

Perancangan dan Implementasi *Push-Pull Inverter* dengan *Buck Converter* Pada Sistem *Stand Alone Photovoltaic*

A.A Intan Permatasari, Andrianai Parastiwi, Ratna Ika Putri

Abstrak — Saat ini kebutuhan energi listrik semakin meningkat sebanding dengan pertumbuhan penduduk, konsumsi listrik mengalami pertumbuhan dengan rasio elektrifikasi sebesar 86% pada tahun 2017. Terdapat lebih dari 50% penduduk di Indonesia yang berada didaerah pelosok belum dialiri listrik. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber alternatif untuk pembangkitan listrik di Indonesia dinilai sesuai untuk mengatasi krisis listrik yang terjadi, dilihat dari potensi energi surya di Indonesia yang sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp dan pemanfaatannya juga tidak menimbulkan polusi dan ramah lingkungan. *Photovoltaic* adalah perangkat yang secara langsung mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang bersumber tegangan DC. Sebagian besar peralatan listrik rumah tangga menggunakan sumber tegangan AC 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz. Untuk mendapatkan sumber listrik AC maka dibuatlah sebuah inverter. Inverter adalah suatu perangkat yang dapat mengubah sumber tegangan DC menjadi tegangan AC. Dalam skripsi ini merancang inverter jenis *push-pull* dengan spesifikasi tegangan input 12 VDC, tegangan output AC 220V dan frekuensi 50Hz dengan masukan berbentuk gelombang kotak (*square wave*) yang dalam pembangkitan sinyal menggunakan mikrokontroler. Untuk stabilisasi tegangan output AC 220 V maka menggunakan kontrol PI metode kurva reaksi dengan set point 220 V. Berdasarkan pengujian dan perhitungan nilai yang didapat $K_p=0.34$ dan $K_i=0.1$

Kata Kunci: *Push-pull inverter, photovoltaic, Microcontroller, PI controller*

I. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki kurang lebih 17.000 pulau baik pulau besar maupun kecil. Penduduk Indonesia kini mencapai lebih dari 250 juta jiwa dan tersebar di lebih dari 65.000 desa. Namun dari belasan ribu pulau tersebut masih kurang dari 50% yang telah mendapat aliran listrik. Pada tahun 2015

angka elektrifikasi nasional masih berkisar pada 86% (ESDM, 2017), hal ini menyebabkan terjadinya krisis listrik di pelosok-pelosok Kalimantan, Sumatra, Papua, dan banyak wilayah lainnya.

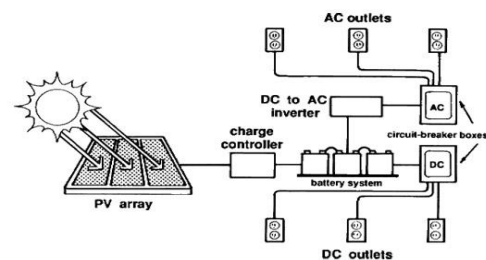
Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif dinilai sesuai untuk mengatasi krisis listrik yang terjadi, dilihat dari potensi energi surya di Indonesia yang sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp. Pemanfaatan sinar matahari membutuhkan sistem *photovoltaic* untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik yang menghasilkan sumber tegangan DC (Fishbane et.al, 1996)

Tegangan dan arus yang dihasilkan *Photovoltaic* (panel surya) merupakan DC murni. Sehingga dirasa belum cukup apabila digunakan sebagai sumber untuk peralatan listrik, karena beban listrik rumah tangga yang digunakan membutuhkan sumber tegangan AC. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan inverter. Inverter adalah suatu konverter yang dapat mengubah sistem tegangan DC yang tetap menjadi tegangan AC dengan nilai tegangan dan frekuensi yang dapat di atur sesuai dengan kebutuhan.

Inverter yang akan dirancang adalah inverter jenis *push-pull* untuk diaplikasikan pada sistem *photovoltaic* dengan spesifikasi tegangan input 12 Volt DC yang akan diubah menjadi tegangan output 220 Volt AC dengan frekuensi 50 Hz yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan beban listrik AC. Dimana pengaturan sinyalnya menggunakan metode PWM yang diatur menggunakan mikrokontroler.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya



Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Surya [1]

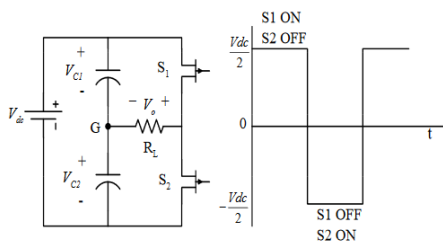
Dalam perencanaan alat ini terdiri dari *Photovoltaic*, *charge controller*, baterai, *inverter*, dan beban. *Photovoltaic* digunakan sebagai sumber energi yang akan mengubah energy matahari menjadi energi listrik.. *Charge Controller* merupakan metode untuk pengontrolan tegangan yang masuk ke baterai. Baterai berfungsi sebagai beban dan menjadi sumber DC bagi *inverter*. *Inverter* berfungsi untuk mengkonversi tegangan DC keluaran dari baterai menjadi tegangan AC

2.2 *Push-pull Inverter*

Inverter merupakan suatu rangkaian untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC secara elektronik (*switching*). Inverter mengkonversi tegangan DC dari perangkat seperti baterai, tegangan DC biasanya yang dipakai adalah 12 V atau 24 V dengan keluaran tegangan AC 220 V seperti tegangan jaringan listrik PLN pada umumnya.

Ada beberapa topologi inverter yang berkembang saat ini, yaitu inverter satu fasa dan tiga fasa. Inverter yang digunakan adalah jenis satu fasa setengah jembatan, yaitu *push-pull inverter*

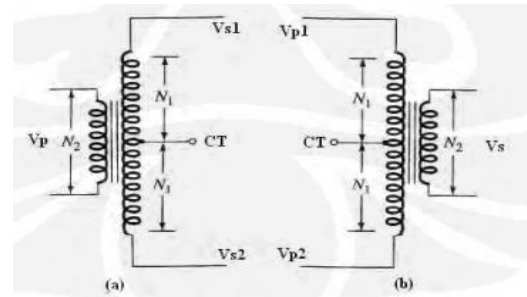
Dalam rangkaian inverter setengah jembatan satu fasa terdapat dua mode penyaklaran yang akan mmentukan nilai tegangan terminal keluaran inverter, V_{a0} . Apabila saklar statis S_1 ON dan saklar statis S_2 OFF maka $V_{a0} = \frac{V_{dc}}{2}$. Begitupun sebaliknya pada saat S_1 OFF dan saklar statis S_2 ON maka $V_{a0} = -\frac{V_{dc}}{2}$ jadi, konfigurassi inverter ini akan membangkitkan gelombang tegangan keluaran yang memiliki dua level nilai.



Gambar 2. Push-pull Inverter [2]

2.3 *Transformator*

Transformator (trafo) merupakan sebuah komponen pasif yang berfungsi untuk mengubah nilai tegangan bolak-balik pada kumparan primernya menjadi lebih besar atau lebih kecil pada kumparan sekundernya. Suatu trafo tidak dapat bekerja jika kumparan primernya dihubungkan ke sumber tegangan DC. Trafo yang paling banyak digunakan saat ini adalah trafo yang memiliki centre-tap (CT) atau titik tengah. CT terdapat pada kumparan primer ataupun sekunder. Nilai tegangan pada ujung-ujung kumparan terhadap CT adalah bernilai sama, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. (a)Gulungan CT pada kumparan sekunder dan (b)primer [3]

2.4 *Kontrol PI*

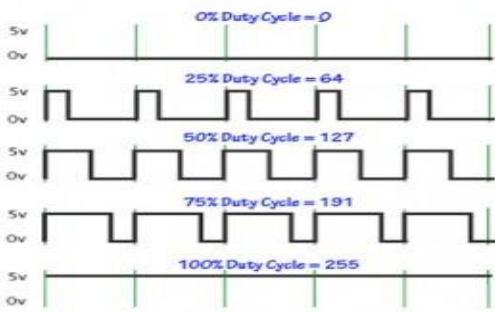
PID merupakan sistem kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem *instrumentasi* dengan adanya *umpan balik* pada sistem tersebut. Set point merupakan keadaan tertentu yang ingin dicapai. Sensor berfungsi mendeteksi keluaran plant dan mengkonversikannya menjadi besaran dengan satuan yang sama seperti satuan set point. Output dari sensor adalah selisih dari sinyal umpan balik (*feedback*) dengan set point yang nantinya akan menghasilkan sinyal error. Sinyal error diproses oleh kontroler lalu menghasilkan sinyal kontrol yang diumpkan ke plant, dengan tujuan agar keluaran dari plant sama dengan set point, yang berarti sinyal error bernilai (atau mendekati) nol. Pada metode kontrol PID, sinyal kontrol dihasilkan dengan cara menambah sinyal error (*proportional*), mengintegrasikan sinyal error (*integral*), dan membuatnya sebanding dengan laju perubahan sinyal error itu sendiri (*derivative*). Kontroler yang melakukan mekanisme tersebut disebut dengan *PID controller*.

Karakteristik kontroler PID sangat dipengaruhi oleh kontribusi nilai dari ketiga parameter P, I dan D. Pengaturan nilai konstanta Kp, Ti, dan Td akan mengakibatkan perbedaan karakteristik dari masing-masing elemen.

2.5 *Pulse Width Modulation*

PWM atau *Pulse Width Modulation* adalah salah satu teknik pemodulasian sinyal dimana besar *duty cycle* pulsa dapat diubah-ubah dalam suatu periode tertentu. Sinyal PWM mempunyai frekuensi gelombang yang tetap namun nilai *duty cycle*-nya yang berbeda-beda dVngan rentang nilai 0% hingga 100%

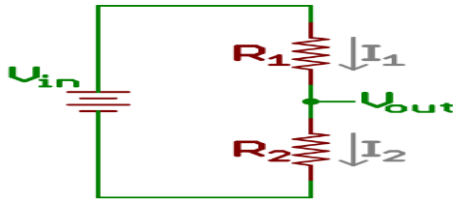
Misalkan suatu PWM memiliki resoulsi 8 bit berarti PWM ini memiliki variasi perubahan sebanyak $2^8=256$ dengan perubahan nilai yang mngumpamakan *duty cycle* 0-100% dari keluaran PWM tersebut.



Gambar 4. Pulse Width Modulation [4]

2.6 Sensor Tegangan

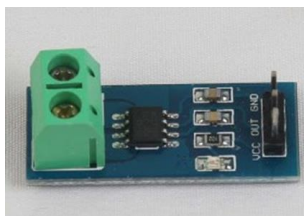
Sensor tegangan digunakan untuk mengukur penurunan tegangan pada pembagi tegangan yang presisi, yang proporsional, tetapi lebih kecil dari pada tegangan input. (Pasco, 2011) Sensor tegangan biasanya menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan resistor yang di seri. Rangkaian pembagi tegangan akan mengubah range tegangan ke tegangan input mikrokontroller.



Gambar 5. Sensor Tegangan [5]

2.7 Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan adalah IC ACS712. ACS712 adalah *hall effect current sensor*. *Hall effect sensor* merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC ataupun DC. sensor ACS712 pada saat tidak ada arus yang terdeteksi, maka keluaran sensor adalah 2,5 V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran akan >2,5 V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan <2,5 V



Gambar 6 Sensor Arus ACS712 [6]

2.8 Arduino UNO

Arduino UNO adalah board mikrokontroller yang menggunakan IC ATmega328. Arduino UNO memiliki 14 pin digital input/output (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 1 buah osilator kristal 16 MHz, 1 buah koneksi USB, 1 buah power jack, 1 buah ICSP header, dan 1 buah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menghubungkannya ke 1 buah computer dengan 1 buah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah

adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.



Gambar 7. Arduino Uno [7]

2.9 LCD 16x2

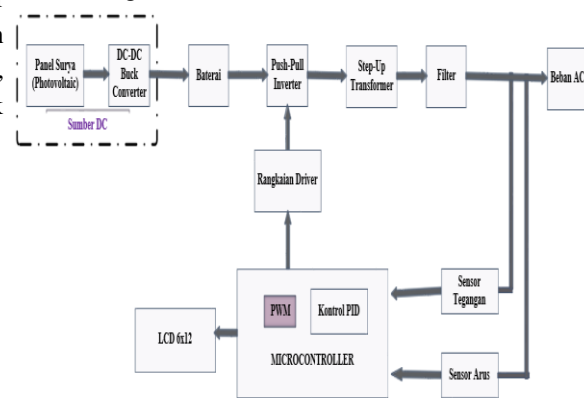
LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah *display* elektronik yang diciptakan dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya. LCD ini berfungsi untuk menampilkan suatu data, baik karakter, huruf, angka ataupun grafik. LCD 2x16 yang dapat menampilkan 16 karakter dan 2 baris. Semua fungsi tampilan di kontrol oleh satu unit mikrokontroller



Gambar 8. Tampilan LCD 2x16 [8]

III. METODOLOGI

3.1 Diagram Blok Sistem



Gambar 9. Diagram Blok Sistem

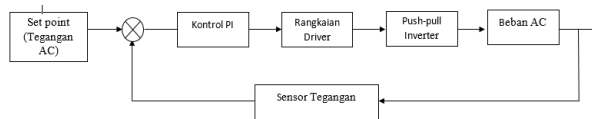
Dalam sistem ini terdapat beberapa bagian yaitu panel surya, Baterai, Push-Pull Inverter, Transformator, Sensor tegangan dan arus, Arduino UNO, Rangkaian Driver, Kontrol PID dan bagian beban.

Pada rangkaian push-pull inverter ini mengubah sumber tegangan DC dari panel surya (*Photovoltaic*) menjadi sumber tegangan AC 220 Volt dengan frekuensi 50 Hz. Untuk menaikkan tegangan DC menjadi tegangan AC dengan

keluaran 220VAC maka digunakan transformator step-up. Sebelum diaplikasikan ke beban tegangan keluaran dari inverter di sensor terlebih dahulu oleh sensor pembagi tegangan, untuk mengetahui nilai keluaran tegangan AC yang terukur dari inverter. Namun pada proses pengerjaan ditemukan fakta bahwa pada tegangan output inverter tidak dapat stabil apabila diberikan sebuah beban. Oleh karena itu dibutuhkan sebuah kontrol untuk mempertahankan tegangan output inverter agar stabil pada nilai 220VAC yaitu menggunakan metode PI. Output dari kontrol PI tersebut berupa nilai tegangan yang stabil yaitu 220 VAC.

Dalam alat ini Arduino UNO berfungsi sebagai tempat penanaman program dari proses pengendalian. Ketika terjadi penurunan tegangan maka sensor tegangan yang dipasang paralel dengan beban akan mengikuti besar pe penurunan beban, output sensor tegangan akan di feedback ke Arduino UNO, dan output yang dihasilkan dari Arduino UNO berupa pulsa PWM yang digunakan untuk memicu kerja rangkaian driver agar dapat bekerja dengan cara mengatur nilai frekuensi dari inverter tersebut.

Diagram blok kontrol pada gambar 10 menunjukkan proses *control* untuk stabilisasi tegangan output AC 220V menggunakan kontrol PI



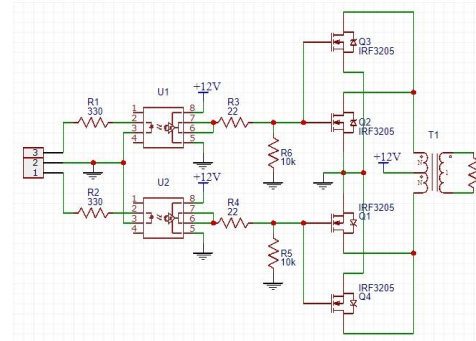
Gambar 10. Diagram Blok Kontrol

Pada alat ini *setpoint* untuk kontrol PID adalah variable dari nilai tegangan AC. ketika sensor membaca nilai tegangan AC tidak sesuai dengan *setpoint* maka sensor akan mengirimkan sinyal data ke arduino dan akan di proses yang nantinya diteruskan untuk menstabilkan tegangan keluaran menjadi 220VAC yang kemudian dapat diterapkan pada beban AC. Untuk nilai *error* merupakan selisih dari *setpoint* (SP) dengan *process variable* (PV) atau nilai aktual. Nilai aktual merupakan nilai pembacaan tegangan AC yang terbaca sensor.

3.2 Push-pull Inverter

Pada rangkaian inverter push-pull menggunakan empat buah mosfet yang masing-masing penguat menguatkan setengah gelombang input, sehingga dapat diperoleh sinyal output yang penuh. Masing-masing mosfet bekerja secara bergantian sesuai dengan polaritas ayunan sinyal input. Untuk menghasilkan gelombang berbentuk kotak inverter push-pull dibantu oleh pembangkitan PWM menggunakan mikrokontroler berupa Arduino UNO yang akan membantu kerja dari empat buah mosfet. Untuk penguatan dari mosfet itu sendiri saat akan men-switching maka diperlukan driver

mosfet, pada rangkaian inverter tersebut menggunakan driver mosfet berupa IC TLP250.



Gambar 9. Rangkaian *Push-pull Inverter*

Perhitungan dari komponen yang digunakan pada rangkaian *Push-pull Inverter* adalah sebagai berikut:

a. MOSFT

Mosfet yang dibutuhkan pada desain Push pull inverter dengan spesifikasi $V_{DS} > V_{out Max}$ dan $I_{DS} > I_{out Max}$, sedangkan untuk kemampuan switching dibutuhkan frekuensi switching MOSFT > frekuensi switching PWM.

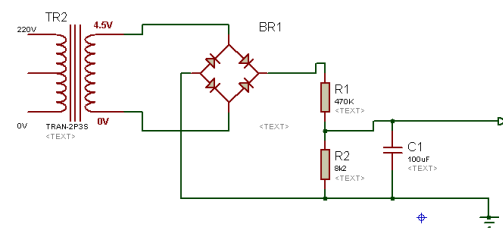
b. Resistor Selection

$$R1 = \frac{VOH - VF}{IF} \tag{1}$$

$$R2 = \frac{VGS}{IF} \tag{2}$$

3.3 Sensor Tegangan AC

Perancangan sensor tegangan ini digunakan untuk mendeteksi perubahan besarnya tegangan keluaran dari rangkaian push-pull inverter yang telah dihubungkan dengan transformator step up (VAC) yang kemudian akan disearahkan menjadi tegangan searah (VDC) oleh penyearah gelombang penuh dengan menggunakan 4 buah diode penyearah.



Gambar 11. Rangkaian Sensor Tegangan AC

Perhitungan dari komponen yang digunakan pada rangkaian sensor tegangan AC adalah sebagai berikut:

a. Capacitor Selection

$$Vr = I \cdot \frac{T}{C} \tag{3}$$

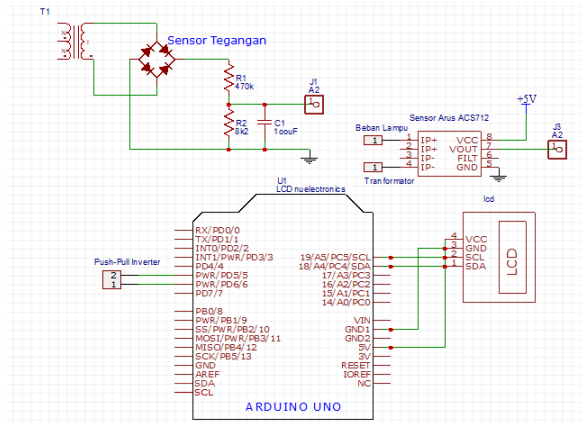
$$C \text{ min} = I \cdot \frac{T}{Vr} \tag{4}$$

b. *R Selection*

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (5)$$

3.4 Perancangan Mikrokontroler

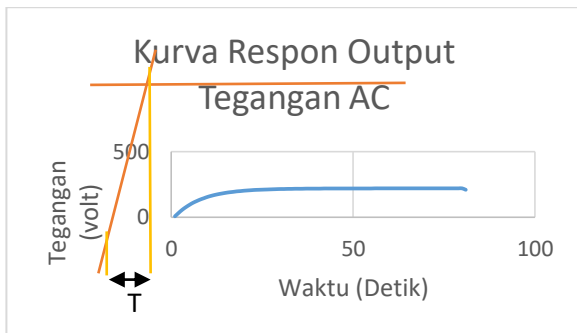
Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO yang didalamnya terdapat IC ATmega 328 yang berfungsi sebagai pusat pengendalian data dari alat.



Gambar 12. Perancangan Mikrokontroler

3.5 Perancangan Kontrol PI

Metode Kontrol yang digunakan adalah kontrol *PI* kurva reaksi (Kurva S). Untuk mendapatkan nilai parameter *PI* langkah pertama harus mengambil respon dari plant yang dapat diperoleh dari eksperimen dengan masukan berupa unit step, untuk mendapatkan nilai *L* dan *T*.



Gambar 13. Kurva Respon Output Tegangan AC

Setelah didapatkan sebuah grafik yang berupa unit step langkah selanjutnya adalah memasukkan nilai *L* dan *T* ke dalam rumus parameter *PI* pada metode Ziegler Nichols Kurva S untuk mendapatkan nilai *Kp*, *Ti*, dan *Ki*

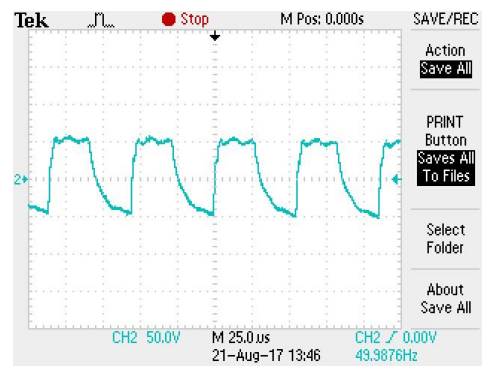
Tabel 1. Parameter *PI* kurva reaksi.

Tipe Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	T/L	~	0
PI	0,9 T/L	L/0.3	0
PID	1,2 T/L	2L	0,5L

IV. HASIL DAN ANALISA

3.1 Pengujian Push-Pull Inverter

Pengujian pada rangkaian push-pull inverter dilakukan untuk melihat bentuk gelombang yang dihasilkan apakah sesuai dengan yang diinginkan yaitu berbentuk gelombang kotak. serta untuk mengetahui apakah inverter push-pull mampu bekerja yaitu mengubah tegangan input DC menjadi tegangan output AC 220V 50Hz dengan bantuan trafo *step up*.



Gambar 14. Sinyal Output Push pull Inverter

3.2 Pengujian Output Frekuensi

Pada pengujian ini bertujuan untuk melihat pengaruh perubahan frekuensi switching MOSFET terhadap tegangan output AC. Dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Frekuensi terhadap Output Tegangan AC

No	Nilai Frekuensi (Hz)	Output Tegangan AC
1.	100 Hz	135 VAC
2.	350 Hz	168 VAC
3.	600 Hz	188 VAC
4.	850 Hz	201 VAC
5.	1k Hz	220 VAC

3.3 Pengujian Sensor Tegangan AC

Tujuan pengujian sensor untuk mengetahui pembacaan sensor terhadap masukan dari rangkaian push pull inverter dan tegangan keluaran dari trafo step up. Data yang telah diperoleh merupakan data pembacaan sensor melalui program. Pada pengujian sensor ini dengan data yang diambil berupa tegangan keluaran yang berasal dari trafo step up. Setelah data pembacaan sensor didapat, selanjutnya akan dibandingkan dengan pembacaan *real* melalui alat AVometer.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Sensor Pembagi Tegangan

Beban (Watt)	Pengukuran Vout Sensor (V)		Error (%)
	Alat	Multimeter (kalibrator)	
5	2.98	2.96	0.67
10	2.29	2.25	1.7
25	2.10	2.06	1.9
40	2.20	2.20	0
60	2.00	2.08	3.8
Rata-rata Error			1.61 %

3.4 Pengujian Sensor Arus ACS712

Pengujian pada sensor Arus ACS712 dilakukan untuk mengetahui data nilai arus yang dihasilkan dari rangkaian inverter push pull. Berikut ini hasil percobaan dari sensor arus ACS712

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712

Iin (A)	Pengukuran Iout Sensor (A)		Error (%)
	Alat	Multimeter (kalibrator)	
0.3	0.28	0.3	6.6
0.4	0.42	0.4	5
0.5	0.52	0.5	4
0.6	0.62	0.61	1.6
0.7	0.72	0.7	2.8
0.8	0.82	0.82	0
0.9	0.92	0.91	1.1
1	1.02	1.02	0
1.5	1.52	1.51	0.6
2	2.01	2.02	0.5
2.5	2.50	2.50	0
3	2.99	3.07	2.6
3.5	3.48	3.53	1.4
4	4.02	4.10	1.9
4.5	4.51	4.59	1.7
5	4.85	4.99	2.8

Rata-rata Error	1.92 %
------------------------	--------

4.4 Pengujian Inverter menggunakan Beban Lampu

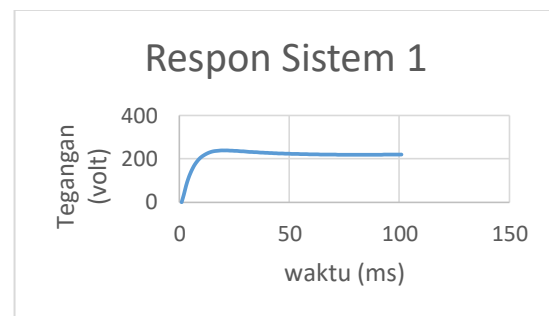
Pengujian pada output inverter menggunakan beban dengan sumber power supply 12 VDC, beban yang diberikan pada output inverter memiliki konsumsi daya yang berbeda-beda. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar daya yang bisa digunakan pada inverter dan juga untuk mengetahui apakah pengujian kontrol PI pada inverter berhasil jika diberikan variasi beban yang berbeda.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Inverter dengan Beban Lampu

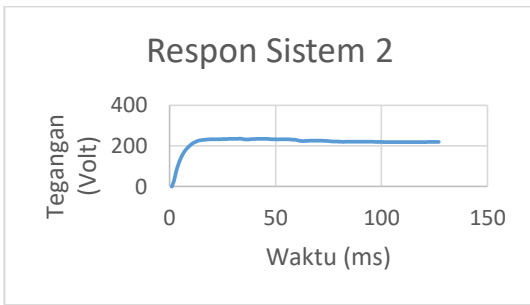
No	Jenis Beban Lampu (watt)	Nilai Rata – rata	
		V	I
1.	Tanpa Beban	235 VAC	0.25 A
2.	Lampu (5 Watt)	220 VAC	0.024 A
3.	Lampu (10 Watt)	220 VAC	0.035 A
4.	Lampu (25 Watt)	220 VAC	0.11 A
5.	Lampu (60 Watt)	220 VAC	0.28 A
6.	Lampu (100 watt)	147 VAC	0.3 A

4.5 Pengujian Kontrol PI

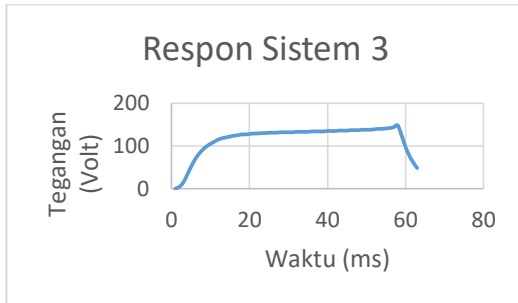
Pada pengujian kontrol PI ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa apakah nilai PI yang telah ditentukan sudah sesuai dan tepat. Kontrol PI digunakan dengan tujuan agar tegangan keluaran AC dapat stabil pada *setpoint* yang telah ditentukan sebelumnya yaitu 220 VAC selain itu bertujuan untuk mengetahui apakah metode PI lebih baik dibanding dengan metode lainnya. Pada perancangan kontrol PI telah dilakukan *tuning* nilai konstanta *proportional* dan *integral* dimana *tuning* PID menggunakan metode *Ziegler Nichols* 1 Kurva Reaksi.



Gambar 15. Respon Sistem 1 dengan beban lampu 25W



Gambar 16. Respon Sistem 1 dengan beban lampu 60W



Gambar 17. Respon Sistem 1 dengan beban lampu 100W

V. PENUTUP

3.6 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Inverter push-pull yang dirancang dapat menghasilkan gelombang kotak sesuai yang diinginkan dengan spesifikasi memiliki tegangan input DC 12V dengan tegangan keluaran 220 VAC dan frekuensi 50Hz. Inverter push-pull dapat dibebani dengan beban hingga 60 W dalam bentuk lampu pijar.
2. Pemicuan sinyal output inverter push-pull menggunakan mikrokontroller untuk menghasilkan gelombang kotak yang pengaturannya diatur menggunakan frekuensi switching dari MOSFET 50Hz -1kHz
3. Dengan mengimplementasikan metode PI (*Proportional Integral*) Ziegler Nichols 1 kurva reaksi dengan nilai $K_p = 0.34$, $K_i = 0.1$ pada rangkaian inverter push-pull, metode PI mampu menstabilkan sistem menuju setpoint yang telah ditentukan yakni output tegangan 220VAC.
4. Saat beban 25 Watt diperoleh *rise time* (t_r) sebesar 1.9 ms dan *settling time* (t_s) sebesar 34 ms. Pada beban 60 watt diperoleh *rise time* (t_r) sebesar 1.9 ms dan *settling time* (t_s) sebesar 58 ms dan sedangkan saat beban melebihi 60 Watt didapatkan error sebesar 30% sistem tidak dapat mencapai keadaan stabilnya dikarenakan beban yang digunakan melebihi kapasitas yang telah ditentukan yakni hanya mampu hingga 60 Watt.

3.7 Saran

Ada beberapa hal yang dapat disarankan untuk melakukan perbaikan yaitu:

1. Perlu adanya pengembangan terhadap tipe inverter yang digunakan, yaitu inverter *full bridge* dan dari segi gelombang yang dihasilkan, yaitu gelombang sinus agar inverter tersebut nantinya dapat digunakan untuk beban listrik rumah tangga yang lebih beragam dan memiliki kapasitas daya yang lebih besar.
2. Perlu penyempurnaan pada gelombang yang dihasilkan dengan menambahkan rangkaian filter didalamnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] *Photovoltaics*. www.alternative-energy-news.info/technology/solar-power/photo-voltaics/ Diakses tanggal 15 Juni 2017

[2] Cahyo A. 2013. *Perancangan Inverter Dual Conversion Push Pull-Full Bridge pada Aplikasi Fotovoltaik*, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

[3] MR, Fadhli. 2015. *Rancang Bangun Inverter 12V DC ke 220V AC dengan Frekwensi 50Hz dan Gelombang Keluaran Sinusoida*, Universitas Indonesia, Jakarta.

[4] Marzuki. *Pulse Width Modulation (PWM)*. [http://achamad.staff.ipb.ac.id/wp-content/plugins/as-pdf/andri_mz-Pulse%20width%20modulation%20\(PWM\).pdf](http://achamad.staff.ipb.ac.id/wp-content/plugins/as-pdf/andri_mz-Pulse%20width%20modulation%20(PWM).pdf) Institut Pertanian Bogor. Diakses tanggal 15 Juni 2017.

[5] MR, Fadhli. 2015. *Rancang Bangun Inverter 12V DC ke 220V AC dengan Frekwensi 50Hz dan Gelombang Keluaran Sinusoida*, Universitas Indonesia, Jakarta.

[6] <http://depokinstumen.com/sensor-arus-acs-712/> Diakses tanggal 25 Juni 2017.

[7] Djuandi. 2015 Pengenalan Arduino. <http://tobuku.com/docs/Arduino-pengenalan.pdf> Diakses tanggal 25 Juni 2017.

[8] *Liquid Crystal Display*. digilib.unila.ac.id/pdf Diakses tanggal 25 Juni 2017.