi tegangan yang diujikan hasil error persen adalah 0,928812% atau mendekati 1%.

B. Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian akhir inverter ini dilakukan dengan memberikan beban resistif dengan nilai yang bervariasi

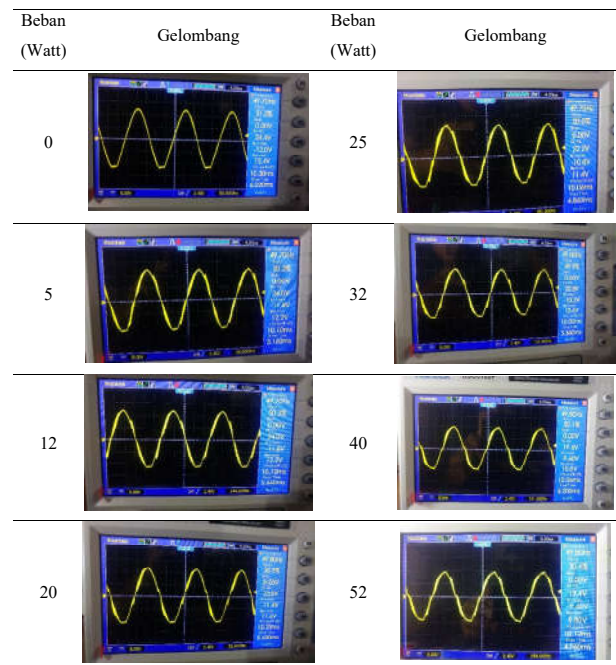
Pada pengujian ini diketahui nilai frekuensi yang dihasilkan rata-rata 49,75Hz. Nilai tegangan output turun sampai 170 Volt pada beban 52 watt.

Pada kondisi beban 5 Watt sampai dengan 52 Watt gelombang masih menyerupai sinus dengan sedikit ripple yang terjadi. Hal ini mengindikasikan filter bekerja cukup baik. Pengaruh beban yang diberikan mempengaruhi bentuk gelombang yang dihasilkan.

TABEL I
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN RESISTIF

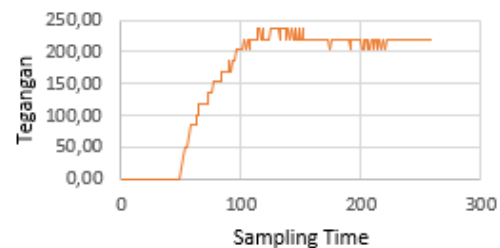
No	Beban (W)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{Out} (V)	I _{Out} (A)	Frekuensi (Hz)
1.	0	12	1,50	210	0,01	49,70
2.	5	12	1,60	210	0,08	49,70
3.	12	12	1,75	200	0,10	49,70
4.	20	12	1,83	200	0,08	49,80
5.	25	12	1,99	190	0,11	49,70
6.	32	12	2,03	185	0,12	49,80
7.	40	12	2,10	180	0,11	49,80
8.	52	12	2,34	170	0,14	49,80

TABEL II
PENGARUH BEBAN TERHADAP GELOMBANG



C. Hasil PID

Pada pengujian ini menggunakan metode Trial and error PID. Tujuan dari analisa hasil PID ini adalah untuk mengamati kestabilan sistem kontrol PID dalam mencapai set point.



Gbr. 7 Grafik Pengujian Kontrol PID

Dari grafik diatas dapat diketahui Kontrol PID mampu mencapai target tegangan atau set point sebesar 220 v. Kontrol menjaga kestabilan inverter dengan menaikkan ataupun menurunkan tegangan agar kestabilan tetap terjaga pada tegangan 220 v. Besaran nilai Kp, Ki, dan Kd yang digunakan adalah 0,068, 0,001 dan 0,04.



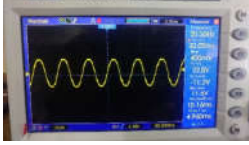
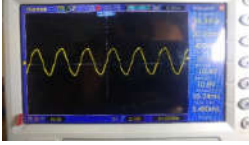
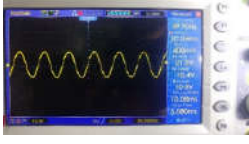



D. Pengujian Inverter dengan Kontrol

Pada pengujian ini diketahui nilai frekuensi yang dihasilkan rata-rata 49,96Hz. Nilai tegangan cukup mampu dijaga pada range 200v-220v.

TABEL II
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN RESISTIF

No	Beban (W)	V _{in} (V)	I _{in} (A)	V _{Out} (V)	I _{Out} (A)	Frekuensi (Hz)
1.	0	12	1,67	220	0,06	49,80
2.	5	12	1,80	220	0,07	50,00
3.	12	12	2,06	220	0,08	49,90
4.	20	12	1,83	210	0,08	50,00
5.	25	12	1,39	210	0,07	50,00
6.	32	12	2,53	210	0,12	50,00
7.	40	12	2,57	200	0,13	50,00
8.	52	12	3,36	200	0,19	50,00

TABEL IV
PENGARUH BEBAN TERHADAP BENTUK GELOMBANG

Beban (Watt)	Gelombang	Beban (Watt)	Gelombang
0		25	
5		32	
12		40	
20		52	

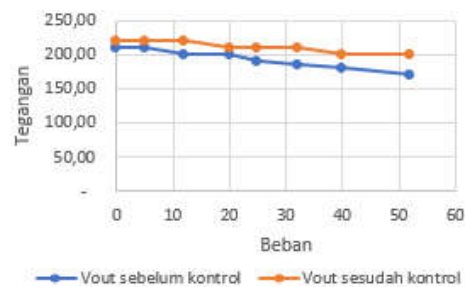
Dengan metode SPWM dan menjaga control tegangan keluaran, inverter mampu menghasilkan gelombang menyerupai sinus murni atau gelombang *modified sinewave* dengan sedikit ripple yang terjadi.

E. Efisiensi Sistem Inverter

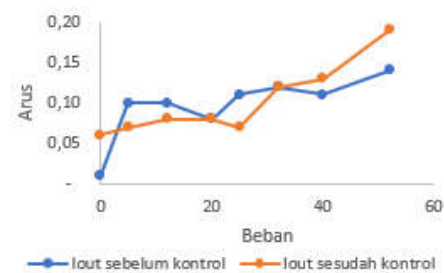
Pada grafik pengukuran tegangan pada Gambar 8 dapat diketahui kinerja system kontrol PID dapat mempengaruhi naiknya tegangan keluaran. Tegangan keluaran dapat dinaikan hingga 200v-220v. kinerja sensor tegangan yang kurang maksimal menyebabkan tegangan keluaran tidak dapat di feedback dengan baik ketika sistem Kontrol PID telah mencapai set point 220v.

Pada grafik pengukuran arus (Gambar 9) dapat diamati bahwa semakin tinggi beban yang digunakan nilai arusnya semakin besar.

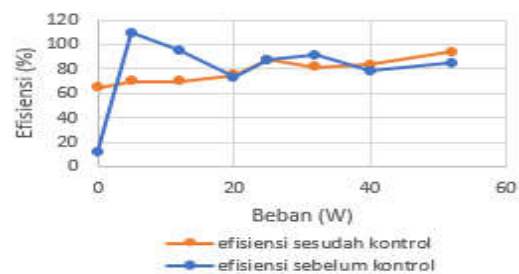
Efisiensi inverter sendiri mengalami presentase peningkatan seiring bertambahnya beban (Gambar 10). Dapat diamati nilai efisiensi pada kinerja inverter dengan control relative stabil. Efisiensi tertinggi didapatkan dari dari beban 52 Watt yaitu sebesar 94,246%. Rata-rata efisiensi yang didapatkan dari hasil penelitian ini 79,319%.



Gbr. 8 Grafik Perbandingan Tegangan



Gbr. 9 Grafik Perbandingan Arus



Gbr. 10 Grafik Efisiensi Sistem Inverter

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

1. Dalam keadaan beban yang berubah hasil frekuensi yang dilewatkan ke *low pass filter* dapat dipertahankan dalam bentuk gelombang sinusoidal. Rata-rata frekuensi yang dihasilkan setelah proses kontrol adalah 49,96Hz.
2. Sistem kontrol cukup mampu untuk mempertahankan tegangan output inverter pada rentang tegangan 200v-220. Hal ini diakibatkan sistem feedback sensor yang terlambat ketika kontrol PID sudah aktif.
3. Efisiensi yang dihasilkan oleh inverter cukup stabil dengan rata-rata 79,319%.

REFERENSI

- [1] Adam, Ahmad Antares, Single Phase Inverter Circuit Based on Frequency Variation for Controlling the Speed of a Capacitor Motor. Palu: Universitas Tadulaku, 2015.
- [2] Ajitha S. N K.alaiarasi "Implementation of Full- Bridge Current-Fed Resonant Boost Converter using PIC microcontroller"; 2010 International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 1 – No.
- [3] Ariwibowo, C., Warsiti, A., dan Kartono. 2010. Perancangan Inverter Dual Conversion Push Pull-Full Bridge Pada Aplikasi Fotovoltaik, Universitas Diponegoro, Semarang
- [4] Azmi, Khairul, Ira Devi Sara, Syahrizal. 2017. Desain dan Analisis Inverter Satu Fasa Menggunakan Metode SPWM Berbasis Arduino Uno, Banda Aceh, Universitas Syiah Kuala
- [5] Chen, Wai Kai. 2000. The VLSI Handbook. Florida: CRC Press.
- [6] Effendi, Moh. Zaenal, "Design of inductor", power point materi kuliah, Surabaya: PENSITS, 2007
- [7] Effendi, Moh Zaenal, Suyono, Sudarminto, "Rancang Bangun Inverter Multipulsa untuk Beban Penerangan Rumah Tangga Jenis Lampu Pijar", Surabaya: PENSITS
- [8] Fairchild Semikonduktor. ID Series Datasheet. www.alldatasheet.com, diakses tanggal 26 Februari 2012.
- [9] FATEC, 2006, "Inverter School Text, Inverter Practical Course", Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, Japan, p.211.
- [10] Grotzbach M, Ried Ch, Investigation of AC/DC Converter Harmonics by an Analytical Based Time-Discrete Approach, IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 12, No.2, April 1997
- [11] HARSONO, T. dan PRATILASTIAR-SO, J, "Harmonisa dan Pengaruhnya pada faktor Daya", Jurnal IES 2003.
- [12] Majhi, Bijoyprakash. 2012. Analysis of Single-Phase SPWM Inverter.
- [13] MR, Fadhli, Rancang Bnagun Inverter 12V DC Ke 220V AC Dengan Frekwensi 50Hz dan Gelombang Keluaran Sinusoidal. Depok: UNIVERSITAS INDONESIA, 2010.
- [14] Mustaffa, Muhammad Faid, Design The Low Passive Filter For Grid Connected Single Phase Voltage Source Inverter System. Malaysia: UNIVERSITI TEKNIKAL MALAYSIA MELAKA,2014.
- [15] N. Mohan, T. Undeland, and W. Robbins, "Power Electronics: Converters", Applications, and Design, 2nd ed., New York: John Wiley & Sons, 1995.
- [16] Nasution, Muhamad Fadli.2010. Pulse Width Modulation. <http://inirobot.blogspot.com>. Diakses tanggal 8 Januari 2018.
- [17] Prabowo, Rifqi Bagus., Bambang Sujanarko, Supriyadi Prasetyo, Design of single phase Full Bridge Inverter. Institute of electronics, Jember University, 37 Kalimantan, 68121 Jember, 2018.
- [18] Rashid M.H., "Power Electronics: Circuits, Devices and Applications", Prentice Hall, 1988. Fernuniversität-Gesamthochschule Hagen; in Germany
- [19] Santoso, S. 2013. Implementasi Teknik PWM Pada Inverter Satu Fasa Gelombang Penuh pada Beban RC, laporan Tugas Akhir, Universitas Katolik Soegija Pranata, Semarang
- [20] ZULKARNAINI, "Pengaruh Harmonik Akibat Penggunaan Variable Speed Drive Terhadap Piranti Bridge Crane PLTU TELUK SIRIH (2 x 112MW)", Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 2 No. 2; Juli 2013.