

Available online at: <http://jarpet.ft.unand.ac.id/>**Jurnal Andalas: Rekayasa dan Penerapan Teknologi**

ISSN (Online) 2797-9024



# Pemanfaatan Chip Sel Surya dari Bahan Limbah Transistor Kemasan TO-3 untuk Pembuatan Tahap Awal Prototipe Pembangkitan Energi Listrik Tenaga Surya

Nofri Dodi<sup>1</sup><sup>1</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang, Kampus PNP Limau Manis, Kec. Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25164, Indonesia

## INFORMASI ARTIKEL

Diajukan: 6 Mei 2023  
 Revisi: 27 Juni 2023  
 Diterbitkan: 30 Juni 2023

## KATA KUNCI

Solar cell; prototipe; chip sel surya; transistor; array; intensitas cahaya

## KORESPONDENSI

Phone:  
 E-mail: nofridodi@gmail.com

## A B S T R A K

Pembangkit listrik tenaga surya merupakan suatu pembangkit listrik yang mengkonversikan energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Dimana dalam hal ini solar cell merupakan komponen terpenting dalam pengkonversian energi surya menjadi energi listrik. Solar cell sebagai komponen terpenting dalam pengkonversian ini merupakan suatu semikonduktor yang terbuat dari bahan silicon dan mempunyai karakteristik-karakteristik tertentu. Dalam perancangan suatu model (prototipe) dari panel surya sebuah pembangkit listrik tenaga surya, bisa digunakan chip sel surya yang terdapat pada transistor kemasan TO-3 yang sudah tidak terpakai. Dalam hal ini diambil sampel transistor 2N 3055 untuk transistor jenis NPN dan MJ 2955 untuk jenis transistor PNP. Pada proses pembuatannya untuk mendapatkan arus dan tegangan yang diinginkan, chip surya dirangkai dalam hubungan seri untuk mendapatkan satu bentuk array surya, yang mana susunan dari beberapa array surya yang tersusun dalam hubungan paralel dapat pula membentuk suatu model dari sebuah panel surya. Untuk mengetahui karakteristik dari model ini dilakukan beberapa pengujian – pengujian, baik itu pengujian tegangan, arus dan juga pengujian daya. Pengujian yang dilakukan dimulai dari jam 08.00 sampai jam 17.00 yang terdiri atas tiga tahap pengujian, yaitu : pengujian pada chip surya , pengujian pada array surya dan pengujian panel surya. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui efek/gejala yang ditimbulkan oleh chip surya tersebut akibat pengaruh dari temperatur (suhu)serta pengaruh intensitas cahaya yang diterimanya

## PENDAHULUAN

Peranan yang strategis dari energi menyebabkan ia menjadi fokus di seluruh bumi. Energi konvensional berupa hidrokarbon dalam penggunaannya sudah terjadi tidak keseimbangan, bahkan eksploitasi dan eksplorasi sumber energi jauh lebih besar dibandingkan produksi, yang mengakibatkan deposit energi konvensional menurun tajam [1]. Dari sisi teori ekonomi telah terjadi ketidakseimbangan dalam supply dan demand, sehingga menyebabkan peningkatan harga energi [2]. Di lain pihak peningkatan konsumsi energi konvensional mengakibatkan naiknya polusi udara yang mempengaruhi ekologi [3].

Kebijakan konservasi energi adalah usaha dalam penghematan penggunaan energi, yang meliputi tiga langkah usaha yaitu intensifikasi energi, diversifikasi energi, dan indeksasi energi [4]. Konservasi energi bukan hanya mengembangkan mesin-mesin konversi energi yang irit, tetapi juga mencari dan mengganti dengan energi non konvensional, yang dalam hal ini berusaha mencari energi alternatif (diversifikasi energi), terutama pada energi baru dan terbarukan (renewable energy) [5]. Energi baru dan terbarukan adalah energi yang pada umumnya sumber daya non fosil yang dapat diperbarui atau bila dikelola dengan baik maka sumber dayanya tidak habis [6]. Selain itu juga berusaha mencari energi yang tepat dengan kondisi dan potensi setempat (indeksasi) [7].

Sumber energi yang termasuk dalam energi baru adalah energi angin, energi surya, dan energi samudera, sedang yang termasuk dalam energi terbarukan adalah biomassa, gambut, panas bumi dan tenaga air [8]. Ketiga energi tersebut terakhir juga lazim digolongkan dalam energi komersial. Semakin meningkatnya masalah pencemaran dan pemanasan global mendorong masyarakat dunia untuk memanfaatkan energi bersih [9]. Dalam hal ini energi baru dan terbarukan yang merupakan sumber energi bersih dan ramah lingkungan perlu lebih ditingkatkan pemanfaatannya [10].

Sehubungan dengan itu, penulis mencoba merancang dan membuat prototipe panel surya dari suatu Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang bahan solar cellnya diambil dari chip sel surya yang terdapat pada transistor kemasan TO-3, baik itu transistor bekas yang tidak terpakai maupun dari transistor yang masih bisa digunakan, sebagai salah satu sumber energi renewable, ramah lingkungan.

## METODE

Metode yang digunakan dalam pemanfaatan chip sel surya yang terdapat dalam kemasan transistor TO-3 dalam perancangan maupun pembuatan prototipe solar cell ini, harus berdasarkan literatur yang ada dan didukung oleh eksperimen yang dilakukan di lapangan. Untuk mendapatkan hasil yang optimal, serta mempunyai keandalan yang tinggi maka pembuatan alat ini, harus dilakukan dengan teliti dan cermat agar memudahkan dan membantu dalam pengecekan secara periodic dari model prototipe solar cell tersebut. Dalam tahapan ini akan terlihat sejauh mana teori yang berkaitan akan dicapai secara maksimum dari alat tersebut sampai bisa dimanfaatkan. Penelitian ini tidak saja ditentukan oleh faktor teknis akan tetapi juga faktor non teknis akan sangat berperan.

### Metode Perancangan

#### A. Pemilihan bahan dan komponen.

Sebelum dibuat alat yang diinginkan, terlebih dahulu harus ditentukan transistor TO-3 yang mana yang akan digunakan untuk pembuatan prototipe solar cell ini. Hal ini harus mengacu kepada [11]:

- 1) Spesifikasi transistor yang akan digunakan
- 2) Ketersediaan transistor TO-3 yang ada dilapangan.
- 3) Ukuran chip surya yang ada di transistor TO-3 tersebut.

Berdasarkan dari tiga hal di atas, diambil sampel transistor 2N 3055 dari tipe NPN dan MJ 2955 dari tipe PNP dikarenakan kedua jenis transistor ini memiliki kelebihan dari jenis transistor TO-3 yang lain. Adapun kelebihan yang dimilikinya yaitu [2]:

- 1) Berdasarkan spesifikasinya, kedua jenis transistor ini dapat digunakan untuk pembuatan alat yang akan dibuat.
- 2) Mudah didapat di lapangan dibanding dengan jenis transistor TO-3 yang lain.
- 3) Ukuran chip yang terdapat di dalamnya lebih besar dari ukuran chip yang ada di jenis transistor TO-3 yang lain.



Gambar 1. Chip Sel Surya yang terdapat dalam kemasan transistor TO-3

Tabel 1. Data sheet transistor 2N 3055 dan MJ 2955 [2]

Kode TR	Bahan	Tipe	Kem.	Info Term	Suhu maks. Junction	Kegunaan	Persamaan Komponen	
							USA	Eropa
2N3055	Silikon	NPN	TO-3	LO5	200°C	Audio Arus tinggi Tegangan tinggi Pemakaian umum	2N3055	BDY20
MJ2955	Silikon	PNP	TO-3	LO5	200°C	Audio Arus tinggi Pemakaian umum	2N3793	BDX20

Sumber : <https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/456/2N3055-pdf.php>

#### B. Pengujian bahan

Setelah didapatkan komponen yang diinginkan berdasarkan kebutuhan alat yang akan dibuat. Sebelum dilakukan pengujian, pada chip sel surya tersebut terlebih dahulu, dibuka kemasan transistor TO-3 yang menutupi chip sel surya yang ada di dalamnya. Pengujian dilakukan pada setiap jam, yang dimulai dari jam 08.00 WIB sampai dengan jam 17.00 WIB. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui berapa besar tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh satu chip sel surya tersebut berdasarkan parameter yang mempengaruhinya, yaitu intensitas cahaya yang diterimanya dengan keadaan temperatur disekitarnya.

Adapun alat ukur yang akan digunakan pada tahap pengujian ini adalah [12]:

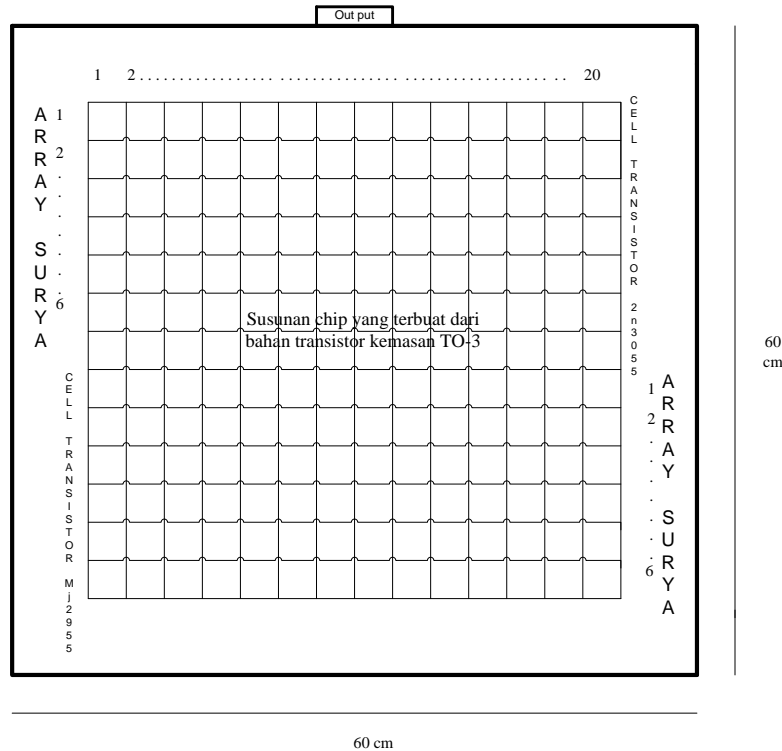
- 1) Multimeter, digunakan untuk mengukur tegangan dan arus pada chip sel surya
- 2) Solarimeter, untuk mengukur intensitas cahaya matahari
- 3) Termometer, digunakan untuk mengukur keadaan suhu

### Metode Pembuatan

Dalam tahapan pembuatan dilakukan beberapa langkah pengerjaan yaitu :

- a. Pembuatan rangka panel surya berdasarkan gambar rancangan yang digambar.
- b. Perakitan chip sel surya pada rangka panel

#### A. Disain Rancangan Rangka Panel Surya.



Gambar 2. Gambar rancangan rangka panel surya

#### B. Perakitan Chip Sel Surya Pada Rangka Panel

Berdasarkan gambar disain rangka panel surya sebagaimana gambar 2 di atas, tahapan selanjutnya pengerjaan perakitan chip sel surya yang terdapat pada transistor berkemasan TO-3 pada rangka panel. Pada tahap perakitan ini diperlukan alat dan bahan-bahan sebagai berikut [13]:

- 1) Solder, solder digunakan untuk memanaskan timah yang akan dipatrikan pada elektroda-elektroda transistor sesuai dengan rangkaian yang akan dirangkai.
- 2) Timah, berguna untuk mematrikan jumper yang akan dihubungkan dengan elektroda-elektroda transistor.
- 3) Jumper atau kawat penghubung secukupnya sebagai penghubung antara elektroda-elektroda transistor.

### Metode Pengujian Alat

Pengujian alat yang dilakukan bertujuan untuk:

- 1) Membuat spesifikasi alat yang dibuat.
- 2) Membandingkan teori ilmiah yang ada dengan aplikasi alat yang dibuat.
- 3) Menganalisa atas pengujian alat yang dibuat.

Terdapat cara yang dilakukan dalam pengujian alat ini, yaitu terdiri atas 3 cara pengujian [14]:

- 1) Pengujian chip surya / sel surya tunggal
- 2) Pengujian array sel surya.
- 3) Pengujian panel sel surya

*Persamaan yang digunakan*

Persamaan – persamaan berikut ini digunakan untuk menganalisa data-data yang diperoleh dari hasil pengujian yang dilakukan [15].

a. Tegangan rata-rata dari:

- Chip surya tunggal
- Array surya
- Panel Surya

Rumus :  $V_{rata-rata} = \frac{\sum V}{n \times N}$  ..... (1)

Dimana n = Jumlah sampel yang diukur  
N = Banyak pengambilan data per hari

b. Arus (hubung singkat) rata-rata dari:

- Chip surya tunggal
- Array surya
- Panel Surya

Rumus :  $I_{rata-rata} = \frac{\sum I}{n \times N}$  ..... (2)

Dimana n = Jumlah sampel yang diukur  
N = Banyaknya pengambilan data per hari

c. Daya panel surya yang dihasilkan:

$P = V \times I$  ..... (3)

Dimana V = Tegangan rata-rata panel surya  
I = Arus rata-rata panel surya.

d. Energi yang bisa dibangkitkan sehari :

$E_{hari} = P \times t_{sun}$  ..... (4)

Dimana :  $E_{hari}$  = Energi perhari  
P = Daya solar panel  
 $t_{sun}$  = Lama penyinaran dalam sehari

e. Energi yang bisa dibangkitkan setahun:

$E_{tahun} = E_{hari} \times \sum h$  ..... (5)

Dimana :  $E_{tahun}$  = Energi per tahun  
 $E_{hari}$  = Energi per hari  
 $\sum h$  = Jumlah hari dalam setahun

f. Energi optimum yang dapat diserap sehari:

$E_{opt} = n \times P_{panel} \times t_{sun}$  ..... (6)

Dimana n = Jumlah panel surya  
 $P_{panel}$  = Daya keluaran panel surya  
 $t_{sun}$  = Lama waktu penyinaran

g. Effisiensi dari panel surya:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

Dimana  $P_{out}$  = Daya panel surya yang dihasilkan  
 $P_{in}$  = Energi yang dapat diserap solar panel

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengujian Chip Sel Surya

Berdasarkan hasil pengambilan data pada pengujian satu chip sel surya diperoleh data pengukuran tegangan sebagaimana yang terdapat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. Pengujian Tegangan 20 buah chip surya dari bahan transistor 2N 3055

No	Ukuran Chip surya (mm)	Tegangan (mV) dc									
		Kondisi waktu (jam)									
		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
1	4 x 4	460	497	494	499	497	491	492	495	487	457
2	4 x 4	467	491	487	492	789	484	486	489	848	465
3	4 x 4	469	475	468	474	469	463	465	470	464	445
4	4 x 4	450	461	454	460	455	450	452	456	452	435
5	4,5 x 4,5	470	485	481	486	484	479	481	483	478	461
6	4 x 4	481	499	497	502	501	496	499	502	496	480
7	4 x 4	436	447	446	443	441	435	439	442	437	424
8	4 x 4	432	443	438	441	439	434	438	441	436	424
9	4 x 4	463	481	477	479	476	473	475	479	475	466
10	4 x 4	449	459	453	454	451	447	450	454	449	441
11	4,5 x 4,5	466	488	486	489	487	484	486	490	483	477
12	4 x 4	466	481	479	481	479	476	481	485	476	466
13	4 x 4	463	475	473	475	473	470	472	477	466	455
14	4 x 4	473	486	485	486	485	483	486	491	481	480
15	4 x 4	376	392	386	392	383	380	383	387	371	370
16	4 x 4	488	504	505	506	505	502	505	507	497	491
17	4 x 4	448	455	450	449	448	444	449	454	443	442
18	4,5 x 4,5	477	497	498	498	498	496	500	503	485	489
19	3 x 3	464	466	463	463	462	460	462	465	442	456
20	4 x 4	405	409	404	406	405	402	406	410	453	389
Temperatur ( °C )		31	33,5	33	34	35	35	34	33,9	34	33
Intensitas Cahaya ( W/m <sup>2</sup> )		258,62	387,93	405,17	517,24	500	482,75	421,39	422,41	420,6	381,56

Tabel 3. Pengujian Tegangan 20 buah chip surya dari bahan transistor MJ 2955

No	Ukuran Chip surya (mm)	Tegangan (mV) dc									
		Kondisi waktu (jam)									
		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
1	1,5 x 1,5	456	434	438	445	443	438	442	433	425	424
2	1,5 x 1,5	454	425	430	433	431	427	432	425	420	423
3	1,5 x 1,5	466	443	440	437	432	431	438	434	433	443
4	1,5 x 1,5	482	449	453	444	447	440	448	449	451	459
5	1,5 x 1,5	469	443	451	444	443	440	441	439	439	443
6	1,5 x 1,5	455	429	440	428	431	425	428	428	427	432
7	1,5 x 1,5	472	464	472	464	459	459	458	451	448	451
8	1,5 x 1,5	460	445	454	438	437	436	438	434	434	443

No	Ukuran Chip surya (mm)	Tegangan (mV) dc									
		Kondisi waktu (jam)									
		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
9	1,5 x 1,5	467	463	473	460	455	455	455	441	441	445
10	1,5 x 1,5	469	449	462	439	441	437	443	442	442	454
11	1,5 x 1,5	463	445	462	442	446	442	445	444	437	446
12	1,5 x 1,5	465	463	477	464	461	460	459	456	440	447
13	1,5 x 1,5	461	464	477	464	460	459	458	455	437	444
14	1,5 x 1,5	453	442	452	428	430	427	434	440	425	447
15	1,5 x 1,5	434	426	439	421	420	418	421	423	404	423
16	1,5 x 1,5	455	455	469	460	457	454	454	451	427	438
17	1,5 x 1,5	456	448	454	434	434	430	436	443	424	453
18	1,5 x 1,5	453	455	459	444	440	439	442	441	422	441
19	1,5 x 1,5	446	458	471	462	462	457	459	448	431	441
20	1,5 x 1,5	444	456	470	461	460	457	458	453	428	439
Temperatur ( °C )		31	33,5	33	34	35	35	34	33,9	34	33
Intensitas Cahaya ( W/m <sup>2</sup> )		258,62	387,93	405,17	517,24	500	482,75	421,39	422,41	420,6	381,56

### Hasil Pengujian Array Surya

Pada panel surya yang dibuat 1 array surya terdiri dari 20 buah susunan chip sel surya yang disusun secara seri.

Tabel 4. Pengujian Tegangan 12 array surya

No	Kode Transistor	Tegangan (V) dc									
		Kondisi waktu (jam)									
		08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
1	2N3055	9,1	8,95	9,36	9,11	9,14	9,29	9,07	8,88	8,33	7,11
2		8,9	8,69	9,12	8,86	8,89	9,07	8,85	8,65	8,06	4,08
3		8,48	8,29	8,72	8,46	8,5	8,62	8,42	8,25	7,77	6,8
4		7,98	7,82	8,24	7,96	7,98	8,1	7,91	7,72	7,26	6,29
5		7,25	7,83	8,09	7,85	7,89	8,01	7,85	7,66	7,21	6,28
6		6,01	6,25	6,63	6,43	6,16	6,39	6,17	5,94	5,45	4,64
1	MJ2955	8,44	8,54	9,18	8,93	9,07	9,19	9,06	8,97	8,44	3,1
2		5,25	8,81	9,31	8,88	9,04	9,12	9,02	8,97	8,42	2,84
3		6,1	8,8	9,29	8,38	9,01	9,1	9	8,98	4,44	3,53
4		8,27	8,5	8,56	8,29	8,49	8,57	8,39	8,43	7,86	2,68
5		9	8,7	9,07	8,64	8,45	8,93	8,73	8,87	8,29	3,61
6		9,45	9,14	9,42	9,15	9,31	9,42	9,17	9,28	8,73	7,79
Temperatur ( °C )		31	33,5	33	34	34	33,9	35	33,5	33	32
Intensitas Cahaya ( W/m <sup>2</sup> )		263,58	405,30	400,17	500,63	501,56	515,21	482,75	436,58	402,25	302,45

### Hasil Pengujian Panel Surya

Berdasarkan hasil pengambilan data pada pengujian panel surya diperoleh data pengukuran tegangan sebagaimana yang terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. Pengujian tegangan dan arus short circuit panel surya

Pengukuran	Kondisi waktu (jam)									
	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00
Tegangan (V) dc	7.48	7.64	7.63	7.83	7.83	7.91	7.42	7.31	7.58	5.96
Temperatur (C)	30	33	34	35.5	36	36	36	34	35	32
Intensitas Cahaya ( W/m <sup>2</sup> )	251.37	365.12	396.25	412.36	412.36	499.58	410.78	400.45	378.9	216.69

Tabel 6. Pengujian panel surya dengan beban kapasitif

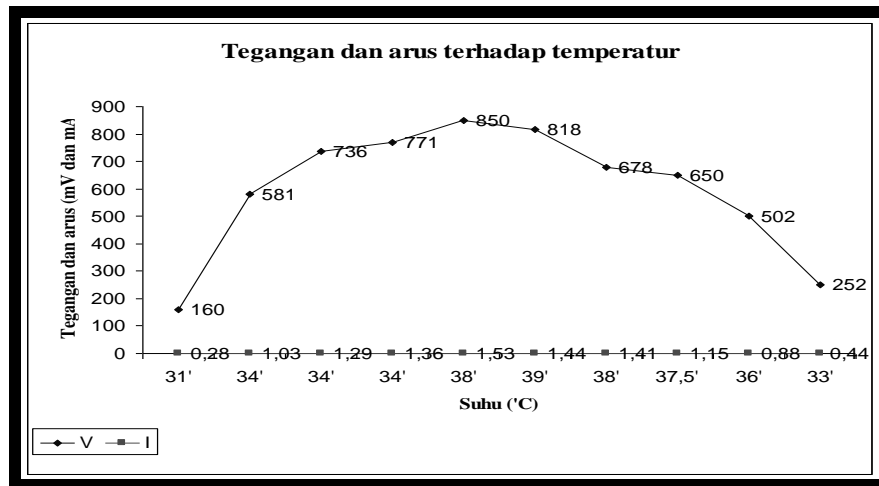
Waktu	Suhu ('C)	Intensitas cahaya (W/m <sup>2</sup> )	Jenis beban					
			Kapasitor					
			100 $\mu$ F		220 $\mu$ F		470 $\mu$ F	
			V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)
08.00	31'	251.37	2,71	0,40	4,61	0,39	2,18	0,37
09.00	34'	365.12	7,39	0,50	7,15	0,50	7,41	0,90
10.00	34'	396.25	7,22	0,76	5,97	1,29	2,93	1,33
11.00	34'	412.36	7,86	0,79	7,76	1,33	7,73	0,98
12.00	38'	417.36	7,83	0,80	7,80	1,75	7,79	0,99
13.00	39'	499.58	7,50	0,39	6,17	1,37	5,08	1,42
14.00	38'	483.78	7,52	0,36	5,79	1,41	2,95	1,56
15.00	37,5'	386.24	7,39	0,35	4,72	1,10	2,47	1,10
16.00	36'	378.9	7,16	0,24	4,24	0,88	2,50	0,88
17.00	33'	300,08	6,38	0,19	3,53	0,47	2,28	0,45

Tabel 7. Pengujian panel surya dengan beban resistif

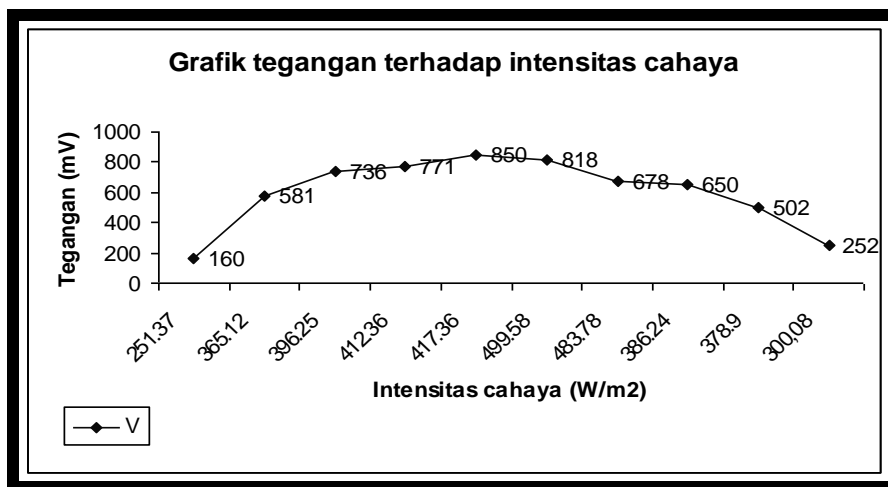
Waktu	Suhu ('C)	Intensitas cahaya (W/m <sup>2</sup> )	Jenis beban											
			Resistor											
			4,6 $\Omega$		47 $\Omega$		100 $\Omega$		470 $\Omega$		1 k $\Omega$		10 k $\Omega$	
			V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (mV)	I (mA)	V (V)	I (mA)	V (V)	I (mA)
08.00	31'	251,37	20	0,19	28	0,26	55,5	0,28	160	0,28	0,31	0,28	2,76	0,29
09.00	34'	365,12	107	1,02	151	1,03	205	1,03	581	1,03	1,12	1,02	6,63	0,67
10.00	34'	396,25	136	1,29	190	1,30	258	1,30	736	1,29	1,29	1,30	7,17	0,72
11.00	34'	412,36	141	1,35	198	1,36	270	1,36	771	1,36	1,48	1,36	7,36	0,74
12.00	38'	417,36	156	1,50	222	1,53	317	1,58	850	1,53	1,75	1,61	7,44	0,75
13.00	39'	499,58	154	1,47	215	1,46	285	1,43	818	1,44	1,54	1,42	7,20	0,73
14.00	38'	483,78	154	1,42	206	1,42	156	1,42	678	1,41	1,53	1,40	7,15	0,72
15.00	37,5'	386,24	123	1,14	168	1,15	227	1,15	650	1,15	1,24	1,13	7,02	0,71
16.00	36'	378,9	94	0,89	131	0,89	175	0,88	502	0,88	0,95	0,87	6,50	0,66
17.00	33'	300,08	46	0,44	64	0,44	89	0,45	252	0,44	0,49	0,45	4,31	0,43

Berdasarkan tabel 7 di atas (sampel yang diambil adalah pada beban 470 ohm) dapat diplot grafik yang dapat menjelaskan pengaruh dari beberapa parameter-parameter yang mempengaruhinya, diantaranya :

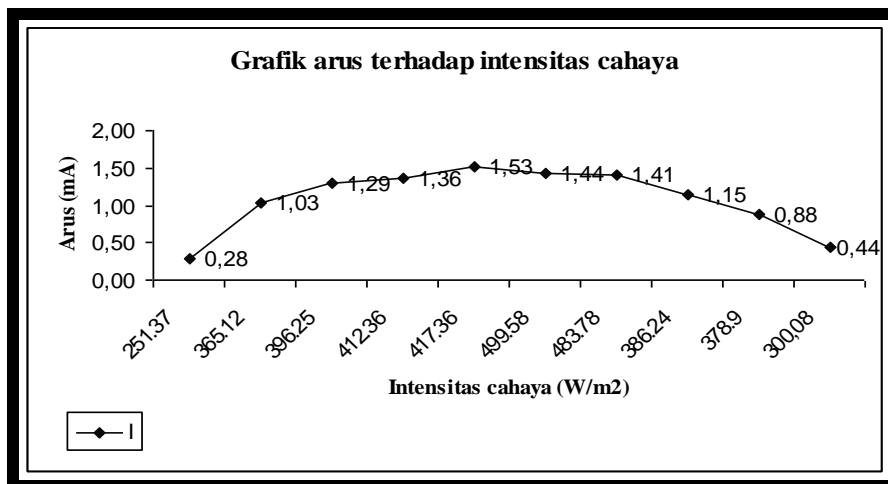
- 1) Grafik pengaruh tegangan dan arus terhadap temperatur
- 2) Grafik tegangan terhadap intensitas cahaya
- 3) Grafik arus terhadap intensitas cahaya



Gambar 3. Grafik tegangan dan arus terhadap temperatur



Gambar 4. Grafik tegangan terhadap Intensitas cahaya



Gambar 5. Grafik arus terhadap Intensitas cahaya

**Daya panel surya**

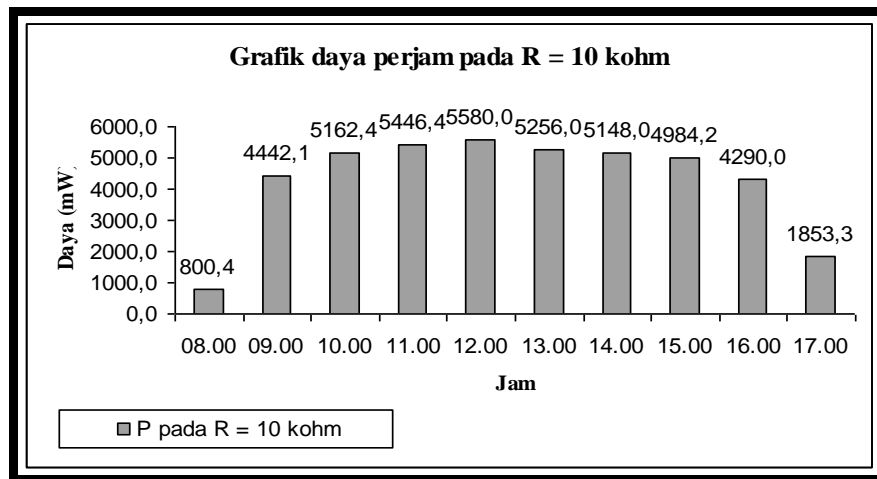
Berdasarkan persamaan (3) diatas diperoleh daya dari masing-masing pembebanan seperti yang terlihat pada tabel 8 di bawah ini :



Tabel 8. Daya dari masing-masing beban

Jam	Daya pada beban : .... (mW)								
	4,6 Ω	47 Ω	100 Ω	470 Ω	1 kΩ	10 kΩ	100 μF	220 μF	470 μF
08.00	3,8	7,3	15,5	44,8	86,8	800,4	1084	1797,9	806,6
09.00	109,1	155,5	211,2	598,4	1142,4	4442,1	3695	3575	6669
10.00	175,4	247	335,4	949,4	1677	5162,4	5487,2	7701,3	3896,9
11.00	190,4	269,3	367,2	1048,6	2012,8	5446,4	6209,4	10320,8	7575,4
12.00	234	339,7	500,9	1300,5	2817,5	5580	6264	13650	7712,1
13.00	226,4	313,9	407,6	1177,9	2186,8	5256	2925	8452,9	7213,6
14.00	218,7	292,5	221,5	955,9	2142	5148	2707,2	8163,9	4602
15.00	140,2	193,2	261,1	747,5	1401,2	4984,2	2586,5	5192	2717
16.00	83,7	116,6	154	441,8	826,5	4290	1718,4	3731,2	2200
17.00	20,2	28,2	40,1	110,9	220,5	1853,3	1212,2	1659,1	1026

Berdasarkan tabel 8 dapat digambarkan grafik daya perjam yang dimulai dari jam 08.00 – 17.00 WIB dari pembebanan resistif, dengan sampel beban yang diambil adalah tahanan terbesar yaitu 10 kΩ.



Gambar 6. Grafik daya per jam dari masing-masing pembebanan

Dari tabel 8 dapat dilihat bahwa, daya maksimum terjadi pada jam 12.00. Maka dalam hal ini dapat dicari daya maksimum rata-rata dari pembebanan resistif [16].

$$\text{Rumus : } P_{\text{mak rata-rata}} = \frac{\sum P_{\text{maks}}}{n}$$

Dimana : n = jumlah beban resistif

$$P_{\text{mak rata-rata}} = \frac{10722,6mW}{6} = 1795,43mW$$

Energi yang bisa dibangkitkan sehari :

$$E_{\text{hari}} = P \times t_{\text{sun}} \quad (\text{persamaan 4})$$

$$E_{\text{hari}} = 1795,43 \times 12$$

$$E_{\text{hari}} = 21545,2 \text{ mWh}$$

Energi optimum yang dapat diserap sehari :

$$E_{\text{opt}} = n \times P_{\text{maks rata-rata panel}} \times t_{\text{sun}} \quad (\text{persamaan 6})$$

$$E_{\text{opt}} = 1 \times 1795,43 \text{ mW} \times 12$$

$$E_{\text{opt}} = 21545,2 \text{ mWh}$$

**Effisiensi dari panel surya:**

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (\text{persamaan 7})$$

$$\eta = \frac{1795,43}{21545,2} \times 100\%$$

$$\eta = 8,33 \%$$

**KESIMPULAN**

Setelah melakukan pengujian, perhitungan dan pembahasan dari penelitian ini. Kesimpulan yang diperoleh adalah; Tegangan yang bisa dibangkitkan oleh satu chip surya untuk transistor 2N 3055, rata-rata sebesar 466,94 mV dan transistor MJ 2955 sebesar 455,505 mV. Tegangan yang dihasilkan oleh panel surya cenderung konstan  $\pm 7$  Vdc. Dimana arus yang dihasilkan oleh panel surya bervariasi sebanding dengan intensitas cahaya matahari. Makin tegak lurus sudut datang cahaya matahari terhadap permukaan solar modul makin tinggi intensitas yang akan dikonversikannya. Efisiensi dari prototipe panel surya yang dibuat dari bahan silikon yang terkandung pada transistor kemasan TO-3 (2N 3055 dan MJ 2955) adalah sebesar 8,33 %

**REFERENSI**

- [1] S. Soeparman, *Teknologi Tenaga Surya Pemanfaatan Dalam Bentuk Energi Panas*. Malang: UB Press, 2015.
- [2] I. Maysya, B. Trisno, and Hasbullah, "Pemanfaatan Tenaga Surya Menggunakan Rancangan Panel Surya Berbasis Transistor 2N3055 Dan Thermoelectric Cooler," *Electrans*, vol. 12, no. 2, pp. 89–96, 2013.
- [3] T. J. Jansen, *Teknologi Rekayasa Sel Surya*. Malang: Universitas Negeri Malang, 1995.
- [4] S. Manan, "Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Effisien, Handal dan Ramah Lingkungan di Indonesia," *Energi Matahari Sumber Energi Altern. Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan. Di Indones.*, pp. 31–35, 2009, [Online]. Available: <http://eprints.undip.ac.id/1722>.
- [5] L. H. Anise Novellia, Maluegha Benny, "PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA GEDUNG GEREJA GMIM PNIEL BAHU," vol. 10, no. 1, pp. 43–55.
- [6] A. Julisman, I. D. Sara, and R. H. Siregar, "Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola," *KITEKTRO J. Online Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 35–42, 2017.
- [7] 2016 Agus Priyono, "Rancang Bangun Penggerak Panel Surya Mengikuti Arah Matahari Secara Vertikal Di," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [8] D. Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik*. Jakarta: Erlangga, 2005.
- [9] Reza Pahlevi, "PENGUJIAN KARAKTERISTIK PANEL SURYA BERDASARKAN INTENSITAS TENAGA SURYA," *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 85, no. 1, pp. 2071–2079, 2014.
- [10] K. Anwar, M. Isnaini, and L. S. Utami, "Eksperimen efek foto listrik berbasis simulasi PhET," *Paedagogia J. Kajian, Penelit. dan Pengemb. Kependidikan*, vol. 4, no. 2, pp. 9–15, 2013.
- [11] N. et. Kinoshita, *Solar Cell performance Was Examined Using The Photo Elektrodes of TiO2*. Sumitomo, Osaka Semento, Shinkigiken.
- [12] F. Gutierrez and F. Mendez, "Entropy Generation Minimization of a Thermoelectric Cooler," *Open Thermodyn. J.*, vol. 2, no. 1, pp. 71–81, 2008, doi: 10.2174/1874396x00802010071.
- [13] D. F. M. Helmi, "Optimalisasi Radiasi Sinar Matahari Terhadap Solar Cell," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [14] D. and D. B. W. Mastbergen, *Generating Light from Stoves using a Thermoelectric Generator*. Colorado: Department of Mechanical Engineering Colorado State University.
- [15] M. Ramdani, *Rangkaian Listrik*. Jakarta: Erlangga, 2008.
- [16] Malvino, *Prinsip-prinsip Elektronik*. Jakarta: Erlangga, 1981.