

PERANCANGAN KENDALI TRANSFORMATOR MULTIINPUT BERBASIS ARDUINO PADA PEMBANGKIT PV 9 X 10WP

Tommy Adrian Sinaga¹⁾, Antonius Rajagukguk²⁾, Fri Murdiya³⁾

*Teknik Elektro Universitas Riau **Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau

Email: tommy.adriansinaga@student.unri.ac.id

ABSTRACT

There were several issues that could interfere with large-scale PV performance. The shading effect on the PV array caused reduced absorption of solar radiation in the modules in the PV array. The reduced absorption of solar radiation results in a decreased in the voltage on the PV string and disrupted the performance of the PV array system. This study designed a miniature PV farm with a small capacity consisting of 9 PV modules of 10 watt-peaks arranged to form 3 strings and each string consisting of 3 PV modules. This research used a bypass diode circuit and a blocking diode. In this study, the PV output voltage would be classified based on the voltage reading at each PV sting. The voltage at the time of the 3rd string was not exposed to small shading of 53 volts, greater than 36 volts, when 1 string was shade, the resulting voltage was smaller than 35 volts and a larger of 18 volts, while when 2 strings were shade, the resulting voltage is less than 17 volts. The output voltage of the PV is in the form of a DC power source, therefore an inverter was need that could convert it into an AC power source. Due to the small output voltage of the PV to be able to supply the feed load, a step up transformer was need. In this research, the transformer was design to be able to accept various input from PV. So a transformer with a variable input was design with a control on the primary winding to adjust the winding that would be active according to the sensor reading at the transformer input. And in the secondary winding of the transformer, a sensor was also installed to take a reading of the transformer output voltage to keep the voltage ± 220 volts.

Keywords: Shading, Voltage, Photovoltaic, PV Farm, Inverter, Transformer

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang berada di daerah ekuator bola dunia yang menyebabkan Indonesia terpapar radiasi sinar matahari sepanjang tahun. Melimpahnya paparan radiasi matahari, akan memberikan potensi untuk membangun pembangkit energi listrik dari radiasi matahari dengan skala besar sebagai upaya pemenuhan kebutuhan energi listrik (Priananda, 2017).

Efek *Shading* pada PV *array* menyebabkan berkurangnya penyerapan radiasi matahari. Berkurangnya penyerapan radiasi matahari

mengakibatkan menurunnya tegangan pada PV *String* dan mengganggu kinerja sistem PV *array*. (Yunlin Sun, 2013).

Pencegahan kerusakan modul-modul PV akibat *Shading* dapat dilakukan dengan pemasangan dioda *bypass* dan dioda *blocking*. Pemasangan dioda *bypass* digunakan untuk melewatkan arus yang dihasilkan oleh modul PV yang tidak bekerja normal akibat *Shading*. Pada kasus *String*, digunakan dioda *blocking* yang dipasang secara seri dengan *String*. Hal tersebut dilakukan untuk memblok tegangan yang dihasilkan *String* yang bekerja tidak normal akibat *Shading* (Koizumi, 2015).

Output dari masing-masing *String* akan masuk dalam *inverter* dengan desain *input* bervariasi yang dioptimalkan dengan algoritma *Smart Control Inverter* adalah sebuah peralatan elektronika yang mampu mengubah sumber tegangan searah/DC menjadi sumber tegangan bolak-balik/AC dengan besar magnitude dan frekuensi yang diinginkan. Adapun bentuk gelombang output yang dihasilkan dari inverter umumnya dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu segi empat (*square wave*), sinyal sinus termodifikasi (*modified sine wave*), dan sinyal sinus murni (*pure sine wave*). (Azmi, Sara, & Syahrizal, 2017).

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain dengan *frekuensi* yang sama melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi *elektromagnet*. Seiring dengan perkembangannya, trafo juga mengalami integrasi menjadi sebuah alat yang tidak hanya dapat berfungsi sebagai isolator, transmisi daya, tetapi juga mempunyai banyak fitur tambahan seperti dapat mengkompensasi daya reaktif, mencegah adanya gangguan tegangan seperti tegangan *sag*, tegangan *swell*, tegangan *flicker*, harmonisa dan tegangan tidak seimbang yang dapat mempengaruhi tegangan output. (Putra, Ashari, & Suryoatmojo, 2012)

Untuk memperoleh suatu transformator yang mempunyai efisiensi yang tinggi diperlukan suatu perancangan. Proses perancangan transformator ini dapat dilakukan secara manual, namun cara ini memungkinkan terjadi kesalahan didalam perhitungan. Untuk membuat sebuah transformator, maka data – data seperti dimensi inti besi, jumlah lilitan belitan *primer*, jumlah lilitan belitan *sekunder*, diameter konduktor belitan primer dan diameter konduktor belitan sekunder harus diketahui. (Franager, Anto, & Sukma, 2016)

Dalam Penelitian ini dirancang Pembangkit PV *farm* yang tersusun dari 9 modul PV yang disusun membentuk 3 buah *String* dan setiap *String* terdiri dari 3 buah modul PV. Tegangan yang dihasilkan string pertama antara- 0 - 17 volt, string kedua 18 volt - 35 volt dan string ketiga 36 volt - 53 volt.

Keluaran dari setiap *string* akan menjadi input inverter yang di rancang untuk merubah tegangan dari DC menjadi tegangan AC. Hasil keluaran inverter ini akan diinputkan pada transformator. Pada sisi *primer transformator* dirancang untuk dapat menerima input yang bervariasi. Oleh karna itu maka dibutuhkan sebuah sensor tegangan yang akan melakukan pembacaan tegangan. Pembacaan nilai sensor akan diolah oleh *arduino* dan akan mengontrol *relay* untuk mengatur tap belitan transformator. Transformator dirancang untuk dapat menghasilkan output sebesar 220 volt.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Transformator

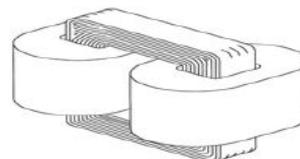
Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energy listrik bolak-balik dari satu level ke level tegangan yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada umumnya transformator terdiri atas sebuah inti, yang terbuat dari besi berlapis, dan dua buah kumparan primer, dan kumparan sekunder. Rasio perubahan tegangan akan tergantung dari rasio jumlah lilitan pada dua kumparan itu. Biasanya kumparan terbuat dari kawat tembaga yang di belit seputar “kaki” inti transformator.

2.2 Transformator 1 Fasa

Pada transformator 1 fasa ini dapat didefinisikan yaitu sebuah belitan tanpa kombinasi atau dapat di sebut sederhana dengan menggunakan lilitan primer (N_p) dan lilitan sekunder (N_s) yang di lilit pada suatu inti.

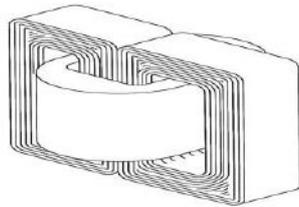
2.3 Kontruksi Transformator

Tranformator tipe inti dibentuk dari lapisan besi berisolasi berbentuk persegi dan kumparan transformatornya dibelitkan pada dua sisi perseri. Pada kontruksi tipe inti, lilitan mengelilingi inti besi yang disebut dengan kumparan, sedangkan kontruksi intinya pada umumnya berbentuk huruf *L* atau huruf *U*.



Gambar 1 Transformar Satu Fasa Tipe Inti

Jenis konstruksi transformator tipe cangkang yang dibentuk dari lapisan inti berisolasi dan kumparannya dibelitkan dipusat inti. Pada transformator ini, kumparan atau belitan transformator dikelilingi oleh inti umumnya berbentuk huruf *E*, huruf *I* atau huruf *F*.



Gambar 2 Transformator Satu Fasa Tipe Cangkang

2.4 Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor tegangan ZMPT101B adalah sensor tegangan yang terbuat dari transformator tegangan ZMPT101B. Sensor ini memiliki akurasi tinggi, konsistensi yang baik untuk voltase dan tenaga pengukuran dan bisa mengukur sampai 250V AC. Output ADC disesuaikan dengan trimpot ke nilai yang sesuai terhadap masukan referensi.

2.5 Modul Rele

Relai adalah perangkat elektromagnetik sederhana terdiri dari kumparan kawat yang membungkus sebuah inti besi, sebuah kuk besi untuk menahan alur flux magnetic, sebuah angker (jangkar) besi yang dapat bergerak dan satu set atau lebih kontak. angker tergantung pada kuk dan terhubung secara mekanik dengan kontak yang bergerak. Angker di tahan oleh pegas, sehingga ketika relai di putus ada celah udara dalam rangkaian magnetik.

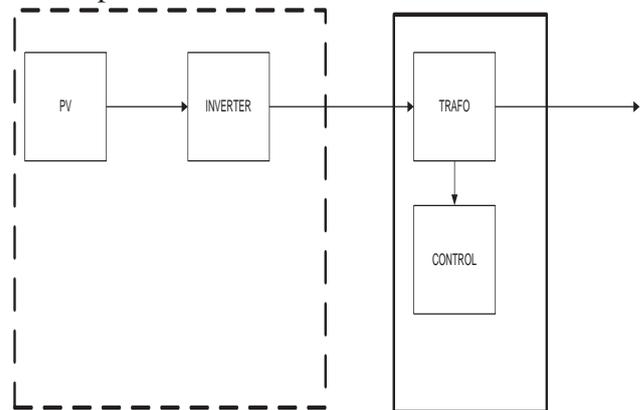
2.6 Arduino R3

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan (development board) mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input / output (atau biasa ditulis I/O, dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Blok Diagram Sistem

Berikut adalah blok diagram dari rancang bangun penelitian yang akan dilakukan, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3 Blok Diagram Rancang Bangun

Perancangan PV array pada penelitian ini terdiri dari 9 modul PV. Masing masing modul pada PV bernilai 10 Wp. Inverter digunakan untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Transformator yang digunakan pada penelitian ini adalah transformator step up. Dengan kontrol yang mengatur belitan pada sisi primer.

3.2 Metode Penentuan Variabel Lilitan

3.2.1 Menentukan Lilitan Primer

Perhitungan di mulai dengan menentukan nilai area produk dari transformator yang akan dirancang

$$A_p = \frac{S}{2,22 \times f \times \beta m \times J \times kw}$$

$$= \frac{2,22 \times 50 \times 0,9 \times 2,3 \times 10^6 \times 0,27}{90} = 1,4382 \times 10^{-6} m^4$$

Keterangan :

A_p : Area Produk (m^4)

S : Daya (VA)

Konstanta : 2,22

f : Frekuensi (Hz)

B_m : Kuat Medan Magnet (T)

J : Kerapatan Arus (A/m^2)

K_w : Faktor Ruang Jendela

Nilai dari A_p (Area Produk) yang didapat adalah sebesar $1,4382 \times 10^{-6} m^4$.

3.2.1.1 Menentukan Lilitan Minimum Trafo

Input tegangan yang digunakan pada trafo adalah sebesar 17 V. Diasumsikan nilai jatuh tegangan sebesar 50%. Sehingga tegangan minimum yang diharapkan sebesar 9 V.

$$N = \frac{V}{4,44 \times f \times \beta m \times Ac}$$
$$N = \frac{9}{4,44 \times 50 \times 0,9 \times 0,001982}$$

$N = 22$ lilitan

3.2.1.2 Menentukan Lilitan Maksimum Trafo

Nilai input tegangan maksimum pada trafo sebesar 53 V. maka perhitungan lilitan maksimum trafo dapat di hitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N = \frac{V}{4,44 \times f \times \beta m \times Ac}$$
$$N = \frac{53}{4,44 \times 50 \times 0,9 \times 0,001982}$$

$N = 134$ lilitan

3.2.2 Menentukan Lilitan Sekunder Trafo

Pada perancangan ini nilai output tegangan sekunder pada trafo yang diharapkan sebesar 220 V. Maka perhitungan nilai lilitan trafo dapat di cari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N = \frac{V}{4,44 \times f \times \beta m \times Ac}$$
$$N = \frac{220}{4,44 \times 50 \times 0,9 \times 0,001982}$$

$N = 556$ lilitan

3.3 Menentukan Arus Trafo

Pada sisi primer arus yang mengalir pada trafo dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$I_s = \frac{S}{V_s}$$
$$I_s = \frac{90}{17}$$

$I_s = 5,29$ A

Arus pada sisi sekunder (I_s) dapat di tentukan setelah mengetahui nilai arus pada sisi

primer (I_p). Maka perhitungan I_s dapat di rumuskan sebagai berikut :

$$I_s = \frac{S}{V_s}$$
$$I_s = \frac{90}{220}$$

$I_s = 0,409$ A

Keterangan :

I_s : Arus Sekunder (A)

S : Daya (VA)

V_s : Tegangan Sekunder (V)

3.4 Menentukan ukuran Kawat Email

3.4.1 Menentukan Ukuran Kawat Email Pada Sisi Primer

Pada sisi primer trafo kawat email yang digunakan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{I_p}{J}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{5,29}{2,3}}$$

$D = 1,7$ mm

Maka besar kawat email yang di gunakan pada sisi primer trafo adalah sebesar 1,7 mm.

3.4.2 Menentukan Ukuran Kawat Email Pada Sisi Sekunder

Pada sisi sekunder trafo kawat email yang digunakan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{I_s}{J}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{0,4}{2,3}}$$

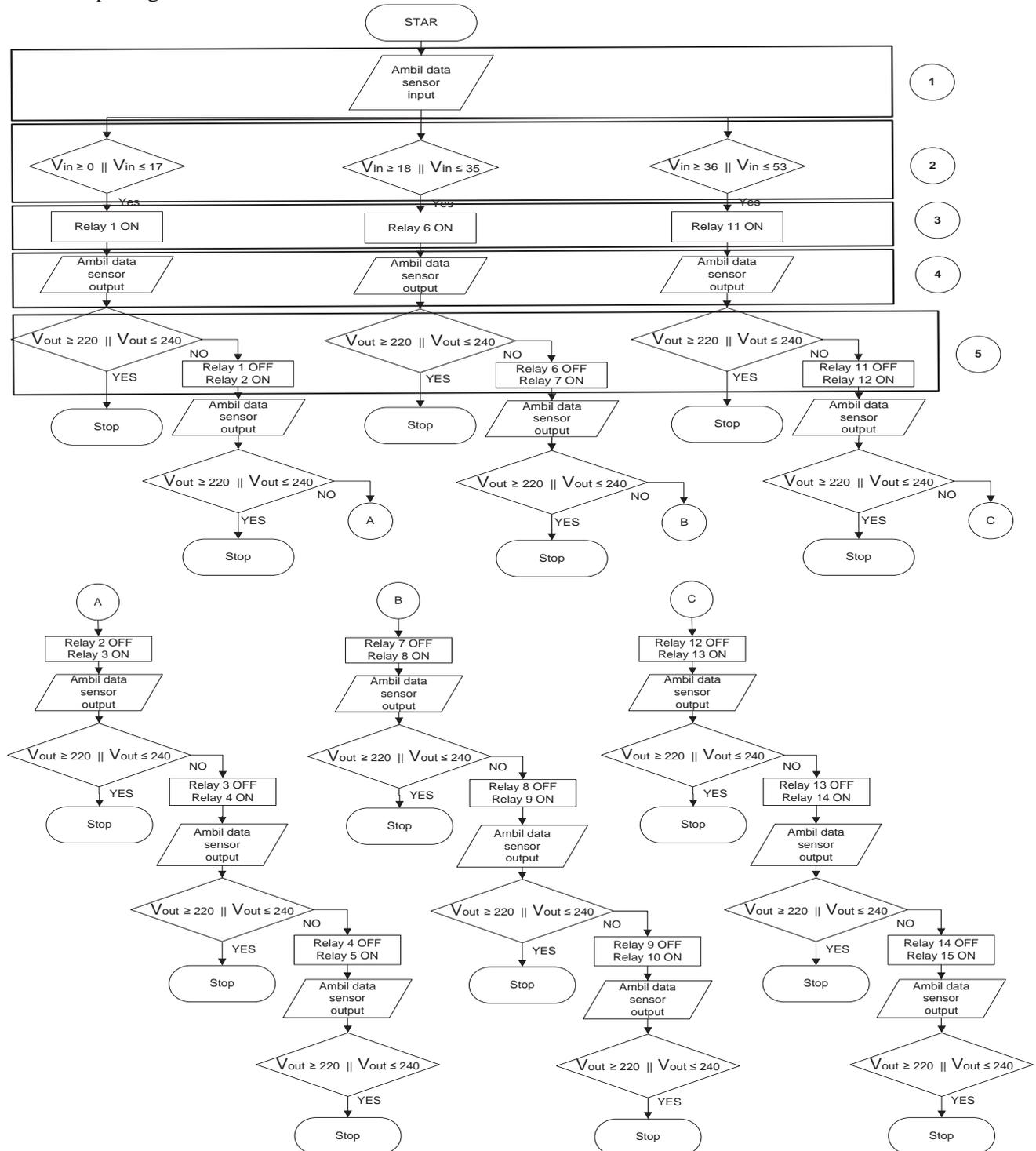
$D = 0,46$ mm

Maka besar kawat email yang di gunakan pada sisi sekunder trafo adalah sebesar 0,46 mm.

3.5 Perancangan Kontroler

3.5.1 Flowchart Pengontrolan

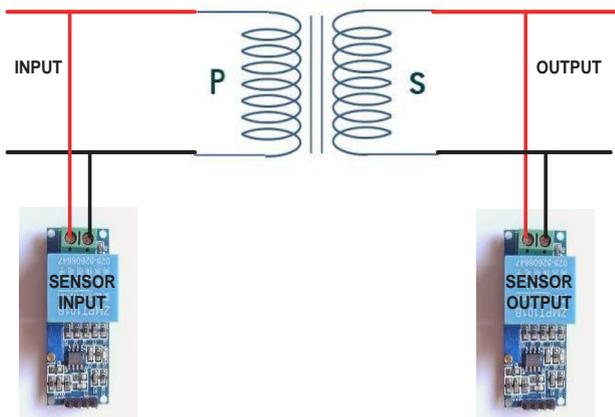
Sistem pengontrolan dalam penelitian ini menggunakan algoritma pengontrolan tap. Flowchart ini digunakan untuk menentukan posisi tapping relay. Proses tapping dilakukan untuk menjaga nilai tegangan agar sesuai dengan yang telah di tentukan. Metode pengontrolan tap dimuat pada sebuah flowchat pada gambar 4 berikut:



Gambar 4 Flowchart Metode Pengontrolan Tap

3.5.2 Mekanisme Sensing

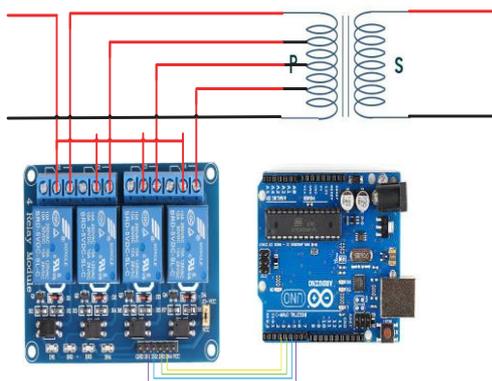
Mekanisme sistem sensing yang merupakan pembacaan sensor di input dan di output trafo menggunakan sensor tegangan ac tipe ZMPT



Gambar 5 Rangkaian Sensor Tegangan

3.5.3 Mekanisme Sistem Pengontrolan

Mekanisme pengontrolan yang merupakan kumpulan beberapa relay, relay yang berguna untuk menghubungkan tegangan yang di dihasilkan inverter menuju belitan input trafo. Rangkaian pengontrolan tap relay dapat dilihat pada gambar 6 dibawah ini:



Gambar 6 Rangkaian Pengontrolan Tap Relay

3.6 Efisiensi

Efisiensi menyatakan berapa persen perbandingan daya input dan output trafo. Dengan daya input trafo yang disuplai output daya keluaran PV sebesar 90 watt. Apabila efisiensi seratus persen maka daya input tersalur

dengan sempurna pada output trafo seperti perhitungan di bawah ini :

$$\eta = \frac{P_{in}}{P_{out}} \times 100\%$$

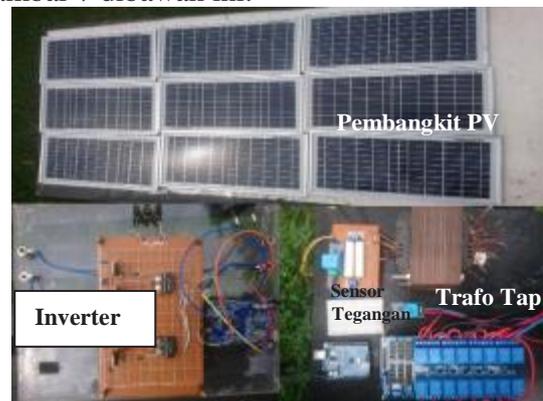
$$\eta = \frac{90w}{90w} \times 100\%$$

$$\eta = 100\%$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Topologi Sistem

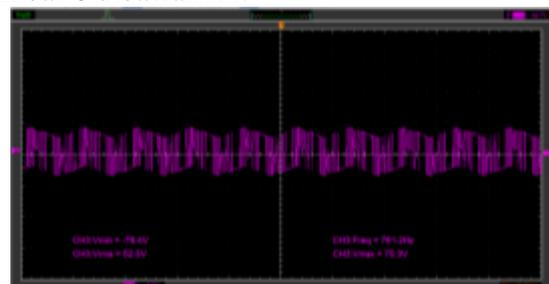
Setiap bagian yang telah dibuat selanjutnya dirancang menjadi sebuah rancangan bangun yang utuh. Bagian tersebut terdiri dari pembangkit PV, Inverter, Transformator tap. Rangkaian keseluruhan sistem terlihat pada Gambar 7 dibawah ini:



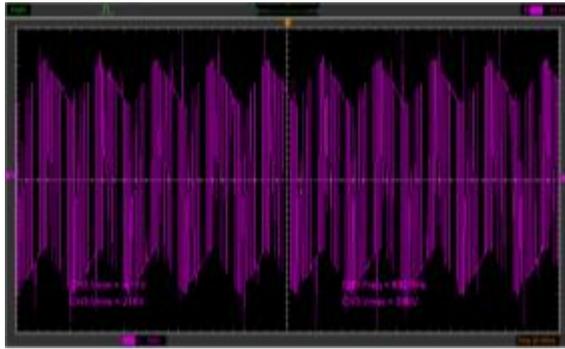
Gambar 7 Topologi Sistem

4.2 Hasil Pengujian Gelombang Trafo dengan Input Pembangkit PV 9x10 Wp

Pengujian dilakukan pada saat kondisi trafo tanpa shading, keluaran tegangan pv akan di ubah menjadi tegangan AC oleh sebuah inverter. Pembacaan gelombang dan tegangan dilakukan dengan menggunakan osiloskop seperti pada gambar 8 dibawah ini:



Gambar 8 Hasil Gelombang Input Trafo



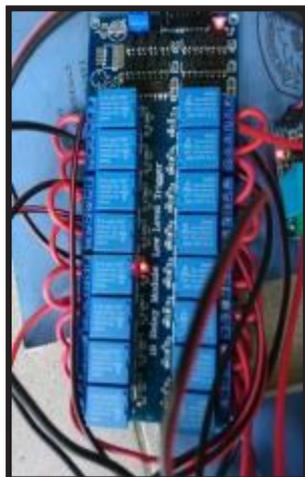
Gambar 9 Hasil Gelombang Output Trafo

4.3 Pengujian Trafo Tanpa Beban Dengan Input Pembangkit PV 9x10 Wp Tanpa Shading

Pada pengujian ini dilakukan pada saat PV tidak terkena shading dan nilai tegangan yang di hasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 10 Pengukuran Tegangan keluaran PV Array 9 x 10 Wp Tanpa Shading Setelah Inverter



Gambar 11 Kontrol Tap Relay yang Bekerja Pada R13



Gambar 12 Pengukuran Tegangan Keluran Trafo Keadaan Tanpa *Shading*

4.4 Pengujian Trafo Tanpa Beban Dengan Input Pembangkit PV 9x10 Wp Satu String Terkena Shading

Pada kondisi pengujian ini, PV array terkena *Shading* sebanyak satu string. Nilai tegangan yang di hasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 13 Pengukuran Tegangan keluaran PV Array 9 x 10 Wp Satu String Terkena *Shading* Setelah Inverter



Gambar 14 Kontrol Tap Relay yang Bekerja pada R13



Gambar 15 Pengukuran Tegangan Keluran Trafo Keadaan Satu String Terkena *Shading*



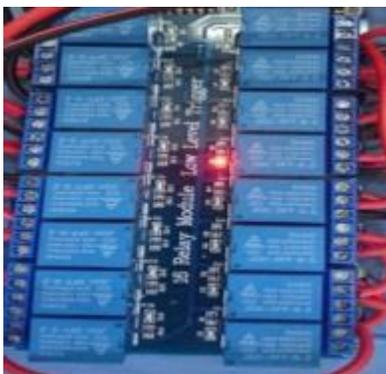
Gambar 18 Pengukuran Tegangan Keluran Trafo Keadaan Dua String Terkena *Shading*

4.5 Pengujian Trafo Tanpa Beban Dengan Input Pembangkit PV 9x10 Wp Dua String Terkena *Shading*

Pada kondisi pengujian ini, PV array terkena *Shading* sebanyak dua string. Nilai tegangan yang di dihasilkan dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 16 Pengukuran Tegangan keluaran PV Array 9 x 10 Wp Dua String Terkena *Shading* Setelah Inverter



Gambar 17 Kontrol Tap Relay yang Bekerja Pada R5

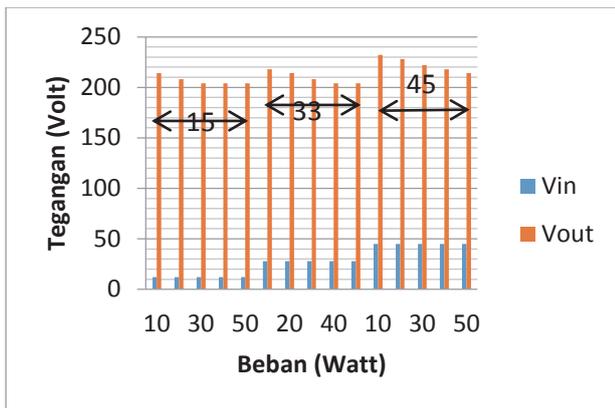
4.6 Pengujian Trafo BerBeban Dengan Input Pembangkit PV 9x10 Wp

Pada tabel 1 dapat dilihat pengukuran tegangan input, tegangan output, arus input, dan arus output saat dibeban lampu.

Tabel 1 Hasil Pengujian Trafo Berbeban

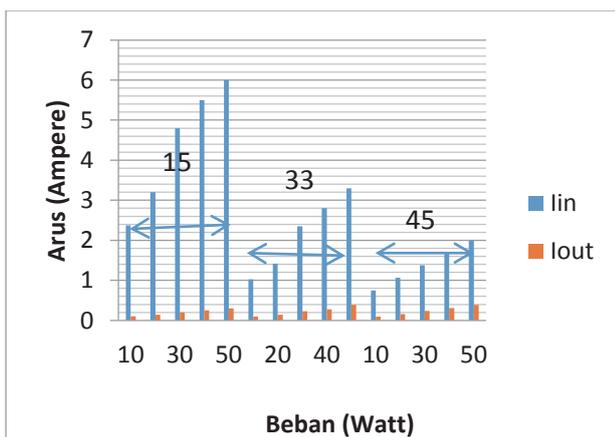
Beban (W)	V				
	Inverter (Volt)	Vin (Volt)	I in (A)	Vout (Volt)	Iout (A)
10	15	12	2.37	214	0.1
20	15	12	3.2	208	0.14
30	15	12	4.8	204	0.2
40	15	12	5.5	204	0.25
50	15	12	6	204	0.3
10	33	28	1.03	218	0.09
20	33	28	1.42	214	0.14
30	33	28	2.35	208	0.23
40	33	28	2.8	204	0.28
50	33	28	3.3	204	0.39
10	48	45	0.75	232	0.09
20	48	45	1.07	228	0.16
30	48	45	1.38	222	0.24
40	48	45	1.67	218	0.31
50	48	45	2	214	0.39

Pada saat tegangan input diberikan beban terjadi jatuh tegangan pada input trafo. Sebagai contoh dapat di lihat pada saat input 15 volt dan diberi beban sebesar 10 watt terjadi jatuh tegangan menjadi 12 volt.



Gambar 19 Grafik Tegangan Pada Saat diberi Beban

Berdasarkan grafik pada gambar 21 terlihat bahwa tegangan output terendah sebesar 204 volt dan tegangan output tertinggi sebesar 232 volt .



Gambar 20 Grafik Arus Pada Saat diberi Beban

Berdasarkan gambar 22 terlihat bahwa arus input tertinggi sebesar 6 A pada saat tegangan input 15 volt dan diberi beban 50 watt. Arus input terendah sebesar 0,75 pada tegangan 45 volt pada saat diberi beban 10 watt.

4.7 Pengujian Daya Dengan Input Pembangkit PV 9x10 Wp

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dengan input pembangkit PV 9x10 Wp dengan variasi kondisi shading pada modul Pv menyebabkan perbedaan keluaran tegangan. Pada pengujian daya ini ,dilakukan dengan variasi beban dari 10 watt hingga 50 watt.

Tabel 2 Data Hasil Pengukuran Daya Trafo

R	Vin	I in	Vout	Iout	Pin	Pout
10	12	2.37	214	0.1	28.4	21.4
20	12	3.2	208	0.14	38.4	29.1
30	12	4.8	204	0.2	57.6	40.8
40	12	5.5	204	0.25	66	51
50	12	6	204	0.3	72	61.2
10	28	1.03	218	0.09	28.8	19.6
20	28	1.42	214	0.14	39.7	29.9
30	28	2.35	208	0.23	65.8	47.8
40	28	2.8	204	0.28	78.4	57.1
50	28	3.3	204	0.39	92.4	79.5
10	45	0.75	232	0.09	33.7	20.8
20	45	1.07	228	0.16	48.1	36.4
30	45	1.38	222	0.24	62.1	53.2
40	45	1.67	218	0.31	75.1	67.5
50	45	2	214	0.39	90	83.4

Dari Tabel 2 diatas dapat dilihat daya input tertinggi sebesar 92.2 watt pada saat tegangan 28 volt dengan beban 50 watt dan daya output tertinggi sebesar 83,4 watt pada saat tegangan 45 volt dengan beban 50 watt.

4.8 Efisiensi

Efisiensi yang dihitung adalah parameter efisiensi daya input dan daya output. Hasil perhitungan efisiensi dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3 Efisiensi Daya Trafo

R (Watt)	Pin (Watt)	Pout (Watt)	Efisiensi (%)
10	28.44	21.4	75.24
20	38.4	29.12	75.83
30	57.6	40.8	70.83
40	66	51	77.27
50	72	61.2	85
10	28.84	19.62	68.03
20	39.76	29.96	75.35
30	65.8	47.84	72.70
40	78.4	57.12	72.85
50	92.5	79.56	86.01

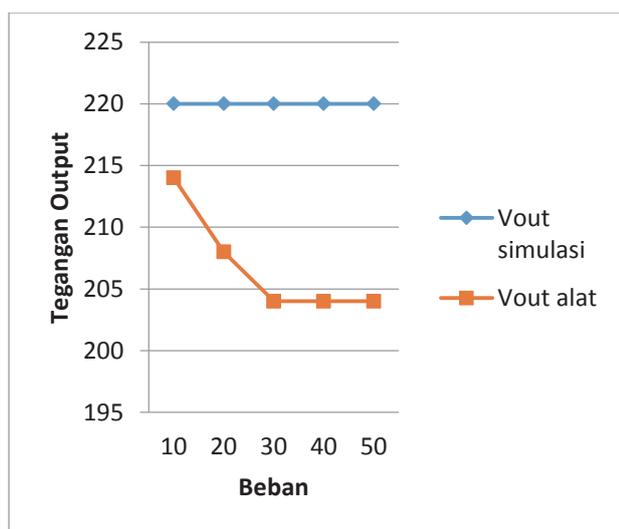
10	33.75	20.88	61.86
20	48.15	36.48	75.76
30	62.1	53.28	85.79
40	75.15	67.58	89.92
50	90	83.56	92.84

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa efisiensi trafo berada pada rentang 61.86 – 92.84 dengan rata-rata 77,68 %. Efisiensi ini tergantung kepada perbandingan daya, semakin besar perbandingan daya input dan daya output trafo, maka efisiensi trafo semakin rendah.

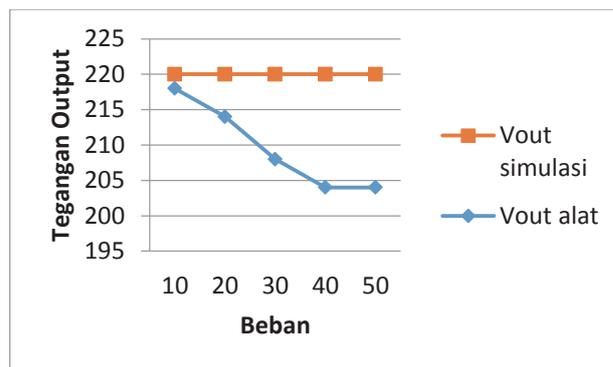
4.9 Validasi

Pada pengujian dilakukan pada keseluruhan rangkaian trafo tap secara implementasi alat akan di validasi dengan simulasi. Simulasi pada penelitian ini menggunakan software pendukung yaitu Matlab R2014a.

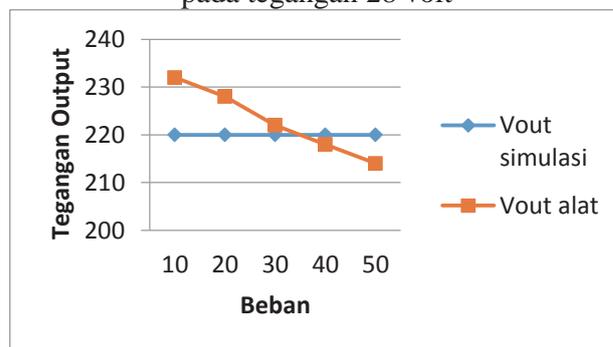
Parameter pertama yang akan divalidasi adalah tegangan output. Nilai tegangan output dipengaruhi oleh beban. Semakin besar beban yang diberikan maka nilai tegangan akan turun. Kurva perubahan nilai tegangan output pada rancang bangun alat dan simulasi ditampilkan pada Gambar dibawah ini.



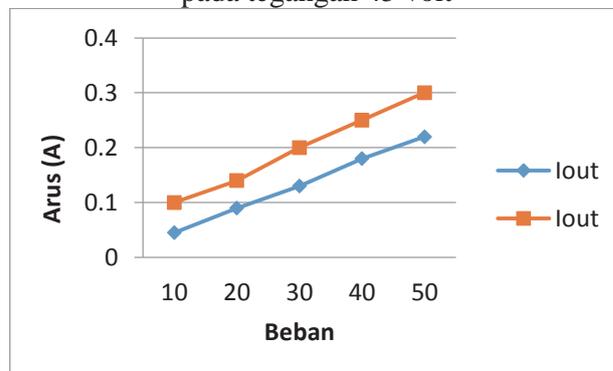
Gambar 21 Kurva validasi tegangan output trafo pada tegangan 12 volt



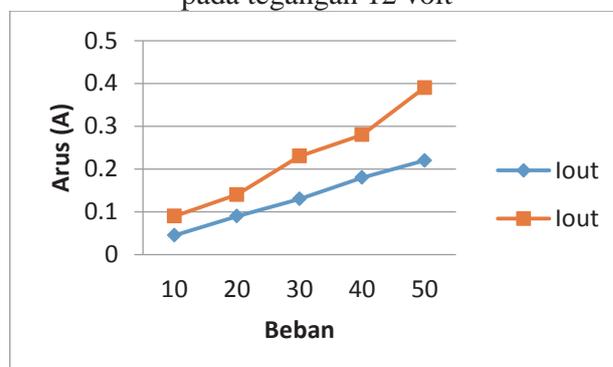
Gambar 22 Kurva validasi tegangan output trafo pada tegangan 28 volt



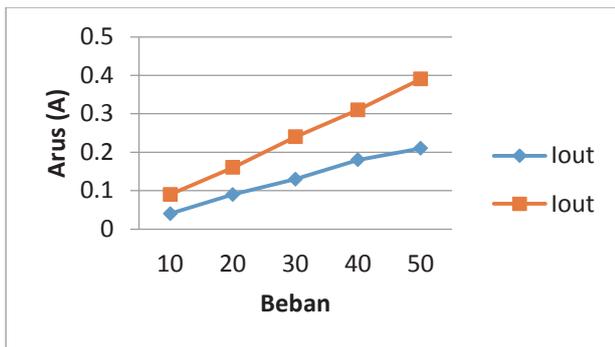
Gambar 23 Kurva validasi tegangan output trafo pada tegangan 45 volt



Gambar 24 Kurva validasi arus output trafo pada tegangan 12 volt



Gambar 25 Kurva validasi arus output trafo pada tegangan 28 volt



Gambar 26 Kurva validasi arus *output* trafo pada tegangan 45 volt

Tabel 4 Data validasi efisiensi daya pada simulasi

R (Watt)	Daya Input (Watt)	Daya Output (Watt)	Efisiensi Simulasi(%)	Efisiensi Alat(%)
10	10.8	9.9	91.66	75.24
20	21.6	19.8	91.66	75.83
30	31.8	28.6	89.93	70.83
40	42	39.6	94.28	77.27
50	51.96	48.4	93.14	85
10	11.9	9.9	83.19	68.03
20	21.84	19.8	90.65	75.35
30	31.64	28.6	90.39	72.70
40	41.44	39.6	95.55	72.85
50	51.24	48.4	94.45	86.10
10	11.7	8.8	84.61	61.86
20	21.6	19.8	91.66	75.76
30	31.5	28.6	90.79	85.79
40	40.5	39.6	97.77	89.92
50	49.5	46.2	93.33	92.73

Pada Tabel 4 menunjukkan kurva validasi efisiensi daya pada simulasi. Berdasarkan data pada tabel tersebut, efisiensi tertinggi mencapai 97.77% dengan rata-rata efisiensi daya 91.54%.

V. KESIMPULAN

Adapun beberapa kesimpulan yang diperoleh dari penulisan skripsi ini yaitu Tegangan input trafo berdasarkan output inverter, dimana tegangan berasal dari tegangan yang dibangkitkan oleh pembangkit Pv yang terdiri dari 9 modul dengan masing-masing pv sebesar 10 Wp

Kontrol tap trafo bekerja sesuai dengan pembacaan tegangan input yang diberikan dan pembacaan sensor output trafo.

Pada pengujian ini tegangan yang didapat yaitu 15 volt, 33 volt, 48 volt. Dan saat diberi beban terjadi drop tegangan pada sisi input trafo.

Pada pengujian ini, Daya input tertinggi dihasilkan pada saat tegangan 28 volt dengan beban lampu 50 watt dengan daya sebesar 92,4 waat. Dan daya output tertinggi pada tegangan 45 volt dengan beban lampu 50 watt daya yang dihasilkan sebesar 83,46 watt.

Efisiensi rancang bangun trafo tap yang didapat dari penelitian ini mencapai rata-rata 77,68 %

DAFTAR PUSTAKA

- Azmi, K., Sara, I. D., & Syahrizal. (2017). Desain dan Analisa Inverter Satu Fasa dengan Menggunakan Metode SPWM Berbasis Arduino.
- Franager, A., Anto, B., & Sukma, D. Y. (2016). Perancangan Transformator Satu Fasa Dan Tiga Fasa Menggunakan Perangkat Lunak Komputer.
- Koizumi, & K.K. (2015). A Study on Effect of Blocking and Bypass Diodes on Partial Shaded PV String with Compensating Circuit Using Voltage Equalizer. *IEEE*.
- Mulyadi. (2012). Rancang Bangun Simulator Tap Changer Transformator Sebagai Pengaturan Tegangan Sistem Distribusi Tenaga Listrik.
- R, A., M, A., & c, R. D. (2015). Optimization of Photovoltaic Farm under Partial Shading Effects using Artificial Intelligent Based Matrix Switch Controller. *IEEE Transaction on International Conference (ICITACEE)*.
- Seodibyo, Ciptian, & Priananda, W. (2014). Maximum Power Point Tracker Photovoltaic using Modified Bisection Method. *ICITACEE*.
- Silitonga, F. (2006). Rancang Perubah Sadapan (Tap Changer) Transformator Distribusi.
- Sun, Y., & X.L. (2013). Analysis on the Effect Shading on the Characteristics of Large-Scale On-Grid PV System in China.