PEMBANGKIT LISTRIK ENERGI PANAS MATAHARI MENGGUNAKAN TERMOELEKTRIK DENGAN SISTEM TRACKER SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER

Rikza Mudhofar[1], Ayub Subandi[2]
[1,2]Jurusan Teknik Komputer Unikom, Bandung
[1]rikza.mudhofar@gmail.com, [2]ayub.subandi@email.unikom.ac.id

ABSTRAK

Saat ini energi listrik menjadi kebutuhan primer bagi manusia. Hampir seluruh peralatan pendukung kehidupan manusia memanfaatkan energi listrik. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan energi listrik terus meningkat. Dalam tugas akhir ini dirancang sebuah pembangkit listrik dengan memanfaatkan energi panas matahari dengan prinsip termoelektrik. Energi panas matahari akan dikumpulkan menggunakan gabungan dari kompor surya serta lensa fresnel yang akan selalu mengarah terhadap pancaran sinar matahari secara otomatis. Dengan menggunakan modul peltier yang memiliki efek seebeck, perbedaan suhu yang terjadi pada dua plat logam yang berbeda akan dikonversi menjadi energi listrik. Kemudian sebuah LCD akan menampilkan informasi mengenai suhu, tegangan dan arus yang dihasilkan generator. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembangkit listrik ini dapat mengikuti matahari dari pukul 10:00 sampai 14:00. Serta dengan menggunakan empat modul peltier tegangan maksimum yang dihasilkan adalah 2,05V dan arus sebesar 80,3mA dengan perbedaan suhu mencapai 67,44^{o}C. Tingkat besarnya tegangan yang dihasilkan bergantung pada desain kolektor surya dan material penerima panas.

Kata kunci: termoelektrik, lensa fresnel, kolektor surya, peltier, solar tracker.

1. PENDAHULUAN

Saat ini energi listrik menjadi kebutuhan primer bagi manusia. Hampir seluruh peralatan pendukung kehidupan manusia memanfaatkan energi listrik. Hal ini menyebabkan kebutuhan akan energi listrik terus meningkat. Berdasarkan data dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), pada skenario dasar, pemanfaatan tenaga listrik total di semua sektor diperkirakan akan terus meningkat secara signifikan hingga lebih dari 5 kali, yaitu akan mencapai 903 TWh pada tahun 2035 atau tumbuh sebesar 7,4% per tahun [1]. Oleh karena itu, adanya sumber energi lain yang dapat digunakan sebagai pembagkit listrik akan sangat dibutuhkan bagi penyediaan pasokan listrik nasional.

Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik adalah energi panas dengan teknologi termoelektrik. Telah banyak penelitian yang dilakukan dengan menggunakan termoelektrik. Dan hasilnya menunjukan bahwa, teknologi termoelektrik merupakan peluang untuk memperoleh energi listrik alternatif. [2] Dengan melakukan kontrol terhadap panas yang masuk dapat menjadikan termoelektrik sebagai sumber energi terbarukan. Dalam tugas akhir ini, saya akan merancang sebuah generator listrik dengan memanfaatkan energi panas matahari. Energi panas matahari akan dikumpulkan menggunakan gabungan dari kompor surya serta lensa fresnel yang akan selalu mengarah terhadap pancaran sinar matahari secara otomatis. Lensa fresnel akan memfokuskan cahaya matahari pada plat tembaga dan kompor surya akan memantulkan cahaya matahari yang akan membantu proses pemanasan. Panas yang diterima plat tembaga akan dialirkan menuju generator termoelektrik. Sedangkan pada bagian lain generator dipasang sebuah *heatsink* pendingin yang berguna untuk mengubah perbedaan panas antara dua plat logam menjadi listrik. Dengan generator ini diharapkan dapat digunakan sebagai sumber energi listrik baru, sehingga kebutuhan listrik akan tercukupi.

2. PERANCANGAN

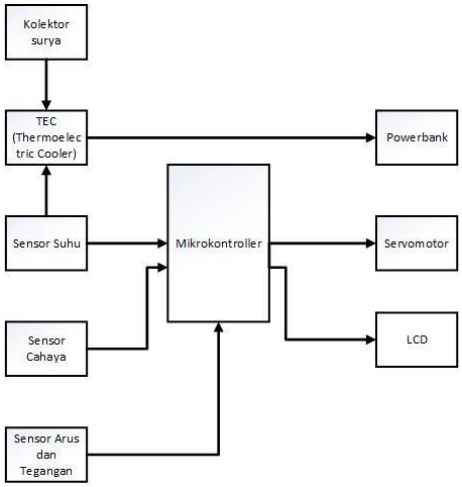
Komponen yang digunakan dalam merancang sistem pembangkit listrik secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 1.

2.1 Perancangan Mekanik

Alas

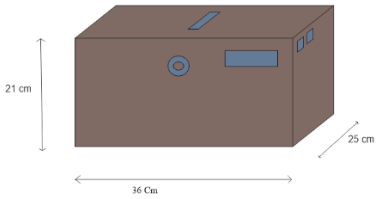
Pengaturan alas dapat dilihat pada gambar 2, yaitu terdapat tempat untuk penyimpanan kontroler, *powerbank* dan LCD. Tempat penyimpanan tersebut terbuat dari kayu.

Penggunaan kayu karena agar mudah dibuat serta dapat melindungi semua komponen di dalamnya, tetapi tidak dibuat agar tahan pada cuaca ektrim.



Gambar 1 Diagram blok sistem

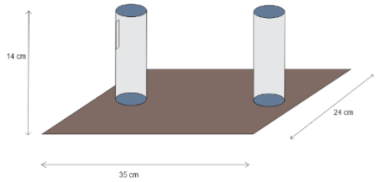
Alas harus dibuat berat agar mampu menopang tiang dengan kuat. Oleh karena itu, alas ini dibuat dengan ukuran besar. Pada bagian alas juga terdapat tempat untuk menyimpan servomotor horizontal untuk menggerakan bagian tiang.



Gambar 2 mekanik alas pembangkit listrik

Tiang

Terdapat dua tiang yang akan menjadi penopang bagi atap seperti pada gambar 3. Bagian tiang ini bisa berputar secara horizontal. Tujuannya, sebagai arah sumbu x dalam melakukan pencarian sinar matahari. Bagian penggeraknya yaitu servo yang terdapat pada alas, seperti yang sudah dijelaskan pada bagian mekanik alas.

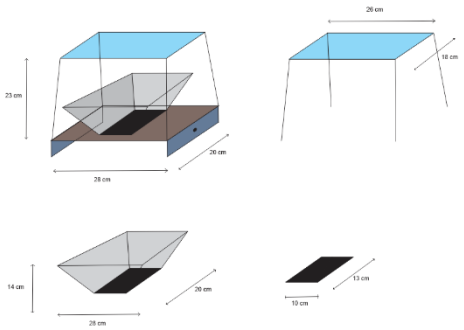


Gambar 3 mekanik tiang

Tiang akan dibuat menggunakan pipa pvc, yang biasa digunakan untuk mengalirkan air. Penggunaan pvc dikarenakan bahannya yang ringan dan kuat untuk menopang bagian atap mekanik [3]. Sedangkan untuk menopang kedua tiang akan menggunakan kayu balsa. Kayu balsa sangat ringan hampir sama seperti kertas namun lebih kuat dan tebal. Servo kedua untuk menggerakkan bagian atap akan dipasang pada salah satu tiang.

Atap

Bagian atap merupakan bagian yang sangat penting karena terdapat sensor pendeteksi cahaya, kolektor surya dan merupakan tempat generator termoelektrik. Bagian atap dapat berputar secara vertikal sebagai arah sumbu x. Untuk bahan dasarnya akan menggunakan kayu balsa agar tidak membebani kerja servo. Pengaturan bagian atap dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 mekanik atap pembangkit listrik termoelektrik

2.2 Perancangan *hardware* dan sensor

Servo

Servo merupakan bagian yang sangat penting dan sangat diperhatikan kebutuhannya, karena akan memengaruhi kerja dari genartor termoelektrik agar dapat bergerak secara otomatis. Terdapat dua servo yang digunakan dalam perancangan mekanik. Yaitu servo horizontal sebagai sumbu X dan servo vertikal sebagai sumbu Y. Masing-masing servo akan berputar sesuai arah cahaya matahari.
Berikut adalah kebutuhan dari servo yang akan digunakan pada generator:

Tabel 1 Kebutuhan servo

Servo vertikal	**Servo Horizontal**
Bekerja pada tegangan 4-5V DC	Bekerja pada tegangan 4-5V DC
Torsi 11-15 Kg	Torsi 11-15 Kg
Putaran minimum150^{o}	Putaran minimum 180^{o}
Harus ringan	Berat tidak masalah

Sensor Cahaya

Sensor pendeteksi cahaya menggunakan empat buah LDR yang dipisahkan oleh dinding penghalang. Gambar sensor dapat dilihat pada gambar 5. Fungsi dari dinding penghalang adalah untuk membedakan intensitas cahaya yang masuk. Apabila sumber cahaya berada ditengah tengah sensor, maka intensitas cahaya yang diterima akan sama besar.



Gambar 5 Sensor pendeteksi cahaya dilihat dari atas

Output dari sensor cahaya akan digunakan sebagai nilai referensi bagi kontroler untuk menggerakan arah dari generator termoelektrik agar terus menghadap matahari.

Posisi dari LDR dibagi menjadi dua bagian, yaitu bagian A, dan bagian B. Hal ini dikarenakan terdapat dua arah dari gerak generator yaitu sumbu X sebagai gerak horizontal dan sumbu Y sebagai gerak vertikal. Hubungan dari keempat sensor dengan servomotor dijelaskan dalam tabel 2.

Tabel 2 Hubungan ldr dan servo

Posisi LDR	***Output***
LDR atas	Servo vertikal
LDR bawah	Servo vertikal
LDR kanan	Servo horizontal
LDR kiri	Servo horizontal

Agar dapat menentukan posisi dari cahaya matahari maka masing-masing sensor digabungkan dengan konfigurasi seperti tabel 3.

Tabel 3 konfigurasi masing-masing sensor

LDR A	**LDR B**	**Arah**
Kanan atas	Kanan bawah	Kanan
Kiri atas	Kiri bawah	Kiri
Kanan atas	Kiri atas	Atas
Kanan bawah	Kiri bawah	bawah

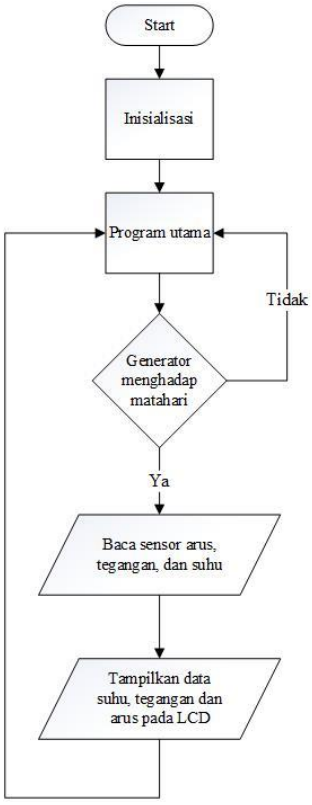
2.3 Perancangan *software*

Pada gambar 8 merupakan diagram alir dari pengontrol mekanik alat. Pengontrolan dilakukan secara *realtime* bergantung pada tolerensi yang diterima mikrokontroler. kontroler akan terus membandingkan nilai cahaya yang diterima agar terus sesuai dengan toleransi. Kontroler akan berhenti atau tidak bergerak apabila intensitas cahaya yang diterima keempat sensor kurang lebih sama besar. Program ini sudah dirancang agar mekanik dapat bekerja pada sudutt mana saja tanpa perlu mengubah-ubah arah dari alat.

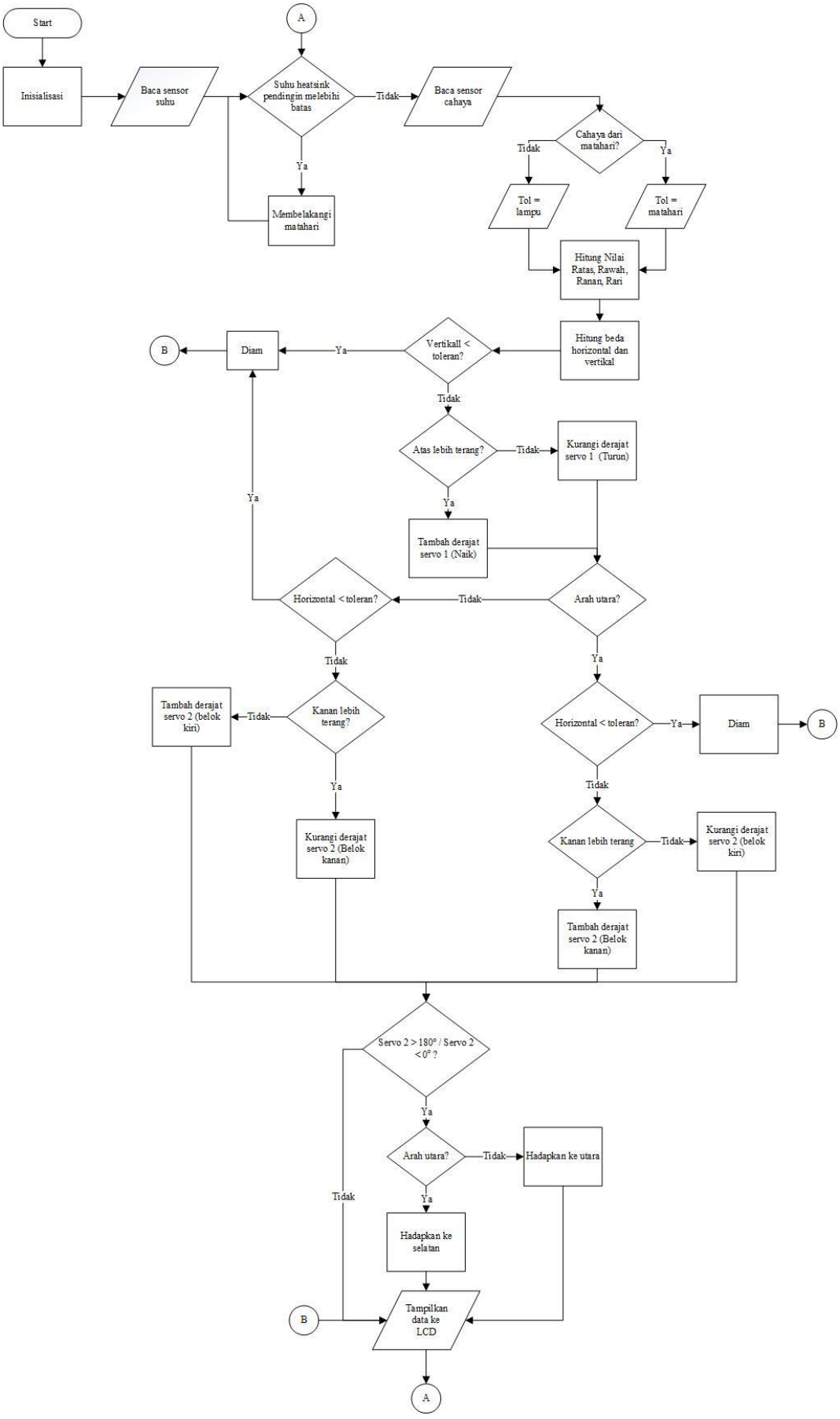
Definisi dari gambar 7 yaitu:

- Ratas = rata-rata intensitas cahaya atas
- Rawah = rata-rata intensitas cahaya bawah
- Ranan = rata-rata intensitas cahaya kanan
- Rari = rata-rata intensitas cahaya kiri
- Vertikal = koordinat sudut dari servo vertikal
- Horizontal = koordinat sudut dari servo horizontal
- Toleransi adalah nilai pembanding untuk sensor cahaya

Sedangkan pada gambar 6 adalah diagram alir dari tampilan dan proses pendingan suhu dari *heatsink*. Proses pendinginan dan informasi berupa sub program yang berbeda. Hal ini dilakukan agar proses pengontrolan dapat lebih mudah dibuat dan ditelusuri apabila terjadi kesalahan.



Gambar 6 diagram alir tampilan



Gambar 7 Diagram alir generator termoelektrik

3. HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA

Pertama pengujian modul termoelektrik TEC1-12706. Pengujian dilakukan dengan cara modul diapit oleh *heatsink* sebagai pendingin dan logam sebagai penerima panas, sedangkan panasnya bersumber dari setrika. Penggunaan setrika dikarenakan mudah untuk melakukan uji coba terhadap modul termoelektrik.
Pengukuran dilakukan terpisah antara tegangan dan arus. Keduanya diukur dengan rangkaian terbuka tanpa ada hambatan. Hasil pengujian tegangan terdapat pada tabel 4.

Tabel 4 hasil pengujian termoelektrik

Waktu (s)	Suhu Panas (ºC)	Suhu dingin (ºC)	Tegangan (V)
0	33,0	32,2	0,0424
6	33,0	32,2	0,0453
12	37,3	32,2	0,596
18	42,3	32,2	0,765
24	47,0	32,2	1,157
30	53,9	32,2	1,322
36	56,8	32,2	1,438
42	58,4	32,3	1,444
48	62,7	32,5	1,297
54	64,1	32,7	1,188
60	64,2	32,7	1,163

Kedua mengukur suhu yang difokuskan oleh lensa Fresnel dan kompor surya. Pengujian ini maksudnya adalah mengukur suhu yang dihasilkan hanya oleh lensa fresnel yang difokuskan pada plat tembaga warna hitam berukuran 9,5 x 12,5 Cm. Dan suhu yang diterima oleh kompor surya. Hasil pengujian terdapat pada tabel 5 dan 6.
Ketiga yaitu pengujian sensor cahaya. Pengujian ini dilakukan dengan cara memantau nilai ADC (*Analog Digital Converter*) menggunakan Arduino uno.

Tabel 5 Hasil pengukuran suhu lensa fresnel

No	Suhu (ºC)	Suhu pada titik fokus (ºC)
1	30,2	30,2
2	36,4	43,4
3	41,8	52,3
4	47,5	62,5
5	52,2	74,1
6	56,2	81,2
7	59,7	89,7
8	61,4	99,4
9	63,1	110,3
10	63,2	122,5

Tabel 6 hasil pengukuran suhu kompor surya

No	Suhu (ºC)
1	30,2
2	37,1
3	44,8
4	51,9
5	58,2
6	65,2
7	69,3
8	73,4
9	74,1
10	74,6

Ketiga pengujian sensor cahaya. Nilai ADC dari keempat sensor cahaya merupakan nilai yang akan digunakan kontroler untuk mengetahui bayangan matahari. Apabila sensor terkena bayangan maka nilai ADC nya rendah dan apabila terkena cahaya nilainya tinggi. Hasil pengujian nilai ADC sensor cahaya terdapat pada tabel 7.
Pengujian sensor cahaya terletak pada nilai ADC yang diterima oleh mikrokontroler. Arduino Uno memiliki resolusi ADC 10 bit, artinya nilai ADC maksimumnya adalah 1023. Mikrokontroler telah diprogram agar servo bergerak ketika nilai ADC sensor cahaya tidak lebih dari toleransi.

Tabel 7 hasil pengukuran intensitas cahaya

Waktu	LDR kanan atas	LDR kiri atas	LDR kanan bawah	LDR kiri bawah
11.30	1016	1017	1018	1017
12.00	1014	1015	1017	1014
12.30	1018	1019	1019	1017
13.00	1017	1019	1019	1017
13.30	1016	1018	1018	1017
14.00	1017	1018	1019	1017

Dari data ini dapat dihitung:
rata atas = (1017-1016) / 2 = 0,5
rata bawah = (1018-1017) / 2 = 0,5
rata kanan = (1016-1018) / 2 = 1
rata kiri = (1017-1017) / 2 = 0
toleransi = 2
Semua nilai rata-rata tidak lebih dari toleransi artinya keempat sensor cahaya memiliki nilai tegangan yang sama, dan berada di bawah sinar matahari.

Keempat pengujian pada servo dilakukan dengan dua cara, yaitu pengujian ketika bergerak tanpa beban dan bergerak dengan beban. Pengujian servo tanpa beban dilakukan dengan menggerakkan derajat servo kemudian dibandingkan dengan sudut yang dibaca oleh penggaris busur. Sedangkan untuk pengujian dengan beban dilakukan sama seperti pengujian tanpa beban, namun dengan mengangkat beban ketika bergerak. Hasil Pengujian terdapat pada tabel 8 dan tabel 9.

Tabel 8 Hasil Pengujian servo tanpa beban

Sudut Acuan (º)	Servo Vertikal (º)	Servo Horizontal (º)
0	0	0
10	2	4
20	9	15
30	13	27
40	24	39
50	33	50
60	42	60
70	53	69
80	63	81
90	73	91
100	80	101
110	90	111
120	97	120
130	103	130
140	114	143
150	123	152
160	131	162
170	141	174
180	151	183

Tabel 9 Hasil pengujian servo dengan beban

Sudut Acuan (º)	Servo Vertikal (º)	Servo Horizontal (º)
0	-	0
10	-	5
20	-	14
30	-	27
40	-	41
50	-	52
60	14	61
70	6	69
80	3	80
90	0	90
100	9	102
110	20	113
120	32	122
130	41	136
140	-	146
150	-	158
160	-	170
170	-	175
180	-	179

Konsumsi daya servo juga perlu dilakukan pengujian. Hasilnya terdapat pada tabel 10.

Tabel 10 Konsumsi daya servo

	Servo Vertikal	Servo Horizontal
Diam	Tegangan 4,9 V Arus 5,9mA	Tegangan 4,88V Arus 5,8mA
Gerak dengan beban	Tegangan 3,6 - 4,5V Arus 0 – 290 mA	Tegangan 3,3 – 3,5V Arus 100 – 260 mA
Gerak tanpa beban	Tegangan 4,2 – 4,5 V Arus 0 - 120 mA	Tegangan 3,5 – 3,7V Arus 100 - 200 mA

Terakhir adalah pengujian generator yang dilakukan dengan cara mengambil data pada saat generator bekerja. Generator dibiarkan bekerja secara otomatis pada siang hari kemudian menyerap panas dan mengonversinya menjadi tegangan. Data diambil dengan rangkaian tegangan dan arus terbuka tanpa ada beban. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 11 dan tabel 12.

Tabel 11 Data tegangan generator termoelektrik

NO	Suhu dingin (ºC)	Suhu panas (ºC)	Perbedaan suhu (ºC)	Tegangan (V)
1	40	69.75	29.75	1.56
2	41.31	65.25	23.94	1.86
3	41.63	65.25	23.62	1.88
4	41.75	65	23.25	1.91
5	42.38	66.25	23.87	1.98
6	42.5	66.25	23.75	2
7	42.75	66.5	23.75	2.03
8	43.13	67.75	24.62	2.05
9	43.19	67.75	24.56	2.03
10	44.25	68.5	24.25	1.91
11	44.56	68.75	24.19	1.93
12	44.63	68.25	23.62	1.96
13	44.75	69	24.25	1.98
14	44.94	68.75	23.81	1.98
15	45.06	68.75	23.69	2
16	45.13	69	23.87	1.54
17	45.25	69	23.75	1.47
18	45.69	64	18.31	0.54
19	45.75	63	17.25	0.49
20	45.75	62.25	16.5	0.42
MAX	**45.75**	**69.75**	**29.75**	**2.05**

Tabel 12 Data arus generator termoelektrik

No	Suhu dingin (oC)	Suhu panas (oC)	Perbedaan suhu (oC)	Arus (mA)
1	43.94	76.75	32.81	79.1
2	45.13	78.75	33.62	78.9

3	45.13	78.75	33.62	79.2
4	45.38	79.25	33.87	80.3
5	45.56	79.75	34.19	80.5
6	45.5	69.75	24.25	68.8
7	45.56	71.25	25.69	69
8	45.69	74.5	28.81	72.2
9	45.88	79.5	33.62	75.4
10	46	79.25	33.25	76.1
11	46.5	83.5	37	79.4
12	46.75	86	39.25	79
13	47.06	87.25	40.19	79.4
14	47.31	88.25	40.94	77.8
15	47.81	88.25	40.44	75.5
16	47.88	88.5	40.62	75.8
17	48.38	98.5	50.12	79.3
18	48.81	88.75	39.94	60.2
19	49.06	94.75	45.69	60.9
20	49.13	103.5	54.37	70
Max	**54.37**	**80.5**		

Dari data pada tabel 11 dan 12, ada tiga komponen yang memmengaruhi suhu yang diperoleh. Pertama, titik kolektor surya, semakin baik desain kolektor surya maka akan semakin panas suhunya. Kedua, material penerima panas. Dan ketiga adalah waktu pengambilan suhu tersebut.

Pada lensa fresnel semakin panjang jarak fokus lensa maka akan semakin banyak cahaya yang dikumpulkan, sehingga suhunya akan semakin panas.

Material penerima panas harus memiliki kondukvitas yang baik, atau tahanan jenis yang kecil. Penggunaan tembaga dikarenakan tembaga lebih baik daripada alumunium. Panjang dari material juga berpengaruh terhadap seberapa cepat kalor mengalir [4]. Apabila sinar difokuskan pada termbaga dengan ukuran kecil maka suhu akan sangat tinggi, namun dengan ukuran yang besar sulit untuk mendapatkan suhu yang maksimal karena terdapat perpindahan kalor. Hal ini mengakibatkan susahnya mendapatkan suhu yang tinggi.

Sedangkan waktu ketika suhu mencapai puncaknya adalah saat tengah hari yaitu sekitar jam 12-13.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Pembangkit listrik dengan prinsip termoelektrik menghasilkan tegangan sebesar 2,05V dan Arus 80,6mA dengan perbedaan suhu hingga 67,44^{o}C.
2. Pembangkit listrik ini memanfaatkan energi panas matahari yang dikumpulkan oleh kolektor surya dengan suhu panas yang diperoleh mencapai 117^{o}C.
3. Pencarian terhadap sinar matahari dapat dilakukan secara otomatis pada jam 10:00 hingga 14:00. Hal ini dipengaruhi oleh tenaga servo yang digunakan.

4.2 Saran

1. Dilakukan pengujian terhadap posisi matahari sebenarnya agar dapat diketahui keakuratan dari sistem tracker surya.
2. Dibutuhkan material penerima panas dan teknik konduksi yang lebih baik, sehingga pada saat penerimaan panas dapat meningkatkan panas yang diperoleh.

Daftar pustaka

[1] A. Sugiyono, A. M. S. Boedoyo and A. , OUTLOOK ENERGI INDONESIA 2014, Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2014.

[2] R. A. Koestoer, M. Adhitya, A. Roekettinno, B. Trianto and N. Putra, "Potensi Pembangkit Daya Termoelektrik untuk Kendaraan HIbrid," *MAKARA,* vol. 13, no. Teknologi, p. 2, 2009.

[3] S. Smith, "What Advantage and Diasanvantage of PVC Pipes," Ezine Articles, 12 Juli 2016. [Online]. Available: http://ezinearticles.com/expert/Sarah_Smith/2305048. [Accessed 5 April 2016].

[4] "Perpindahan kalor secara Konduksi," Gurumuda, [Online]. Available: https://gurumuda.net/perpindahan-kalor-secara-konduksi.htm. [Accessed Juni 2016].