
Perancangan Alat Pencatat Data Kurva Karakteristik Arus dan Tegangan (I-V) Modul Surya

¹Cholis, ²Ira Devi Sara, ³Yuwaldi Away

^{1,2,3}Magister Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala

Tgk. Syech Abdul Rauf No. 7 Darussalam – Banda Aceh Kode Pos: 23111

lolizzgreen@gmail.com

Abstrak

Untuk menampilkan kurva karakteristik I-V diperlukan sebuah peralatan dalam menelusuri keluaran sebuah modul surya yang disebut IV Tracer. IV Tracer bekerja berdasarkan nilai tegangan kerja yang divariasikan terhadap sebuah modul surya mulai dari titik nol sampai nilai tegangan rangkaian terbuka (open circuit). Berdasarkan hasil percobaan menggunakan rangkaian snubber dengan nilai kapasitor 47 μ F, tahanan 5 Ω dan dioda FR207 memperlihatkan bentuk kurva arus dan tegangan yang sesuai datasheet dengan selisih rata-rata sebesar 8,89 % berdasarkan parameter nilai modul surya yang diuji. Data yang diperoleh merupakan nilai variasi tegangan saat switching MOSFET IRF540 selama 1600 milisekon dengan mengumpulkan sebanyak 52 titik pengujian. IV tracer yang dirancang memiliki batasan sebesar 200 mA - 8V berdasarkan pengaturan yang dilakukan pada layar TFT 1,8".

Kata kunci: Modul surya, Kurva Karakteristik (I-V), IV Tracer, Snubber, P-sim

Abstract

To display the I-V characteristic curve needed of equipment in tracing the output of a solar module called Tracer IV. Tracer IV based on the working is varied voltage a solar module ranging from zero point to the value of the open circuit voltage. Based on the results of an experiment using a snubber circuit with 47 μ F capacitor value, resistor 5 Ω and diode FR207 reveal the shape current and voltage curves corresponding datasheet with an average rate of 8,89 % to the parameter value solar module tested. The data obtained is the value of the voltage variation when switching MOSFET IRF540 for 1,600 milliseconds by collecting a total of 52 test points. Tracer IV test results were simulated by 3%. IV tracer designed has a limit of 200 mA - 8V is based on the arrangements on the TFT screen of 1.8".

Keywords: solar module, characteristic curve (I-V), Tracer IV, snubbers, P-sim

1. Pendahuluan

Perkembangan dalam pemanfaatan teknologi potensi energi matahari semakin meningkat. Modul surya bekerja mengubah energi cahaya menjadi energi listrik dengan memanfaatkan proses photoelektrik [1,2]. Modul surya memiliki kurva karakteristik arus dan tegangan (I-V). Kinerja sebuah sistem modul surya dapat dilakukan dengan pengamatan terhadap kurva karakteristik arus dan tegangan (I-V). Beberapa parameter pada karakteristik kurva arus dan tegangan (I-V) adalah seperti arus hubung singkat (I_{sc}), tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), faktor pengisian (FF), daya maksimum (P_{mpp}), arus pada daya maksimum (I_{mpp}) dan tegangan pada daya maksimum (V_{mpp}) [1,4]. Kurva karakteristik arus dan tegangan (I-V) menampilkan secara grafis kondisi pencapaian daya keluaran maksimum pada sebuah modul surya [5]. Kurva karakteristik arus dan tegangan (I-V) modul surya diperoleh dengan melakukan variasi tegangan pada rangkaian mulai dari rangkaian hubung singkat (nilai tegangan nol) hingga rangkaian terbuka (nilai tegangan maksimal).

Untuk memperoleh kurva karakteristik arus dan tegangan (I-V) suatu modul surya dilakukan dengan menelusuri nilai keluaran dengan peralatan yang disebut IV Tracer [6]. IV Tracer diperlukan untuk menelusuri parameter modul surya berdasarkan variasi tegangan sebuah modul surya mulai dari titik nol sampai titik nilai tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) secara menyeluruh. Seluruh parameter yang pada modul surya tersebut dilakukan pembacaan

menggunakan pengaturan pada mikrokontroler ATmega 2560 [7]. Metode perancangan IV Tracer menggunakan MOSFET dan rangkaian snubber sebagai beban variabel untuk memvariasikan tegangan mulai dari short circuit sampai dengan open circuit [3,8]. Perancangan IV Tracer pada modul surya dengan penambahan beberapa sensor memberikan informasi menyeluruh mengenai kondisi energi pada lingkungan tertentu berupa arus, tegangan, suhu dan pencahayaan.

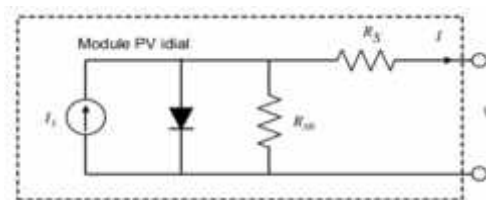
Pada umumnya modul surya memiliki datasheet, maka perlu diketahui bentuk kurva karakteristik arus dan tegangan I-V keluaran yang dihasilkan apakah sudah sesuai dengan datasheet. Berdasarkan hal tersebut perancangan IV Tracer perlu dilakukan untuk mengetahui parameter keluaran modul surya secara keseluruhan dengan harga yang murah, terpercaya dan ketelitian sesuai kondisi modul surya tersebut. Studi karakteristik kurva arus dan tegangan dilakukan untuk mengetahui pengaruh eksternal sebuah modul surya yaitu suhu dan pencahayaan terhadap daya keluaran sebuah modul surya.

2. Studi Pustaka

2.1. Karakteristik Modul surya

1. Model Ekuivalen Sebuah Modul surya

Cara kerja modul surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti dioda semikonduktor [11]. Bentuk rangkaian persamaan solar sel, dimana arus (I) dan tegangan (V), modul surya (I_L /cell's photocurrent), kemudian tahanan seri (R_s) dan tahanan shunt (R_{sh}) dapat diperhatikan pada gambar berikut ini:



Gambar 1 Rangkaian ekuivalen modul surya [1]

Adapun persamaan matematis dari rangkaian diatas dapat dituliskan sebagai berikut: [1,2]

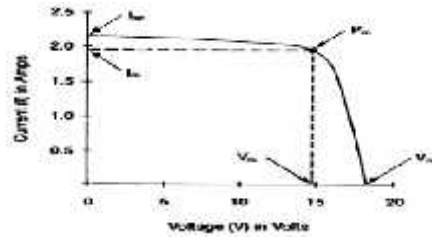
$$I = I_L - I_0 \left[\exp \left(\frac{V + IR_s}{nKT/q} \right) - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_{SH}} \quad (1)$$

Dimana :

- I = arus rangkaian ekuivalen sel surya (Ampere)
- I_0 = arus saturasi reverse (Ampere)
- n = faktor ideal dioda
- q = faktor pengisian elektron ($1.602 \cdot 10^{-19}$ C)
- k = konstanta Boltzman ($1.3806 \cdot 10^{-23}$ J.K-1)
- T = temperatur sel surya (oK)

2. Kurva Karakteristik Modul surya

Sifat elektrik modul surya dalam menghasilkan energi listrik dapat diamati dari karakteristik listrik sel tersebut berdasarkan arus dan tegangan pada kondisi intensitas cahaya dan suhu yang berbeda-beda [11,13]. Karakteristik ini biasanya digambarkan oleh kurva arus dan tegangan (kurva I-V) seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.

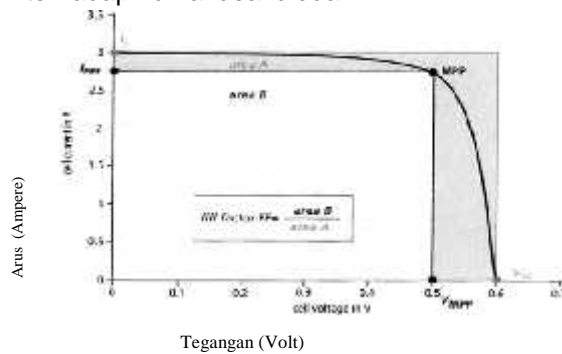


Gambar 2 Kurva karakteristik I – V pada modul surya [12]

Parameter kurva karakteristik I-V dapat digolongkan antara lain [9, 13]:

1. Nilai titik daya maksimum (MPP)
2. Arus hubung singkat (I_{sc})
3. Tegangan rangkaian terbuka (V_{oc})

Faktor Pengisian atau *Fill Factor* (FF) didefinisikan sebagai rasio daya maksimum *photovoltaic* terhadap hasil kali V_{OC} dan I_{SC} . *Fill factor* juga merupakan ukuran besarnya deviasi karakteristik I-V terhadap kurva ideal dioda.

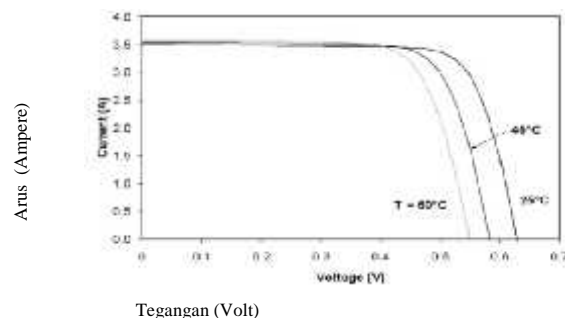


Gambar 3 Faktor pengisian dari Modul Surya [10]

3. Pengaruh Faktor Lingkungan

a. Temperatur

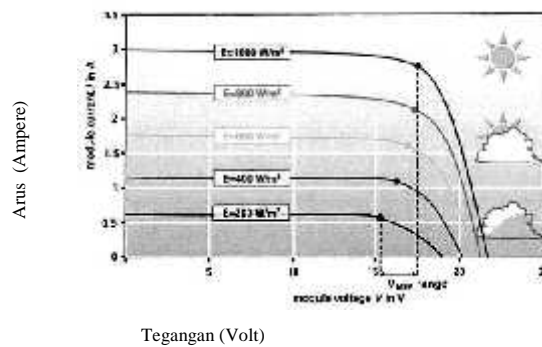
Karakteristik perubahan temperatur pada sel surya diperlihatkan pada gambar dibawah ini [1]. :



Gambar 4 Karakteristik I-V pada temperatur permukaan modul surya yang berbeda [11,14].

b. Intensitas Cahaya

Gambar di bawah ini memperlihatkan perubahan arus dan tegangan dari modul surya (*photovoltaic*) berdasarkan intensitas cahaya matahari yang diperoleh berubah-ubah nilainya [12,15].

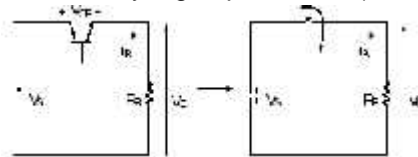


Gambar 5 Kurva I-V Terhadap Irradiance dan Temperatur yang Tetap [12,15]

2.2. Peralatan pendukung

1. Sistem Switching

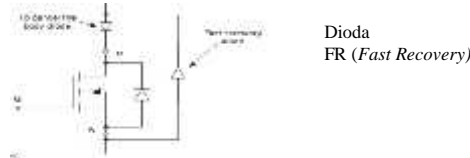
Perancangan pada penelitian ini menggunakan *Switching converter* yang dimaksudkan untuk memberi kondisi pada rangkaian *open circuit* menjadi *Short circuit*. Adapun komponen yang digunakan adalah MOSFET tipe N dengan tipe IRF540N. Pada *switching converter* terlihat fungsi transistor sebagai elektronik *switch* yang dapat dibuka (*OFF*) dan ditutup (*ON*) [3].



Gambar 6 Rangkaian dasar switching converter [16,17]

2. MOSFET Sebagai Switching

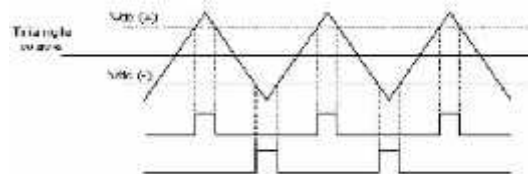
The Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET) digunakan secara ekstensif dalam rangkaian digital yang mana piranti ini memiliki karakteristik *switch* [17,18].



Gambar 7 MOSFET Sebagai Switch [3]

3. PWM (Pulse Width Modulation)

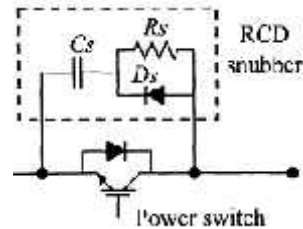
PWM merupakan sebuah teknik untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang antara *high* dan *low* dimana kita dapat mengontrol durasi sinyal *high* dan *low* sesuai dengan yang kita inginkan [3]



Gambar 8 Gelombang pulsa keluaran PWM [17]

4. Rangkaian *Snubber*

Pada rangkaian *converter* DC-DC sangat dibutuhkan sekali rangkaian *snubber* untuk memotong tegangan V_{ds} yang mempunyai *spike* yang tinggi atau melampaui tegangan V_{ds} pada MOSFET [3,20,22].



Gambar 9 Rangkaian *snubber* [3,21]

Adapun nilai R_s dan nilai C_s dapat dihitung dengan persamaan berikut ini [3].

$$R_s = \frac{t_{on}}{nI_L} \quad (2)$$

$$C_s = \frac{I_L V_f}{2V_f} \quad (3)$$

Ket:

R_s = tahanan *snubber* (Ω) C_s = Kapasitor *snubber* (F)

V_f = Tegangan MOSFET (V) I_L = Arus Beban MOSFET (A)

t_{on} = Waktu hidup MOSFET (S) t_f = Waktu Jatuh MOSFET (S)

5. LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD berfungsi menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler [23].



Gambar 10 LCD (*Liquid Crystal Display*) [23]

6. *Data Logger Shield*

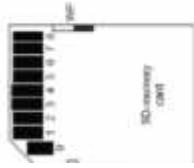
Peralatan *data logger* ini merupakan penggabungan beberapa peralatan yang berkenaan dengan penyimpanan data. *Data logger* ini dapat bekerja cepat dengan menggunakan sistem FAT16 atau FAT32 yang simpan pada kartu SD baik pembacaan sensor dan menyimpannya dalam bentuk data nilai secara keseluruhan [24].



Gambar 11 Tampilan *data logger shield* [24]

7. Kartu Memori

SD Card adalah kartu memori non-volatile yang dikembangkan oleh SD Card Association yang digunakan dalam perangkat *portable* [25]



Gambar 12 SD CARD [25]

2.3. Sistem Sensor

1. Sensor Tegangan

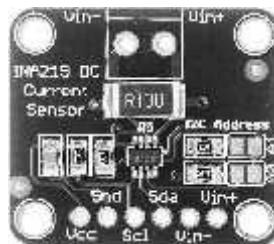
Sensor tegangan ini berupa pembagi tegangan [26]. Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah *voltage sensor shield modul*. Tegangan yang dihasilkan masih berupa sinyal sinusoidal. Tegangan ini akan diteruskan ke input rangkaian mikrokontroler.



Gambar 13 Voltage sensor shield modul [27].

2. Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini adalah INA219. Sensor INA219 merupakan sensor sistem *bi-directional* menggunakan tahanan *shunt* [28].



Gambar 14 INA219 Shield [29]

3. Sensor Intensitas Cahaya

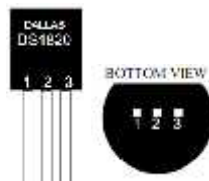
Pada penelitian ini menggunakan photodiode untuk mendeteksi cahaya. Photodiode adalah piranti semikonduktor yang mengandung sambungan p-n, [30,32].



Gambar 15 Photodiode [31].

4. Sensor Suhu

Untuk mengukur suhu digunakan sensor DS18B20 dengan *digital output* 9 bit hingga 12 bit untuk pengukuran temperature dalam *celcius* [33,34]



Gambar 16 Modul sensor temperature DS18B20 [34,35]

2.5. Sistem Kontrol (Arduino Mega)



Gambar 17 Modul Arduino mega 2560 [36]

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler ATmega 2560 berdasarkan (*datasheet*) memiliki 54 digital pin *input* atau *output* (dimana 15 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM atau *Pulse Width Modulation*), 16 *analog input*, 4 UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*), *osilator* kristal 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header ICSP (In-Circuit Serial Programming)*, dan tombol *reset* [36,37].

Adapun data-data spesifikasi mengenai Arduino mega 2560 adalah sebagai berikut: [36]

1.	<i>Operating Voltage</i>	: 5 V
2.	SRAM	: 8 KB
3.	DC <i>Current</i> per I/O Pin	: 40 mA
4.	DC <i>Current</i> for 3.3V Pin	: 50 mA
5.	<i>Digital</i> I/O Pins	: 54 (14 PWM)
6.	<i>Flash Memory</i>	: 256 KB
7.	<i>Analog Input</i> Pins	: 16
8.	EEPROM	: 4 KB
9.	<i>Input Voltage (recomendation)</i>	: 7-12 V
10.	<i>Input Voltage (limits)</i>	: 6-20 V
11.	<i>Clock Speed</i>	: 16 MHz

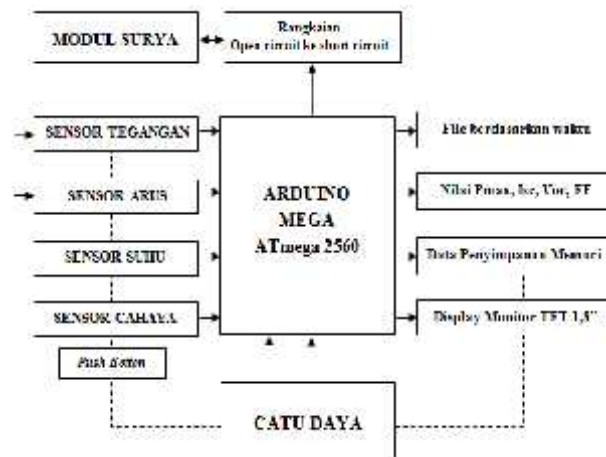
3. Metode

Penelitian diawali perancangan IV *Tracer* dengan mensimulasi rangkaian menggunakan software Psim selanjutnya perancangan *hardware* dan *software*. Hasil kurva karakteristik arus dan tegangan I-V yang dihasilkan oleh IV *tracer* diharapkan menunjukkan nilai parameter karakteristik modul surya sesuai dengan *datasheet*.

3.1. Perancangan Peralatan IV *Tracer*

1. Blok Diagram Sistem

Adapun blok diagram sistem kerja peralatan secara keseluruhan pada gambar berikut ini;

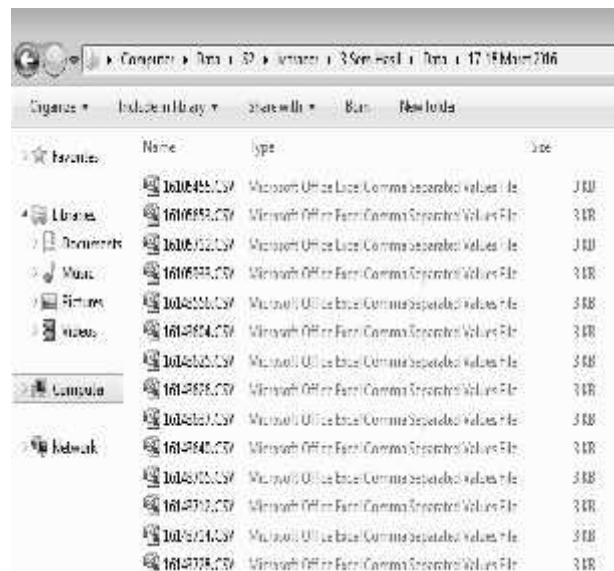


Gambar 18 Diagram blok sistem secara keseluruhan

2. Output IV Tracer

a. Data logger shield Arduino

Perekaman terhadap variasi tegangan dilakukan sebanyak 52 data. Sinyal PWM dengan nilai 255 divariasikan terhadap penurunan sebesar 5. Penurunan nilai PWM sebesar 5 dilakukan dengan penundaan rata-rata dalam waktu 30,5 mS. Dengan waktu rata-rata 30,5 mS MOSFET melakukan proses *switching* selama ± 1600 mS. Data yang diperoleh disimpan dalam bentuk file excel memuat beberapa parameter pengukuran terhadap sensor yang digunakan.



Gambar 19 Penyimpanan file data berdasarkan waktu

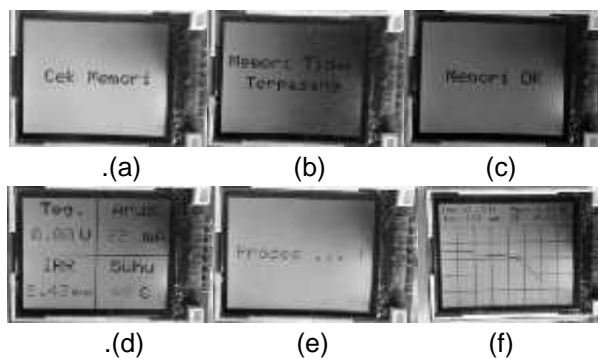
Dari data yang dihasilkan pada saat penyimpanan menggunakan memori pada SD Card sebesar 3 KB yang memuat data pada masing-masing pembacaan sebanyak 52 data dengan ukuran penggunaan memori sebesar 2 GB maka data kemampuan memori dalam menyimpan data berjumlah 699.050.

No	Tegangan (V)	Arus (mA)	Pembacaan Sensor	Tipe Modul	MOSFET	Rangkaian Snubber
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
3	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
4	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
6	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0
8	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
9	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
10	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
11	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0
12	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0
13	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
14	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
15	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
16	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0
17	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
18	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0
19	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0
20	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
21	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
22	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
23	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
24	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0
25	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
26	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	26.0
27	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
28	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0
29	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0
30	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
31	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0	31.0
32	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	32.0
33	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
34	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
35	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
36	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0	36.0
37	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0
38	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0
39	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0	39.0
40	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
41	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0	41.0
42	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0	42.0
43	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0	43.0
44	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
45	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
46	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0	46.0
47	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0	47.0
48	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
49	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0	49.0
50	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0

Gambar 20 Penyimpanan dalam *file excel* pada IV Tracer

b. Liquid Crystal Display (LCD)

LCD TFT 1,8" dipilih agar dapat menampilkan gambar grafik secara langsung pada saat pengambilan data dilakukan. Pada layar TFT dilakukan pengaturan tampilan yang diaplikasikan pada bahasa program. Tampilan pada layar TFT sesuai dengan tindakan yang diprogram pada peralatan. Saat awal program dilakukan pengecekan terhadap memori seperti pada Gambar 3.12(a). jika memori yang akan digunakan belum terpasang maka pada layar TFT akan menampilkan Gambar 3.12(b) sebaliknya bila terpasang akan menampilkan Gambar 3.12(c). Pembacaan sensor pada program dengan penundaan pembacaan sebesar 100 milisekon. Nilai pembacaan sensor kemudian ditampilkan pada layar TFT seperti pada Gambar 3.12(d). Saat proses perekaman terjadi tampilan proses seperti pada Gambar 3.12(e) terjadi variasi tegangan dengan penundaan pada layar sesuai dengan kecepatan pembacaan. Akhir dari tampilan layar TFT adalah gambar grafik yang dihasilkan sesuai pembacaan sensor serta perhitungan terhadap nilai karakteristik kurva arus dan tegangan (I-V) modul surya yang diuji sesuai dengan kondisi tersebut yang diperlihatkan pada Gambar 3.12(f).



Gambar 21 Urutan tampilan pada layar TFT 1,8"

3. Perancangan IV Tracer Modul Surya

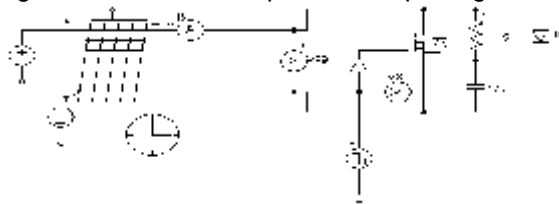
Modul surya yang digunakan merupakan modul dengan daya kecil yaitu 5 VDC. Perancangan rangkaian modul surya menggunakan MOSFET tipe n IRF540N dengan rangkaian *snubber*. Rangkaian yang diaplikasikan merupakan sistem *short circuit* modul surya. Proses *switching* menimbulkan *spike* tegangan sehingga dirancang *snubber* untuk meminimalisir gangguan yang terjadi dengan kombinasi dioda frekwensi tinggi dengan tipe

FR-207. Rangkaian *snubber* dirancang berdasarkan nilai *datasheet* komponen MOSFET IRF540 yakni $I_L = 16 \text{ A}$, $t_{on} = 11 \text{ ms}$, $t_f = 35 \text{ ns}$ $V_f = 6 \text{ V}$ sehingga dapat ditentukan seperti hitungan sebagai berikut [3];

$$C = \frac{I_L t_f}{2V_f} = \frac{16 \times 35 \times 10^{-9}}{2 \times 6} = 46,66 \mu\text{F} \quad (4)$$

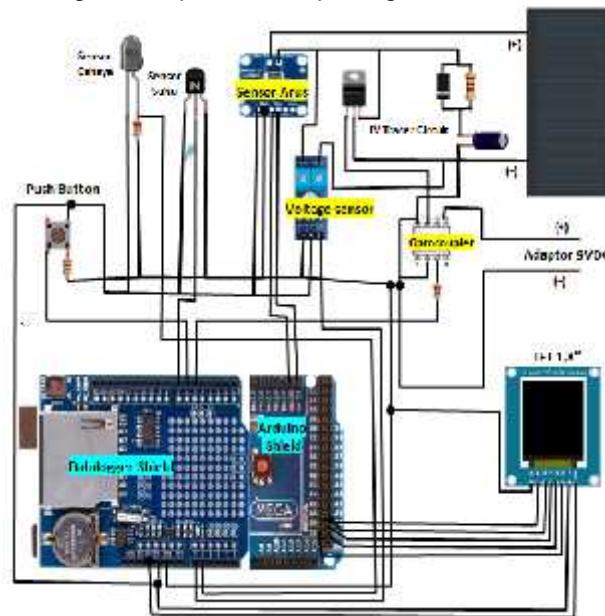
$$R_s = \frac{V_f t_f}{I_L C_s} = \frac{11 \times 10^{-3}}{16 \times 46,66 \times 10^{-6}} = 4,7 \Omega \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka dipilih nilai komponen yang mendekati hasil tersebut dengan nilai kapasitor 47 μF dan resistor 5 Ω . Adapun gambar skematik rangkaian modul surya dengan rangkaian *short circuit* diperlihatkan pada gambar berikut ini;



Gambar 22 Rangkaian pembebanan IV Tracer modul surya

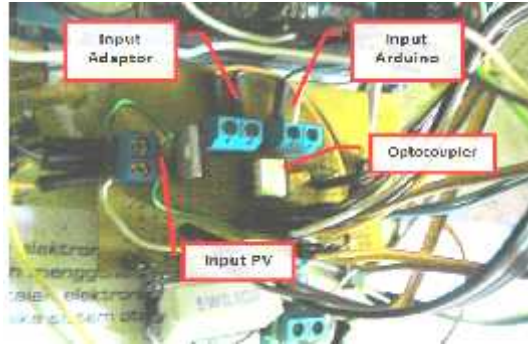
Adapun gambar sistem rangkaian diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 23 Sistem rangkaian secara keseluruhan

4. Pengaturan PWM dan *Push Button*

Setelah *push button* ditekan maka mikrokontroler melakukan variasi tegangan berdasarkan nilai PWM mulai dari 225 sampai dengan 0. Diperlukan tegangan dari sumber tegangan DC sebesar 9 VDC dari adaptor untuk menghasilkan *switching* secara penuh dalam memvariasikan tegangan 9 VDC digunakan *optocoupler* TLP250 sehingga sinyal input yang bersumber dari mikrokontroler sebesar 5 VDC. Pada Arduino mega digunakan pin *digital* 5 untuk memberikan sinyal PWM. Persamaan variasi sejajar antara 5 VDC dengan 9 VDC hingga 0 VDC maka *ground* kedua sistem disatukan. Dengan demikian dalam mengumpulkan data mikrokontroler melakukan pengaturan tiap pengambilan data sebesar 0,10V dengan persamaan variasi pada keluaran TLP250 sebesar 0,18 V.



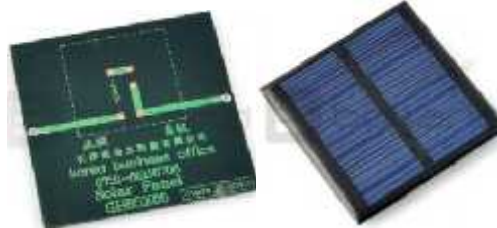
Gambar 24 Rangkaian variasi tegangan modul surya

Push button memberikan respon pada mikrokontroler sebagai nilai digital input 0 dan 1.

3.2. Pengujian Prototipe Rangkaian IV *Tracer*

Pengujian IV *tracer* menggunakan modul surya dengan spesifikasi sebagai berikut [38].

Jenis	: GH65x65
Tegangan maksimum	: 5,5 V
Arus maksimum	: 110 mA
Output maksimum	: 0,4 W
Dimensi	: 65 mm x 65 mm x 3 mm.



Gambar 25 Modul Surya pngujian IV *Tracer* [38]

Adapun gambar rangkaian ditunjukkan pada gambar berikut ini.



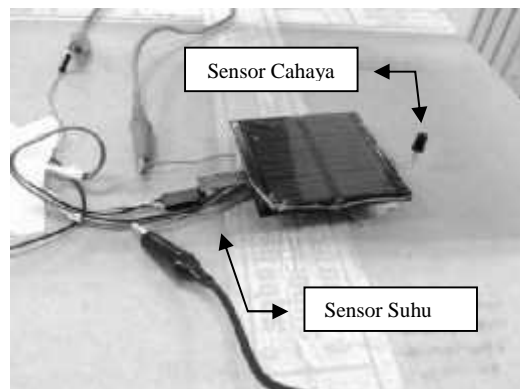
Gambar 26 Prototipe rancangan IV *Tracer* saat dilakukan pengujian

Penelitian ini dilakukan pengujian pada Laboratorium Energi Listrik Prodi Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala.



Gambar 27 Proses pengambilan data pada Lab. Energi

Sensor cahaya yang digunakan untuk pengambilan data ditempatkan tepat disamping modul surya. Pada sensor suhu dilekatkan tepat ditengah pada sisi belakang modul surya.



Gambar 28 Posisi penempatan sensor cahaya dan suhu pada modul surya

Sumber cahaya yang terdapat pada Laboratorium Energi Listrik untuk dilakukan pengujian memiliki spesifikasi daya maksimal sebesar 230 VAC 50 Hz. Sesuai dengan pengujian diperoleh hasil mendekati 1000 W/m^2 sesuai dengan kalibrasi program yang digunakan dengan Jarak pengukuran sumber cahaya modul adalah 16 cm. Proses pengambilan data dilakukan terhadap modul surya dengan pencahayaan ruangan yang gelap sehingga diperoleh pengukuran cahaya yang diperoleh dari sumber alat uji tersebut.

4. Hasil dan Pembahasan

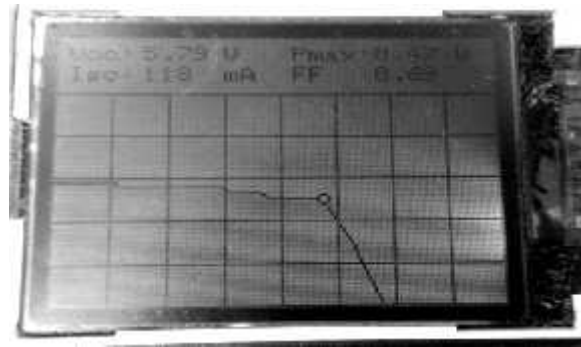
IV tracer yang dirancang memiliki batasan dalam pembacaan nilai sensor sebesar 200 mA dan untuk tegangan sebesar 8 V berdasarkan pengaturan yang dilakukan pada layar TFT 1,8". Pada sensor yang digunakan memiliki rentang pembacaan 0 – 25 V sensor tegangan dan 0 – 3,2 A sensor arus. Pengujian modul memberikan bentuk yang mendekati nilai pada *datasheet*. Dari data yang diperoleh berdasarkan pengukuran di lab memberikan informasi secara menyeluruh mengenai parameter modul surya yang diuji. Pengolahan data yang diperoleh melalui simulasi dengan mengambil sampel pada saat *switching* terjadi sebanyak 52 sampel (± 1600 milisekon) menghasilkan bentuk grafik dengan parameter yang tertera pada tabel berikut ini.

Tabel 1 Parameter hasil modul surya berdasarkan IV *Tracer*

No	Parameter	Nilai keluaran
1	Pmax	0,47 W
2	Vmax	4,76 V
3	Imax	99,4 mA
4	Voc	5,79 V
5	Isc	118 mA
6	<i>Fill Factor</i>	0,69

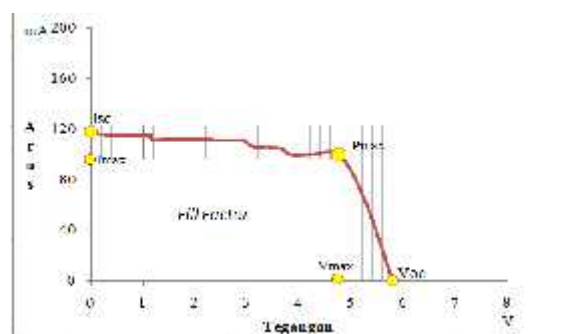
Adapun data tersebut diperoleh berdasarkan pengujian yang dilakukan pada Laboratorium Energi Listrik Universitas Syah Kuala. Kondisi pengukuran yang dilakukan adalah dengan nilai suhu 33,13 °C pada modul surya dan 1000 W/m² kondisi irradian pada permukaan modul surya.

Hasil tersebut memperlihatkan bentuk kurva yang cukup baik seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 29 Gambar tampilan hasil bentuk kurva IV saat pengujian

Pada gambar di atas memperlihatkan perbandingan hasil bentuk kurva daya terhadap kurva arus dan tegangan modul surya. Berdasarkan data yang diperoleh dapat digambarkan secara keseluruhan mengenai karakteristik modul surya tersebut seperti pada gambar berikut.



Gambar 30 Parameter kurva arus dan tegangan (I-V) modul surya

Gambar di atas memperlihatkan parameter yang membentuk modul surya tersebut. Grafik di atas juga memperlihatkan *Fill Factor* dari modul surya tersebut dengan nilai sebesar 0,69 sesuai data hasil pengujian. Seluruh parameter kurva arus dan tegangan yang diperoleh melalui peralatan IV tracer dilakukan pengolahan mengenai parameter nilai pada program *excel*.

Berdasarkan data yang diperoleh dari masing-masing pengujian dilakukan perbandingan dari data yang diperoleh seperti yang tertera pada tabel berikut ini.

Tabel 2 Parameter nilai perbandingan hasil pengujian dengan datasheet modul surya

No	Parameter	Pmax (W)	Voc (V)	Isc (A)	Selisih Rata-rata (%)
1	<i>Datasheet</i>	0,4	5,5	0,110	
2	<i>IV Tracer</i>	0,47	5,79	0,118	
	Selisih (%)	14,89	5,01	6,78	8,89

5. Kesimpulan

5.1. Kesimpulan

Rancangan IV *Tracer* dengan menggunakan rangkaian *snubber* sebagai pembebanan memberikan hasil yang sangat baik dengan selisih rata-rata terhadap *datasheet* sebesar 8,89 % berdasarkan parameter nilai modul surya yang diuji. IV tracer yang dirancang memiliki batasan sebesar 200 mA – 8 V berdasarkan pengaturan pada layar TFT 1,8”.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh, peneliti dapat memberikan saran terhadap penelitian lanjutan untuk dapat dilakukan peningkatan terhadap sensor yang dirancang dan rangkaian yang presisi agar bentuk kurva yang dihasilkan lebih baik lagi.

Referensi

- [1]. Tom Markvart and Luis Castafier, “*Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications*”, Elsevier Ltd., Copyright 0 2003
- [2]. Kjr, Slren Bkhlj, “*Design And Control Of An Inverter For Photovoltaic Applications*”, Aalborg University, Denmark *Institute of Energy Technology*, 2005
- [3]. Muhammad H. Rashid, “*Power Electronics Handbook Devices, Circuits, And Applications Third Edition*”, *Electrical and Computer Engineering University of West Florida*, Elsevier Inc. Copyright c 2011
- [4]. Marcelo Gradella Villalva, Jonas Rafael Gazoli, and Ernesto Ruppert Filho, “*Comprehensive Approach to Modeling and Simulation of Photovoltaic Arrays*”, *IEEE Transactions On Power Electronics*, Vol. 24, 2009
- [5]. Matic Herman, Marko Jankovec, Marko Topic, “*Optimisation of the I–V measurement scan time through dynamic modelling of solar cells*”, *Faculty of Electrical Engineering, Laboratory of Photovoltaics and Optoelectronics*, University of Ljubljana, Slovenia, IET Renew. Power Gener., 2013
- [6]. Shuren Wang, Wei Jiang, and Zhengyu Lin, “*Practical Photovoltaic Simulator with a Cross Tackling Control Strategy Based on the First-hand Duty Cycle Processing*”, *School of Hydraulic, Energy and Power Engineering*, Yangzhou University, Yangzhou, China, *Journal of Power Electronics*, Vol. 15, No. 4, pp. 1018-1025, July 2015
- [7]. O’sullivan and Tom Igoe, “*physical computing*”, *Thomson Course Technology PTR, a division of Thomson Course Technology* 2004
- [8]. John Bird, “*Electrical Circuit Theory and Technology Fourth edition*”, Elsevier 2010
- [9]. Emily S. Kopp, “*I-V Analysis Of Photovoltaic Modules Deployed Outdoors At Tucson Electric Power Solar Test Yard*”, The University Of Arizona, 2012
- [10]. Slamet Riyadi, “Panel Surya sebagai Energi Alternatif”, Materi Kuliah, Universitas Katolik Soegipranata Semarang, 2011
- [11]. R.A Sinton and A. Cuevas, “*A Quasi-Steady-State Open-Circuit Voltage Methode For Solar Cell Characterization*”, *16th European Photovoltaic Solar Energy Conference*, Glasgow, UK, 2000
- [12]. Satwiko S, “Uji Karakteristik Sel Surya Pada Sistem 24 Volt Dc Sebagai Catudaya Pada Sistem Pembangkit Tenaga Hybrid”, Jurusan Fisika, FMIPA UNJ *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY*, Purworejo, April 2012
- [13]. Jaharap Situmorang, Linus Ampang Pasasa, “Pemanfaatan Karakteristik Sel Surya Sebagai Media Pembelajaran Fisika Listrik Dinamis”, *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Pembelajaran dan Sains 2011*, Bandung, Indonesia, Juni 2011

- [14]. Tetsuya Nakamura, Mitsuru Imaizumi, Shin-ichiro Sato, and Takeshi Ohshima, "Change in I -V Characteristics of Subcells in a Multi-junction Solar Cell due to Radiation Irradiation", 978-1-4673-0066-7 IEEE, Japan, 2011
- [15]. Karen Wilson, Denis De Ceuster, Ronald A. Sinton, "Measuring The Effect Of Cell Mismatch On Module Output", 1-4244-0016-3 IEEE, SunPower Corp USA, 2006
- [16]. Rudito Prayogo, "Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC", ruditoprayogo@rocketmail.com, Kementerian Pendidikan Dan Kebudayaan Universitas Brawijaya Malang Desember 2012
- [17]. Sardiyanto, "Pembuatan Modul Inverter 3 Fasa Sinusoidal Pulse Width Modulation Sebagai Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Terhubung Segitiga 220 Volt", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang
- [18]. Yunanda Raharjanto, "Sequensial Soft Start Dan Soft Stop Untuk Kendali Motor Universal Menggunakan Mikrokontroler AT89S51", Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- [19]. TOSHIBA products "Datasheet TOSHIBA Photocoupler GaAlAs Ired & Photo-IC TLP250", 2004
- [20]. C. K. Huang, H. H. Nien, S. K. Changchien, C. H. Chan, and C. K. Chen, "An Optimal Designed RCD Snubber for DC-DC Converters", Department of Industrial Education and Technology, NCUE, Changhua 500, Taiwan, 10th Intl. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision Hanoi, Vietnam, December 2008
- [21]. Sam Ben-Yaakov and Gregory Ivensky, "Passive Lossless Snubbers For High Frequency Pwm Converters", Power Electronics Laboratory Department of Electrical and Computer Engineering, Ben-Gurion University of the Negev, ISRAEL, March 1999
- [22]. Semiconductor at www.onsemi.com, "Switcher Efficiency & Snubber Design", portfolio of power management products from ON
- [23]. Tech Support: support@iteadstudio.com, "Datasheet ITBD02-1.8SP is a 1.8" TFT LCD module, ITBD02_1.8SP iteadstudio.com 2012
- [24]. Bill Earl, "Adafruit Data Logger Shield", Adafruit Industries <https://learn.adafruit.com/adafruit-data-logger-shield>, 2015
- [25]. SanDisk Corporation, "SanDisk Secure Digital Card Product Manual" Version 1.9 Document No. 80-13-00169, www.sandisk.com, December 2003
- [26]. Ageng Pidaksa, "Wattmeter Digital Ac Berbasis Mikrokontroler Atmega8", Jurusan Pendidikan Teknik Elektronika F.T. UNY, 2013
- [27]. Simon S, Duddy S, "Solar Panel and Battery Street Light Monitoring System Using GSM Wireless Communication System", Telkom Applied Science School Telkom University Bandung, Indonesia, IEEE 978-1-477-3580-2, ICoICT, 2004
- [28]. Texas Instruments Incorporated, "INA219Zero-Drift, Bidirectional Current/Power Monitor With I2C Interface" SBOS448G –AUGUST 2008–REVISED DECEMBER 2015
- [29]. lady ada, "Adafruit INA219 Current Sensor Breakout", <https://learn.adafruit.com/adafruit-ina219-current-sensor-breakout>, Adafruit Industries, 2015
- [30]. Pratik Painjane, Rahul Nangare and Anupsingh Pardeshi, "Design of Solar Insolation Level Detector and Data Logger", Electronics and Telecommunication, P.E.S Modern College of Engineering, Shivajinagar, Pune, *International Journal of Current Engineering and Technology*, 2014
- [31]. Everlight All Rights Reserved, "5mm Silicon PIN Photodiode, T-1 3/4 PD333-3B/H0/L2". www.everlight.com, 2013
- [32]. D.A. DeWolf A.J. DiStasio, T. Doyle R.D. Faulkner, R.W. Fitts P.D. Huston, G.D. Kissinger T.T. Lewis, W.D. Lindley C.A. Meyer A.G. Nekut, R.G. Neuhauser R.C. Park, D.E. Persyk G.A. Robinson, R.M. Shaffer H.A. Weakliem, "Electro optics handbook" 2014
- [33]. Septian Ade Himawan., Nurussa'adah, M. Julius, "Pemasangan CO 2 dan Suhu dalam Live Cell Chamber 2013
- [34]. www.dalsemi.com, "DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire", Digital Thermometer
- [35]. Prasaja Wikanta, Murinto, "Kontrol Kecepatan Fan dan Monitoring Online Suhu pada Rak Server Politeknik Negeri Batam", Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam Parkway, *Simposium Nasional RAPI XI II* -, 2014
- [36]. The Arduino Mega 2560 (datasheet), www.arduino.cc,

- [37]. Sigit Purnomo, Rozeff Pramana," Perancangan Sistem Keamanan Rumah Berbasis Sms Gateway Menggunakan Mikrokontroler Arduino Atmega 2560" Program Studi Teknik Elektro, FT UMRAH
- [38]. Sel surya 0,4W_5.5 V 65x65x3mm-Toko roboticist-Botland.com.pl.html