

Pengaruh penambahan peralatan pendukung pada *solar cell* terhadap kinerja *solar cell*

Shandy Kurniadi¹, Rafil Arizona¹, Sehat Abdi Saragih¹

¹Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Riau
Jl. Kaharudin Nasution No.113, Pekanbaru 28284
Email korespondensi: rafilarizona@eng.uir.ac.id

Abstrak

Sel surya merupakan perangkat yang dapat mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Diketahui sel surya yang dominan digunakan saat ini memiliki kelemahan yaitu daya yang rendah, harga yang relatif mahal ditambah posisi dan sudut pemasangan yang konstan. Untuk itu perlu dilakukan suatu upaya agar kinerja sel surya dapat meningkat, upaya yang dilakukan adalah dengan menambah peralatan pendukung berupa solar tracker, reflektor, dan lensa fresnel pada sel surya. Kajian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh peralatan pendukung pada sel surya terhadap kinerja sel surya dan mendapatkan peralatan pendukung terbaik untuk membantu meningkatkan kinerja sel surya. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan 3 peralatan pendukung pada solar cell. Solar tracker adalah peralatan dan sistem yang dapat melacak sinar matahari terkuat, sedangkan reflektor dan lensa Fresnel berfungsi untuk meningkatkan intensitas sinar matahari melalui efek lensa. Hasil dan analisis uji kinerja yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin lengkap peralatan pendukung yang ditambahkan, maka semakin baik pula kinerja yang dihasilkan oleh sel surya. Performa sel surya terbaik diperoleh pada peralatan pendukung pada hari ke-5 yaitu perangkat V dengan menggunakan solar tracker yang dilengkapi dengan lensa fresnel dan reflektor (STFR).

Kata kunci: lensa fresnel, peralatan pendukung, reflektor, solar cell, solar tracker.

Abstract

The solar cell is a device that can convert sunlight into electrical energy. It is known that the dominant solar cell used today has weaknesses, namely low power, relatively expensive price plus a constant position and angle of installation. For this reason, it is necessary to make an effort so that the performance of the solar cell can increase, the effort made is to add supporting equipment in the form of a solar tracker, reflector, and Fresnel lens on the solar cell. This study aims to obtain the effect of the supporting equipment on the solar cell on the performance of the solar cell and obtain the best supporting equipment to help improve the performance of the solar cell. The test is done by varying the three-supporting equipment on the solar cell. The solar tracker is equipment and system that can track the strongest sunlight, while the reflector and Fresnel lens function to increase the intensity of sunlight through lens effects. The results of the performance test research and analysis that has been done, it shows that the more complete the supporting equipment added, the better the performance produced by the solar cell. The best solar cell performance was obtained on the supporting equipment on day 5, the V device, by using a solar tracker equipped with a Fresnel lens and reflector (STFR).

Keywords: fresnel lens, reflector, auxiliary equipment, solar cell, solar tracker.

1. Pendahuluan

Energi listrik yang bersumber dari cahaya matahari dapat dimanfaatkan dengan menggunakan efek *photovoltaic*, efek ini bekerja di dalam *solar cell* yang terdiri dari susunan semikonduktor agar dapat menghasilkan energi listrik [1]. Seperti yang telah diketahui *solar cell* yang dominan digunakan saat ini memiliki kelemahan yaitu daya yang kecil, harga yang relatif mahal ditambah posisi (sudut) pemasangan yang konstan, menurut [2] bahwa iradiasi solar bergantung pada sudut azimuth surya yang mendefinisikan tinggi matahari. Dengan sudut pemasangan yang konstan dapat mengakibatkan rendahnya iradiasi cahaya yang diterima oleh *solar cell* yang akan menurunkan kinerja *solar cell*. Untuk itu perlu dilakukan suatu upaya agar kinerja *solar cell* dapat meningkat. Upaya yang telah dilakukan salah

satunya adalah menggunakan reflektor surya [3]. Namun cara ini masih terdapat kekurangan yaitu apabila reflektor surya tidak terpasang secara optimal dan *photovoltaic* tidak tegak lurus terhadap sang surya maka akan mengakibatkan munculnya *partial shading* yang dapat menutup permukaan PV *module* secara horizontal, sehingga pada bagian PV *module* yang terbayangi arus akan terpotong dan kinerja *solar cell* akan menjadi *drop* [4].

Untuk mengatasi hal tersebut, solusi yang paling memungkinkan adalah dengan memaksimalkan intensitas cahaya matahari yang akan diserap PV *module* dengan menggunakan kombinasi peralatan pendukung seperti *solar tracking system single axis*, reflektor dan *fresnel lens concentrator*. Dengan menggunakan peralatan pendukung tersebut maka jumlah cahaya matahari yang jatuh ke PV *module*

akan terkonsentrasi dan PV *module* secara otomatis dapat mengikuti sudut azimuth matahari dengan tepat, sehingga penyerapan sinar matahari akan menjadi optimal dan cara ini akan membuat daya *output solar cell* meningkat. oleh sebab itu perlunya dilakukan kajian untuk mengetahui pengaruh penambahan *solar tracking system single axis* dengan kombinasi reflektor dan *fresnel lens concentrator* terhadap daya *output* yang dihasilkan *solar cell*.

2. Metode

Pada kajian ini digunakan 2 buah *solar cell polycrystallin* 10 WP, berbentuk persegi panjang, dengan ukuran yaitu panjang 36 cm dan lebar 26 cm, dengan ketebalan sebesar 5 cm, dengan spesifikasi tegangan kerja sebesar 19 volt, lalu 4 buah reflektor berupa cermin datar berukuran panjang 36 cm dan lebar 26 cm, tebal 2 mm, kemudian 2 buah lensa *fresnel* dengan panjang 18 cm, lebar 14 cm dengan ketebalan 1 mm serta sebuah motor *stepper* DC.



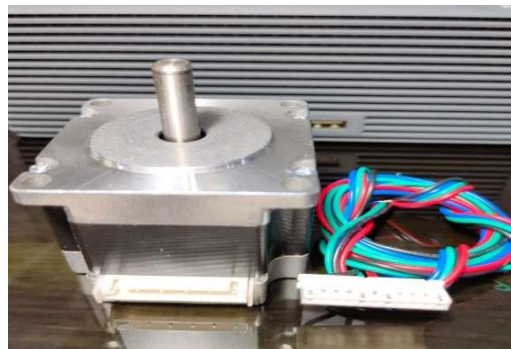
Gambar 1. Solar cell polycrystallin 10 WP.



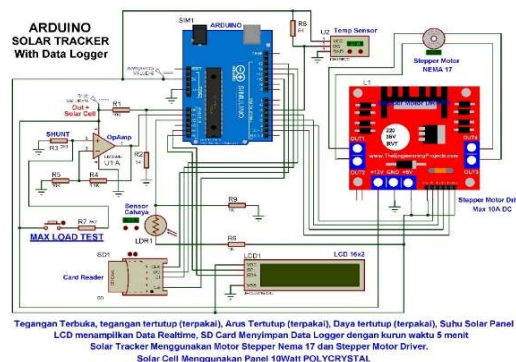
Gambar 2. Reflektor (cermin datar).



Gambar 3. Lensa fresnel.



Gambar 4. Motor stepper.



Gambar 5. Arduino nano solar tracking system single axis with data logger.

Metode yang digunakan dalam kajian ini yaitu terdiri dari beberapa tahapan, seperti: (a) menentukan jenis *solar cell* yang tepat, dengan tujuan agar *solar cell* yang digunakan dapat berfungsi dengan baik, serta dapat diaplikasikan pada sistem *solar tracker*; (b) menentukan jenis reflektor dan sudut pemasangan yang sesuai dengan sistem *solar tracker* dan *solar cell*, ini dilakukan agar reflektor dapat bekerja dengan baik dan efektif; (c) menentukan jenis lensa *fresnel* dan ketinggian pemasangannya pada sistem *solar tracker* maupun pada *solar cell*. Metode pengambilan data yang digunakan dalam melakukan analisis pengaruh penambahan peralatan pendukung pada *solar cell* terhadap kinerja *solar cell* dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini:

Adapun tahapan pengujian yang dilakukan pada kajian ini yakni pengujian hari ke-1, *solar cell* tanpa

menggunakan solar tracker, terdiri dari: (a) pengujian alat I, solar cell tanpa menggunakan lensa fresnel dan reflektor (SC); (b) pengujian alat II, solar cell dengan menggunakan reflektor (SCR). Pengujian hari ke-2, solar cell tanpa menggunakan solar tracker, terdiri dari: (a) pengujian alat II, solar cell dengan menggunakan reflektor (SCR); (b) pengujian alat III, solar cell dengan menggunakan lensa fresnel (SCF). Pengujian hari ke-3, solar cell tanpa menggunakan solar tracker, terdiri dari: (a) pengujian alat III, solar cell dengan menggunakan lensa fresnel (SCF); (b) pengujian alat IV, solar cell dengan menggunakan kombinasi reflektor dan lensa fresnel (SCRF). Pengujian hari ke-4, solar cell tanpa menggunakan solar tracker, terdiri dari: (a) pengujian alat IV, solar cell dengan menggunakan kombinasi reflektor dan lensa fresnel (SCRF); (b) pengujian alat V, solar tracker dengan menggunakan kombinasi reflektor dan lensa fresnel (STFR). Pengujian hari ke-5, solar cell tanpa menggunakan solar tracker dan dengan menggunakan solar tracker, terdiri dari: (a) pengujian alat V, solar tracker dengan menggunakan kombinasi reflektor dan lensa fresnel (STFR); (b) pengujian alat I, solar cell tanpa menggunakan reflektor dan lensa fresnel (SC).

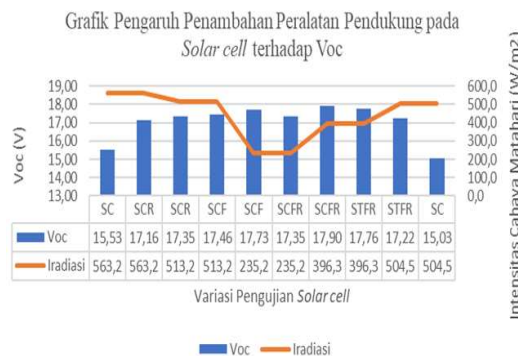
3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran arus dan tegangan solar cell dilakukan selama 5 hari, dimulai tiap jam mulai pukul 09.00-16.00 WIB. Teknik analisis data yang digunakan pada kajian kali ini yaitu menggunakan teknik analisis deskriptif, di mana teknik ini menggunakan hasil pengujian yang telah dilakukan sebagai landasan dalam mengambil suatu kesimpulan atau hasil dari sebuah pengambilan data. Data yang telah didapatkan, kemudian dianalisis menggunakan rumus terapan, selanjutnya hasil data yang telah di analisis dimasukkan ke dalam Microsoft Excel, untuk kemudian diubah dalam bentuk grafik hasil akhir kajian. Data keseluruhan hasil pengujian solar cell ditampilkan secara detail pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data hasil pengujian pengaruh penambahan peralatan pendukung terhadap Voc.

Hari	Alat	Variasi Peralatan Pendukung	Voc (V)	Iradiasi (W/m ²)
1	I	SC	15,53	563,2
	II	SCR	17,16	
2	II	SCR	17,35	513,2
	III	SCF	17,46	
3	III	SCF	17,73	235,2
	IV	SCFR	17,35	
4	IV	SCFR	17,90	396,3
	V	STFR	17,76	
5	V	STFR	17,72	504,5
	I	SC	15,03	

Pada Tabel 1, untuk parameter kinerja solar cell yaitu tegangan rangkaian terbuka (Voc) yang dihasilkan oleh solar cell mengalami perubahan yang cukup signifikan seiring dengan semakin lengkapnya peralatan pendukung yang ditambahkan. Intensitas cahaya matahari yang menurun tidak membuat parameter nilai Voc menurun pula, melainkan sebaliknya, semakin meningkat. Peningkatan nilai parameter Voc disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Grafik pengaruh penambahan peralatan pendukung pada solar cell terhadap Voc.

Dari Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa tegangan rangkaian terbuka (Voc) yang dihasilkan tiap masing-masing peralatan pendukung memiliki nilai yang berbeda-beda, terlihat bahwa peningkatan intensitas sinar matahari tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap Voc, melainkan dengan semakin lengkapnya penambahan peralatan pendukung, nilai Voc justru semakin meningkat. Itu dibuktikan dengan nilai tegangan rangkaian terbuka (Voc) tertinggi ada pada hari ke-4 pengujian alat ke IV yaitu solar cell yang dilengkapi dengan peralatan pendukung berupa lensa fresnel dan reflektor (SCFR), dengan nilai tegangan rangkaian terbuka (Voc) yang dihasilkan sebesar 17,90 volt. Hal ini dikarenakan lensa fresnel dan reflektor pada solar cell, bekerja dengan cara mengonsentrasikan sejumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh solar cell untuk menjadi lebih terpusat/terkonsentrasi sepenuhnya hanya pada solar cell serta dengan memanfaatkan reflektansi yang berdekatan terhadap permukaan solar cell [4], cahaya matahari yang menuju solar cell dengan sudut pemasangan yang telah ditetapkan berhasil bekerja dengan memantulkan cahaya yang sebelumnya tidak diterima oleh solar cell tepat menuju solar cell dan membuat cahaya matahari terkonsentrasi hanya pada hanya pada 1 objek, sehingga hal ini berdampak pada kenaikan Voc [1],[2].

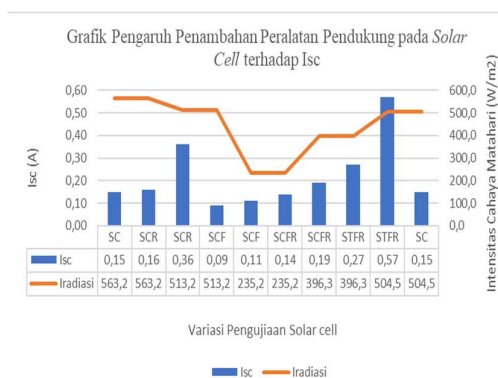
Kemudian untuk nilai Voc terendah ada pada pengujian hari ke-5 alat ke I dengan nilai Voc yang dihasilkan sebesar 15,03 volt. Hal ini disebabkan karena nilai parameter kinerja solar cell tanpa peralatan pendukung berupa Voc cenderung linear terhadap peningkatan dan penurunan intensitas sinar matahari [5], hanya saja pada intensitas sinar matahari

saat itu, nilai parameter V_{oc} menurun secara drastis, dan itu biasanya disebabkan karena tidak adanya peralatan pendukung yang ditambahkan untuk menekan laju kecepatan peningkatan suhu yang terjadi pada permukaan *solar cell*, karena nilai V_{oc} sangat dipengaruhi oleh suhu permukaan yang dihasilkan oleh *solar cell* [6].

Tabel 2. Pengaruh penambahan peralatan pendukung terhadap arus hubung singkat (I_{sc}).

Hari	Alat	Variasi Peralatan Pendukung	I_{sc} (A)	Iradiasi (W/m^2)
1	I	SC	0,15	563,2
	II	SCR	0,16	
2	II	SCR	0,36	513,2
	III	SCF	0,09	
3	III	SCF	0,11	235,2
	IV	SCFR	0,14	
4	IV	SCFR	0,19	396,3
	V	STFR	0,27	
5	V	STFR	0,57	504,5
	I	SC	0,15	

Pada Tabel 2, untuk parameter kinerja *solar cell* yaitu arus hubung singkat (I_{sc}) yang dihasilkan oleh *solar cell* mengalami perubahan yang cukup signifikan seiring dengan semakin lengkapnya peralatan pendukung yang ditambahkan. Intensitas cahaya matahari yang menurun, secara keseluruhan tidak membuat parameter nilai I_{sc} menurun pula, melainkan sebaliknya, semakin meningkat. Meskipun *solar cell* dengan peralatan pendukung berupa lensa *fresnel* masih belum mampu untuk meningkatkan nilai parameter I_{sc} dikarenakan pada saat pengujian intensitas sinar matahari mengalami penurunan yang cukup drastis, namun itu tidak membuat nilai parameter I_{sc} peralatan pendukung tersebut dapat dijadikan acuan untuk pengujian dengan peralatan pendukung lainnya, melainkan sebaliknya, penurunan intensitas sinar matahari di beberapa pengujian dengan peralatan pendukung yang berbeda membuat nilai I_{sc} cenderung mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan dan penurunan nilai parameter I_{sc} disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Grafik pengaruh penambahan peralatan pendukung pada solar cell terhadap arus hubung singkat (I_{sc}).

Dari Gambar 7 di atas menunjukkan bahwa nilai arus hubung singkat (I_{sc}) yang dihasilkan tiap masing-masing peralatan pendukung memiliki nilai yang berbeda-beda, terlihat bahwa peningkatan intensitas sinar matahari tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap I_{sc} , melainkan dengan semakin lengkapnya penambahan peralatan pendukung, nilai I_{sc} justru semakin meningkat. Itu dibuktikan dengan nilai arus hubung singkat (I_{sc}) tertinggi ada pada hari ke-5 pengujian alat ke V yaitu *solar cell* yang dilengkapi dengan peralatan pendukung berupa lensa *fresnel* dan reflektor (STFR), dengan nilai arus hubung singkat (I_{sc}) yang dihasilkan sebesar 0,57 A. Hal ini disebabkan karena I_{sc} berbanding lurus terhadap intensitas cahaya matahari, penambahan peralatan pendukung optik sangat berpengaruh terhadap nilai I_{sc} yang dihasilkan oleh *solar cell* [7]. Lensa *fresnel* dan reflektor yang dilengkapi dengan sistem pelacak matahari yaitu *solar tracker*, bekerja dengan cara membuat *solar cell* dapat secara otomatis melacak pergerakan terkuat dari cahaya matahari, *solar cell* akan selalu berhadapan dengan sumber cahaya matahari terkuat, sehingga cahaya matahari yang diterima jauh lebih maksimal dan optimal kemudian dengan tambahan lensa *fresnel* dan reflektor, sistem *solar tracker* mampu memaksimalkan sejumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *solar cell* untuk menjadi lebih terpusat/terkonsentrasi sepenuhnya hanya pada *solar cell* [8], serta dengan bantuan reflektor yang bekerja dengan cara memanfaatkan reflektansi berdekatan terhadap permukaan *solar cell*, cahaya matahari yang menuju *solar cell* dengan sudut pemasangan yang telah ditetapkan berhasil bekerja dengan memantulkan cahaya yang sebelumnya tidak diterima oleh *solar cell* tepat menuju *solar cell* dan membuat cahaya matahari terkonsentrasi hanya pada hanya pada 1 objek [9], dalam hal ini terdapat 3 kerja peralatan pendukung yang bekerja dengan sangat efektif sehingga hal ini berdampak pada kenaikan I_{sc} .

Sistem *solar tracker* membuat *solar cell* terhindar dari adanya efek bayangan (*shading effect*), yang biasanya cenderung menimpa *solar cell* dengan posisi

pemasangan konstan terhadap permukaan bumi [10], resiko yang akan dialami dengan pemasangan seperti itu mengakibatkan terpotongnya tegangan pada bagian *solar cell* yang tertutup bayangan, efek tersebut jika semakin lama terjadi maka akan berpengaruh kepada kinerja *solar cell* secara keseluruhan [1],[2]. Dengan adanya sistem ini maka efek tersebut dapat dihindarkan, sehingga menjadikan *solar cell* yang dilengkapi dengan sistem ini menjadi lebih ideal di bandingkan dengan seluruh peralatan pendukung yang digunakan.

Kemudian untuk nilai *Isc* terendah ada pada pengujian hari ke-2 alat ke III dengan nilai *Isc* yang dihasilkan sebesar 0,09 A. Hal ini disebabkan karena nilai parameter kinerja *solar cell* dengan peralatan pendukung lensa *fresnel* berupa *Isc* cenderung *linear* terhadap peningkatan dan penurunan intensitas sinar matahari [11], hanya saja pada intensitas sinar matahari saat itu, nilai parameter *Isc* menurun secara drastis, dan itu biasanya disebabkan oleh intensitas sinar matahari pada hari itu cukup rendah, lensa *fresnel* bekerja dengan cara mengonsentrasikan radiasi sinar matahari yang diterima oleh *solar cell*, yang menjadi masalah ialah ketika lensa *fresnel* menerima sinar matahari, sinar keluaran yang dihasilkan tidak semaksimal radiasi normal pada umumnya, akan ada pengurangan kualitas sinar keluaran, dikarenakan fungsi lensa *fresnel* bukan hanya membuat sinar keluaran lurus, sejajar dan terkonsentrasi, melainkan lensa ini bekerja dengan cara tidak membuat sinar terfokus pada satu titik sehingga ini dapat menekan laju kecepatan suhu pada *solar cell*, efeknya adalah kualitas sinar keluaran yang diterima oleh *solar cell* tidak maksimal dibandingkan radiasi sinar matahari normal pada umumnya [1]-[11], sehingga inilah yang menyebabkan pengujian *solar cell* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dengan nilai iradiasi sinar matahari sebesar 513,2 W/m² tetap mengalami penurunan, kemudian ditambah dengan pemasangan *solar cell* pada posisi yang tetap, membuat efek bayangan (*shading effect*)/*partial shading* pada bagian *solar cell* yang tertutup menjadi semakin lebih besar, apabila bayangan menutupi sebagian atau keseluruhan permukaan *solar cell*, maka ini akan menyebabkan tegangan maupun arus yang dihasilkan oleh *solar cell* menjadi *drop total*.

Tabel 3. Pengaruh penambahan peralatan pendukung terhadap daya maksimum (*Pmax*).

Hari	Alat	Variasi Peralatan Pendukung	<i>Pmax</i> (W)	Iradiasi (W/m ²)
1	I	SC	1,68	563,2
	II	SCR	2,18	
2	II	SCR	4,18	513,2
	III	SCF	0,83	
3	III	SCF	0,96	235,2
	IV	SCFR	1,48	
4	IV	SCFR	1,91	396,3
	V	STFR	3,43	
5	V	STFR	6,86	504,5
	I	SC	1,43	

Pada Tabel 3, untuk parameter kinerja *solar cell* yaitu daya maksimum (*Pmax*) yang dihasilkan oleh *solar cell* mengalami perubahan yang cukup signifikan seiring dengan semakin lengkapnya peralatan pendukung yang ditambahkan. Intensitas cahaya matahari yang menurun, secara keseluruhan tidak membuat parameter nilai *Pmax* menurun pula, melainkan sebaliknya, semakin meningkat. Meskipun *solar cell* dengan peralatan pendukung berupa lensa *fresnel* masih belum mampu untuk meningkatkan nilai parameter *Pmax* dikarenakan pada saat pengujian intensitas sinar matahari mengalami penurunan yang cukup drastis, namun itu tidak membuat nilai parameter *Pmax* peralatan pendukung tersebut dapat dijadikan acuan untuk pengujian dengan peralatan pendukung lainnya, melainkan sebaliknya, penurunan intensitas sinar matahari di beberapa pengujian dengan peralatan pendukung yang berbeda membuat nilai *Pmax* cenderung mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan dan penurunan nilai parameter *Pmax* disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Grafik pengaruh penambahan peralatan pendukung pada solar cell terhadap *Pmax*.

Dari Gambar 8 di atas menunjukkan bahwa nilai daya maksimum (P_{max}) yang dihasilkan tiap masing-masing peralatan pendukung memiliki nilai yang berbeda-beda, terlihat bahwa peningkatan intensitas sinar matahari tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap P_{max} , melainkan dengan semakin lengkapnya penambahan peralatan pendukung, nilai P_{max} justru semakin meningkat. Itu dibuktikan dengan nilai daya maksimum (P_{max}) tertinggi ada pada hari ke-5 pengujian alat ke V yaitu *solar cell* yang dilengkapi dengan peralatan pendukung berupa lensa *fresnel* dan reflektor (STFR), dengan daya maksimum (P_{max}) yang dihasilkan sebesar 6,86 W. Daya maksimum pada kajian ini dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus listrik DC dengan beban lampu LED sebesar 5 W, berdasarkan kurva karakteristik I-V pada *solar cell*, nilai parameter daya maksimum mengindikasikan besarnya daya puncak MPP (*Maximum Power Point*) yang dihasilkan oleh *solar cell* pada saat pengujian [12]. Tingginya nilai P_{max} pada hari ke-5 pengujian alat ke V yaitu STFR disebabkan karena *solar cell* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dan reflektor yang dilengkapi dengan sistem pelacak matahari yaitu *solar tracker*, bekerja dengan cara membuat *solar cell* secara otomatis melacak pergerakan terkuat dari cahaya matahari, *solar cell* akan selalu berhadapan dengan sumber cahaya matahari terkuat [10]-[12], sehingga cahaya matahari yang diterima jauh lebih maksimal dari pada tanpa menggunakan peralatan ini kemudian dengan tambahan lensa *fresnel* dan reflektor, sistem *solar tracker* mampu memaksimalkan sejumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *solar cell* untuk menjadi lebih terpusat/terkonsentrasi sepenuhnya hanya pada *solar cell* serta dengan memanfaatkan reflektansi yang berdekatan terhadap permukaan *solar cell* dan dengan fungsi lensa *fresnel*, suhu yang dihasilkan oleh *solar cell* tidak meningkat secara drastis, melainkan lensa *fresnel* dapat memberikan sinar keluaran yang lurus dan sejajar, kemudian dari pada itu lensa *fresnel* juga menekan laju peningkatan suhu pada *solar cell*, lalu dengan sudut pemasangan reflektor yang telah ditetapkan yaitu sebesar 90° terhadap bidang datar berhasil bekerja dengan memantulkan cahaya yang sebelumnya tidak diterima oleh *solar cell* tepat menuju *solar cell* dan membuat cahaya matahari terkonsentrasi hanya pada hanya pada 1 objek, dalam hal ini terdapat 3 kerja peralatan pendukung yang bekerja dengan sangat efektif sehingga hal ini berdampak pada kenaikan P_{max} .

Sistem *solar tracker* membuat *solar cell* terhindar dari adanya efek bayangan (*shading effect*), yang biasanya cenderung menimpa *solar cell* dengan posisi pemasangan konstan terhadap permukaan bumi, resiko yang akan dialami dengan pemasangan seperti itu mengakibatkan terpotongnya tegangan pada bagian *solar cell* yang tertutupi bayangan, efek tersebut jika semakin lama terjadi maka akan berpengaruh kepada kinerja *solar cell* secara keseluruhan [13]. Dengan adanya sistem ini maka

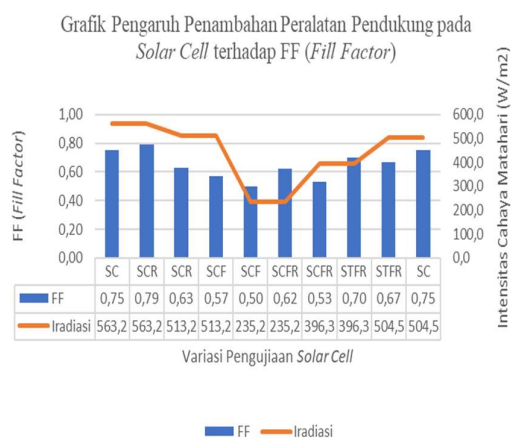
efek tersebut dapat dihindarkan, sehingga menjadikan *solar cell* yang dilengkapi dengan sistem ini menjadi lebih ideal dan memiliki nilai P_{max} yang lebih tinggi di bandingkan dengan seluruh peralatan pendukung lain yang digunakan.

Kemudian untuk nilai P_{max} terendah ada pada pengujian hari ke-2 alat ke III dengan nilai P_{max} yang dihasilkan sebesar 0,83 W. Hal ini disebabkan karena nilai parameter kinerja *solar cell* dengan peralatan pendukung lensa *fresnel* berupa P_{max} , di mana parameter ini merupakan hasil perkalian antara tegangan maksimum (V_{max}) dan arus maksimum (I_{max}), dimana kedua parameter ini adalah hasil keluaran dari beban berupa LED 5 W, kedua parameter ini cenderung *linear* terhadap peningkatan dan penurunan intensitas sinar matahari, hanya saja pada intensitas sinar matahari saat itu, nilai parameter menurun secara drastis, dan itu biasanya disebabkan oleh intensitas sinar matahari pada hari itu cukup rendah, lensa *fresnel* pada dasarnya bekerja dengan cara mengonsentrasikan radiasi sinar matahari yang diterima oleh *solar cell* [14], yang menjadi masalah ialah ketika lensa *fresnel* menerima sinar matahari, sinar keluaran yang dihasilkan tidak semaksimal radiasi normal pada umumnya, akan ada pengurangan kuantitas sinar keluaran, dikarenakan fungsi lensa *fresnel* bukan hanya membuat sinar keluaran lurus, sejajar dan terkonsentrasi, melainkan lensa ini bekerja dengan cara tidak membuat sinar terfokus pada satu titik, sehingga ini dapat menekan laju kecepatan suhu pada *solar cell*, efeknya adalah kualitas sinar keluaran yang diterima oleh *solar cell* tidak maksimal dibandingkan radiasi sinar matahari normal pada umumnya, sehingga inilah yang menyebabkan pengujian *solar cell* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dengan nilai iradiasi sinar matahari sebesar 513, 2 W/m² tetap mengalami penurunan, kemudian ditambah dengan pemasangan *solar cell* pada posisi yang tetap, membuat efek bayangan (*shading effect*)/*partial shading* pada bagian *solar cell* yang tertutupi menjadi semakin lebih besar, apabila bayangan menutupi sebagian atau keseluruhan permukaan *solar cell*, maka ini akan menyebabkan tegangan maupun arus yang dihasilkan oleh *solar cell* menjadi *drop* total.

Tabel 4. Data hasil pengujian pengaruh penambahan peralatan pendukung terhadap FF (Fill Factor).

Hari	Alat	Variasi Peralatan Pendukung	FF	Iradiasi (W/m^2)
1	I	SC	0,75	563,2
	II	SCR	0,79	
2	II	SCR	0,63	513,2
	III	SCF	0,57	
3	III	SCF	0,50	235,2
	IV	SCFR	0,62	
4	IV	SCFR	0,53	396,3
	V	STFR	0,70	
5	V	STFR	0,67	504,5
	I	SC	0,75	

Pada Tabel 4 untuk parameter kinerja *solar cell* yaitu *fill factor* (FF) yang dihasilkan oleh *solar cell*, mengalami perubahan yang cukup signifikan, peralatan pendukung berupa reflektor (SCR) yang ditambahkan mampu meningkatkan *fill factor* pada *solar cell*. Namun jika dilihat secara keseluruhan, intensitas cahaya matahari yang menurun membuat parameter nilai *fill factor* ikut menurun pula. Meskipun beberapa peralatan pendukung telah mampu bekerja dengan baik dan optimal, tetap saja *fill factor* yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan *solar cell* tanpa menggunakan peralatan pendukung. Peningkatan dan penurunan nilai parameter *fill factor* (FF) disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 9 di bawah ini.

**Gambar 9.** Grafik pengaruh penambahan peralatan pendukung pada solar cell terhadap fill factor (FF).

Dari Gambar 9 di atas menunjukkan bahwa *fill factor* (FF) yang dihasilkan tiap masing-masing peralatan pendukung memiliki nilai yang berbeda-beda, secara keseluruhan intensitas cahaya matahari yang menurun membuat parameter nilai *fill factor* ikut menurun pula. Meskipun beberapa peralatan pendukung telah

mampu bekerja dengan baik dan optimal, tetap saja *fill factor* yang dihasilkan mengalami penurunan dibandingkan dengan *solar cell* tanpa menggunakan peralatan pendukung. Peningkatan intensitas sinar matahari pada beberapa peralatan pendukung tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap FF, kecuali pada peralatan pendukung yang dilengkapi reflektor. Nilai FF tertinggi ada pada hari ke-1 pengujian alat ke II yaitu *solar cell* yang dilengkapi dengan peralatan pendukung berupa reflektor dengan nilai FF sebesar 0,79 yang termasuk dalam kategori *grade A* [15]. Hal ini disebabkan karena reflektor surya bekerja dengan cara memaksimalkan penyerapan cahaya pada *solar cell*, yaitu dengan memanfaatkan reflektansi yang berdekatan terhadap permukaan *solar cell*, cahaya matahari yang menuju *solar cell* dengan sudut pemasangan yang telah ditetapkan berhasil bekerja dengan memantulkan cahaya yang sebelumnya tidak diterima oleh *solar cell* tepat menuju *solar cell*, sehingga *solar cell* pada saat itu menerima cahaya matahari yang lebih banyak dari pada *solar cell* tanpa menggunakan peralatan pendukung, pengonsentrasian cahaya pada satu objek akan membuat fluks energi menjadi lebih besar, prinsip yang ditekankan adalah dengan semakin banyak cahaya matahari (foton) yang diterima *solar cell*, maka akan menyebabkan timbulnya beda potensial yang lebih besar pada *solar cell*, artinya hal itu akan menyebabkan semakin banyaknya elektron di dalam bahan semikonduktor (*silicon*) yang berikatan (ikatan kovalen) berpotensi untuk dapat terputus, dan mengalir menjadi energi listrik [16]. Hal itu menyebabkan foton yang mempunyai tingkat energi yang melebihi batas *threshold (band-gap)* 1eV, lebih banyak memutus ikatan valensi atom *silicon*, dan dengan itu akan semakin banyak elektron yang dilepaskan, yang sebelumnya berada di pita valensi menuju pita konduksi. Dengan memanfaatkan cara tersebut, terbukti berpengaruh terhadap nilai parameter FF yang dihasilkan.

Kemudian untuk nilai FF terendah ada pada pengujian hari pada hari ke-3, pengujian ke III dengan nilai FF sebesar 0,50 yang termasuk ke dalam kategori *grade B*. Hal ini disebabkan karena nilai parameter kinerja *solar cell* dengan peralatan pendukung lensa *fresnel* berupa FF, di mana parameter ini merupakan hasil perkalian dan pembagian antara tegangan rangkaian terbuka (*Voc*) arus hubung singkat (*Isc*) dan daya maksimum (*Pmax*), di mana ketiga parameter ini adalah hasil keluaran dari beban berupa LED 5 volt, kedua parameter ini cenderung *linear* terhadap peningkatan dan penurunan intensitas sinar matahari, hanya saja pada intensitas sinar matahari saat itu, nilai parameter menurun secara drastis, dan itu biasanya disebabkan oleh intensitas sinar matahari pada hari itu cukup rendah, lensa *fresnel* pada dasarnya bekerja dengan cara mengonsentrasikan radiasi sinar matahari yang diterima oleh *solar cell*, yang menjadi masalah ialah ketika lensa *fresnel* menerima sinar matahari, sinar keluaran yang dihasilkan tidak

semaksimal radiasi normal pada umumnya, akan ada pengurangan kuantitas sinar keluaran, dikarenakan fungsi lensa *fresnel* bukan hanya membuat sinar keluaran lurus, sejajar dan terkonsentrasi, melainkan lensa ini bekerja dengan cara tidak membuat sinar terfokus pada satu titik, sehingga ini dapat menekan laju kecepatan suhu pada *solar cell*, efeknya adalah kualitas sinar keluaran yang diterima oleh *solar cell* tidak maksimal dibandingkan radiasi sinar matahari normal pada umumnya, sehingga inilah yang menyebabkan pengujian *solar cell* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dengan nilai iradiasi sinar matahari sebesar 513, 2 W/m² tetap mengalami penurunan, kemudian ditambah dengan pemasangan *solar cell* pada posisi yang tetap, membuat efek bayangan (*shading effect*)/*partial shading* pada bagian *solar cell* yang tertutupi menjadi semakin lebih besar, apabila bayangan menutupi sebagian atau keseluruhan permukaan *solar cell*, artinya hal itu akan menyebabkan semakin sulit elektron di dalam bahan semikonduktor (*silicon*) yang berikatan (ikatan kovalen) berpotensi untuk dapat terputus, dan mengalir menjadi energi listrik [16]. Hal itu menyebabkan foton yang mempunyai tingkat energi yang melebihi batas *threshold (band-gap)* 1eV, terhambat dalam memutus ikatan valensi atom *silicon*, dan dengan itu akan menyebabkan berkurangnya elektron yang dilepaskan yang sebelumnya berada di pita valensi menuju pita konduksi, maka ini akan menyebabkan tegangan maupun arus yang dihasilkan oleh *solar cell* menjadi *drop total* sehingga penurunan demi penurunan ini akan membuat nilai *grade* untuk menentukan rentang FF pada SCF menjadi berkurang [17].

Tabel 5. Data hasil pengujian pengaruh penambahan peralatan pendukung terhadap daya keluaran (*Pout*).

Hari	Alat	Variasi Peralatan Pendukung	Pout (W)	Iradiasi (W/m ²)
1	I	SC	1,68	563,2
	II	SCR	2,18	
2	II	SCR	4,19	513,2
	III	SCF	0,83	
3	III	SCF	0,96	235,2
	IV	SCFR	1,48	
4	IV	SCFR	1,91	396,3
	V	STFR	3,43	
5	V	STFR	6,86	504,5
	I	SC	1,43	

Pada Tabel 5, untuk parameter kinerja *solar cell* yaitu daya keluaran (*Pout*) yang dihasilkan oleh *solar cell* mengalami perubahan yang cukup signifikan seiring dengan semakin variatifnya peralatan pendukung yang ditambahkan. Intensitas cahaya matahari yang

menurun, secara keseluruhan tidak membuat parameter nilai *Pout* menurun pula, melainkan sebaliknya, semakin meningkat. Meskipun *solar cell* dengan peralatan pendukung berupa lensa *fresnel* masih belum mampu untuk meningkatkan nilai parameter *Pout* dikarenakan pada saat pengujian intensitas sinar matahari mengalami penurunan yang cukup drastis, namun itu tidak membuat nilai parameter *Pout* peralatan pendukung tersebut dapat dijadikan acuan untuk pengujian dengan peralatan pendukung lainnya, melainkan sebaliknya, penurunan intensitas sinar matahari di beberapa pengujian dengan peralatan pendukung yang berbeda membuat nilai *Pout* cenderung mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan dan penurunan nilai parameter *Pout* disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Grafik pengaruh penambahan peralatan pendukung pada solar cell terhadap daya keluaran (*Pout*).

Dari Gambar 10 di atas menunjukkan bahwa nilai daya keluaran (*Pout*) yang dihasilkan tiap masing-masing peralatan pendukung memiliki nilai yang berbeda-beda, terlihat bahwa peningkatan intensitas sinar matahari tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap *Pout*, melainkan dengan semakin lengkapnya penambahan peralatan pendukung, nilai *Pout* justru semakin meningkat. Itu dibuktikan dengan nilai daya keluaran (*Pout*) tertinggi ada pada hari ke-5 pengujian alat ke V yaitu *solar tracker* yang dilengkapi dengan peralatan pendukung berupa lensa *fresnel* dan reflektor (STFR), dengan daya keluaran (*Pout*) yang dihasilkan sebesar 6,86 W. Daya keluaran pada kajian ini dihasilkan dari perkalian tegangan rangkaian terbuka (*Voc*), arus hubung singkat (*Isc*) dan nilai *Fill Factor* (FF) dengan beban lampu LED sebesar 5 W, berdasarkan kurva karakteristik I-V pada *solar cell*, nilai parameter daya keluaran mengindikasikan besarnya daya keluaran DC yang dihasilkan oleh *solar cell* untuk menghidupkan lampu LED pada saat pengujian. Tingginya nilai *Pout* pada hari ke-5 pengujian alat ke V yaitu STFR disebabkan karena *solar cell* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dan reflektor yang dilengkapi dengan sistem

pelacak matahari yaitu *solar tracker*, bekerja dengan cara membuat *solar cell* secara otomatis melacak pergerakan terkuat dari cahaya matahari, *solar cell* akan selalu berhadapan dengan sumber cahaya matahari terkuat, sehingga cahaya matahari yang di terima jauh lebih maksimal dari pada tanpa menggunakan peralatan ini, kemudian dengan tambahan lensa *fresnel* dan reflektor, sistem *solar tracker* mampu memaksimalkan sejumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh solar cell untuk menjadi lebih terpusat/terkonsentrasi sepenuhnya hanya pada *solar cell* serta dengan memanfaatkan reflektansi yang berdekatan terhadap permukaan *solar cell* dan dengan fungsi lensa *fresnel* suhu yang dihasilkan oleh *solar cell* tidak meningkat secara drastis, melainkan lensa *fresnel* dapat memberikan sinar keluaran yang lurus dan sejajar, kemudian dari pada itu lensa *fresnel* juga menekan laju peningkatan suhu pada *solar cell*, lalu dengan sudut pemasangan reflektor yang telah ditetapkan yaitu sebesar 90° terhadap bidang datar berhasil bekerja dengan memantulkan cahaya yang sebelumnya tidak diterima oleh *solar cell* tepat menuju *solar cell* dan membuat cahaya matahari terkonsentrasi hanya pada hanya pada 1 objek, dalam hal ini terdapat 3 kerja peralatan pendukung yang bekerja dengan sangat efektif sehingga hal ini berdampak pada kenaikan P_{max} .

Sistem *solar tracker* membuat *solar cell* terhindar dari adanya efek bayangan (*shading effect*), yang biasanya cenderung menimpa *solar cell* dengan posisi pemasangan konstan terhadap permukaan bumi, risiko yang akan dialami dengan pemasangan seperti itu mengakibatkan terpotongnya tegangan pada bagian *solar cell* yang tertutupi bayangan, efek tersebut jika semakin lama terjadi maka akan berpengaruh kepada kinerja *solar cell* secara keseluruhan, dengan adanya sistem ini maka efek tersebut dapat dihindarkan, sehingga menjadikan *solar cell* yang dilengkapi dengan sistem ini menjadi lebih ideal dan memiliki nilai P_{out} yang lebih tinggi dibandingkan dengan seluruh peralatan pendukung lain yang digunakan. Nilai daya keluaran yang sama dengan nilai daya maksimum mengindikasikan bahwa *solar cell* dengan peralatan pendukung berupa sistem *tracking*, lensa *fresnel* dan reflektor telah berfungsi dengan sangat baik, tanpa adanya rugi-rugi daya pada saat listrik DC yang dibangkitkan menuju lampu LED.

Kemudian untuk nilai P_{out} terendah ada pada pengujian hari ke-2 alat ke III dengan nilai P_{out} yang dihasilkan sebesar 0,83 W. Hal ini disebabkan karena nilai parameter kinerja *solar cell* dengan peralatan pendukung lensa *fresnel* berupa P_{out} , di mana parameter ini merupakan hasil perkalian antara tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) arus hubung singkat (I_{sc}), dan *Fill Factor* (FF) di mana kedua parameter ini adalah hasil keluaran dari beban berupa LED 5 V, kedua parameter ini cenderung *linear* terhadap peningkatan dan penurunan intensitas sinar

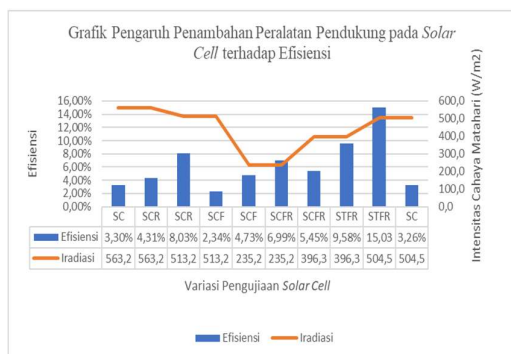
matahari, hanya saja pada intensitas sinar matahari saat itu, nilai parameter menurun secara drastis, dan itu biasanya disebabkan oleh intensitas sinar matahari pada hari itu cukup rendah, lensa *fresnel* pada dasarnya bekerja dengan cara mengonsentrasikan radiasi sinar matahari yang diterima oleh *solar cell*, yang menjadi masalah ialah ketika lensa *fresnel* menerima sinar matahari, sinar keluaran yang dihasilkan tidak semaksimal radiasi normal pada umumnya, akan ada pengurangan kuantitas sinar keluaran, dikarenakan fungsi lensa *fresnel* bukan hanya membuat sinar keluaran lurus, sejajar dan terkonsentrasi, melainkan lensa ini bekerja dengan cara tidak membuat sinar terfokus pada satu titik sehingga ini dapat menekan laju kecepatan suhu pada *solar cell*, efeknya adalah kualitas sinar keluaran yang diterima oleh *solar cell* tidak maksimal dibandingkan radiasi sinar matahari normal pada umumnya, sehingga inilah yang menyebabkan pengujian *solar cell* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dengan nilai iradiasi sinar matahari sebesar $513,2 \text{ W/m}^2$ tetap mengalami penurunan, kemudian ditambah dengan pemasangan *solar cell* pada posisi yang tetap, membuat efek bayangan (*shading effect*)/*partial shading* pada bagian *solar cell* yang tertutupi menjadi semakin lebih besar, apabila bayangan menutupi sebagian atau keseluruhan permukaan *solar cell*, maka ini akan menyebabkan tegangan maupun arus yang dihasilkan oleh *solar cell* untuk menuju lampu LED menjadi *drop* total.

Tabel 6. Data hasil pengujian pengaruh penambahan peralatan pendukung terhadap efisiensi (η).

Hari	Alat	Variasi Peralatan Pendukung	Efisiensi (η)	Iradiasi (W/m^2)
1	I	SC	3,30%	563,2
	II	SCR	4,31%	
2	II	SCR	8,03%	513,2
	III	SCF	2,34%	
3	III	SCF	4,73%	235,2
	IV	SCFR	6,99%	
4	IV	SCFR	5,45%	396,3
	V	STFR	9,58%	
5	V	STFR	15,03%	504,5
	I	SC	3,26%	

Pada Tabel 6, untuk parameter kinerja *solar cell* yaitu efisiensi (η) yang dihasilkan oleh *solar cell* mengalami perubahan yang cukup signifikan seiring dengan semakin variatifnya peralatan pendukung yang ditambahkan. Intensitas cahaya matahari yang menurun, secara keseluruhan tidak membuat parameter nilai efisiensi menurun pula, melainkan sebaliknya, semakin meningkat. Meskipun *solar cell* dengan peralatan pendukung berupa lensa *fresnel*

masih belum mampu untuk meningkatkan nilai parameter efisiensi dikarenakan pada saat pengujian intensitas sinar matahari mengalami penurunan yang cukup drastis, namun itu tidak membuat nilai parameter efisiensi peralatan pendukung tersebut dapat dijadikan acuan untuk pengujian dengan peralatan pendukung lainnya, melainkan sebaliknya, penurunan intensitas sinar matahari di beberapa pengujian dengan peralatan pendukung yang berbeda membuat nilai efisiensi cenderung mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan dan penurunan nilai parameter efisiensi pada *solar cell* disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 11 di bawah ini.



Gambar 11. Grafik pengaruh penambahan peralatan pendukung pada solar cell terhadap efisiensi.

Dari Gambar 11 di atas menunjukkan bahwa nilai daya efisiensi (η) yang dihasilkan tiap masing-masing peralatan pendukung memiliki nilai yang berbeda-beda, terlihat bahwa peningkatan intensitas sinar matahari tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap efisiensi, melainkan dengan semakin lengkapnya penambahan peralatan pendukung, nilai efisiensi justru semakin meningkat. Itu dibuktikan dengan nilai efisiensi (η) tertinggi ada pada hari ke-5 pengujian alat ke V yaitu *solar tracker* yang dilengkapi dengan peralatan pendukung berupa lensa *fresnel* dan reflektor (STFR), dengan nilai efisiensi (η) yang dihasilkan sebesar 6,86 W. Efisiensi pada kajian ini dihasilkan dari pembagian antara daya masuk pada *solar cell* dan daya keluaran yang dihasilkan oleh *solar cell* kemudian dikali dengan 100, dengan beban lampu LED sebesar 5 W. Tingginya nilai *Pout* pada hari ke-5 pengujian alat ke V yaitu STFR disebabkan karena *solar cell* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dan reflektor yang dilengkapi dengan sistem pelacak matahari yaitu *solar tracker*, bekerja dengan cara membuat *solar cell* secara otomatis melacak pergerakan terkuat dari cahaya matahari, *solar cell* akan selalu berhadapan dengan sumber cahaya matahari terkuat, sehingga cahaya matahari yang diterima jauh lebih maksimal dari pada tanpa menggunakan peralatan ini kemudian dengan tambahan lensa *fresnel* dan reflektor, sistem *solar tracker* mampu memaksimalkan sejumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh *solar cell* untuk menjadi lebih terpusat/terkonsentrasi sepenuhnya

hanya pada *solar cell* serta dengan memanfaatkan reflektansi yang berdekatan terhadap permukaan *solar cell* dan dengan fungsi lensa *fresnel* suhu yang dihasilkan oleh *solar cell* tidak meningkat secara drastis, melainkan lensa *fresnel* dapat memberikan sinar keluaran yang lurus dan sejajar, kemudian dari pada itu lensa *fresnel* juga menekan laju peningkatan suhu pada *solar cell*, lalu dengan sudut pemasangan reflektor yang telah ditetapkan yaitu sebesar 90° terhadap bidang datar berhasil bekerja dengan memantulkan cahaya yang sebelumnya tidak diterima oleh *solar cell* tepat menuju *solar cell* dan membuat cahaya matahari terkonsentrasi hanya pada hanya pada 1 objek, dalam hal ini terdapat 3 kerja peralatan pendukung yang bekerja dengan sangat efektif, sehingga hal ini berdampak pada kenaikan efisiensi.

Sistem *solar tracker* membuat *solar cell* terhindar dari adanya efek bayangan (*shading effect*), yang biasanya cenderung menimpa *solar cell* dengan posisi pemasangan konstan terhadap permukaan bumi, risiko yang akan dialami dengan pemasangan seperti itu mengakibatkan terpotongnya tegangan pada bagian *solar cell* yang tertutupi bayangan, efek tersebut jika semakin lama terjadi maka akan berpengaruh kepada kinerja *solar cell* secara keseluruhan. Dengan adanya sistem ini maka efek tersebut dapat dihindarkan, sehingga menjadikan *solar cell* yang dilengkapi dengan sistem ini menjadi lebih ideal dan memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan seluruh peralatan pendukung lain yang digunakan.

Kemudian untuk nilai efisiensi terendah ada pada pengujian hari ke-2 alat ke III dengan nilai efisiensi yang dihasilkan sebesar 2,34%. Hal ini disebabkan karena nilai parameter kinerja *solar cell* dengan peralatan pendukung lensa *fresnel* berupa *Pout*, di mana parameter ini merupakan hasil pembagian antara daya masuk pada *solar cell* dan daya keluaran yang dihasilkan oleh *solar cell* kemudian dikali dengan 100, dengan beban lampu LED sebesar 5 W, di mana kedua parameter ini adalah hasil keluaran dari beban berupa LED 5 W, kedua parameter ini cenderung *linear* terhadap peningkatan dan penurunan intensitas sinar matahari, hanya saja pada intensitas sinar matahari saat itu, nilai parameter menurun secara drastis, dan itu biasanya disebabkan oleh intensitas sinar matahari pada hari itu cukup rendah, lensa *fresnel* pada dasarnya bekerja dengan cara mengkonsentrasikan radiasi sinar matahari yang diterima oleh *solar cell*, yang menjadi masalah ialah ketika lensa *fresnel* menerima sinar matahari, sinar keluaran yang dihasilkan tidak semaksimal radiasi normal pada umumnya, akan ada pengurangan kuantitas sinar keluaran, dikarenakan fungsi lensa *fresnel* bukan hanya membuat sinar keluaran lurus, sejajar dan terkonsentrasi, melainkan lensa ini bekerja dengan cara tidak membuat sinar terfokus pada satu titik sehingga ini dapat menekan laju kecepatan suhu pada *solar cell*, efeknya adalah kualitas sinar keluaran

yang diterima oleh *solar cell* tidak maksimal dibandingkan radiasi sinar matahari normal pada umumnya, sehingga inilah yang menyebabkan pengujian *solar cell* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dengan nilai iradiasi sinar matahari sebesar $513,2 \text{ W/m}^2$ tetap mengalami penurunan, kemudian ditambah dengan pemasangan *solar cell* pada posisi yang tetap, membuat efek bayangan (*shading effect*)/*partial shading* pada bagian *solar cell* yang tertutupi menjadi semakin lebih besar, apabila bayangan menutupi sebagian atau keseluruhan permukaan *solar cell*, maka ini akan menyebabkan tegangan maupun arus yang dihasilkan oleh *solar cell* untuk menuju lampu LED menjadi *drop* total, sehingga menyebabkan efisiensi yang dihasilkan jauh berkurang.

4. Kesimpulan

Uji kinerja *solar cell* dan analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa ada pengaruh penambahan peralatan pendukung pada *solar cell* terhadap kinerja *solar cell*, di mana semakin lengkap peralatan pendukung yang ditambahkan, maka kinerja *solar cell* cenderung menjadi semakin lebih baik dari pada tanpa menggunakan peralatan pendukung. Hal ini dapat dilihat dari nilai-nilai parameter kinerja dari *solar cell*, yang nilainya bervariasi tergantung dari intensitas matahari dan peralatan pendukung yang ditambahkan. Kinerja *solar cell* yang paling baik diperoleh pada peralatan pendukung di hari ke-5, alat ke V, dengan nilai efisiensi (η) sebesar 15,03%, nilai arus hubung singkat (I_{sc}) sebesar 0,57 A, nilai daya maksimum (P_{max}) sebesar 6,86 W, nilai daya keluaran (P_{out}) sebesar 6,86 W, nilai *fill factor* (FF) sebesar 0,67, nilai tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}) sebesar 17,72 V dengan menggunakan *solar tracker* yang dilengkapi dengan lensa *fresnel* dan reflektor cermin datar (STFR).

Analisis pengaruh penambahan peralatan pendukung pada *solar cell* terhadap *solar cell* ini perlu dikembangkan lagi. Seperti pengujian dengan beberapa variasi peralatan pendukung yang lain. Selain itu pengujian yang dilakukan dengan menambahkan metode pendinginan pada *solar cell* sangat penting untuk dilakukan, karena kinerja *solar cell* secara keseluruhan akan sangat bergantung pada suhu yang dihasilkan oleh permukaan *solar cell*, metode pendinginan sangat diperlukan apabila intensitas pada *solar cell* ditingkatkan. Kendala yang terjadi dalam kajian ini adalah kurang baiknya kualitas bahan pembentuk dari salah satu peralatan pendukung yaitu lensa *fresnel* dan pemasangan lensa *fresnel* yang masih kurang optimal.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih disampaikan kepada LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat) Universitas Islam Riau yang telah mendanai keberlangsungan kajian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Yani, A. (2016). Pengaruh Penambahan Alat Pencari Arah Sinar Matahari dan Lensa Cembung Terhadap Daya Ouput Solar cell. *TURBO*, 5(2), 82–87.
- [2] Radhika, & S.K.Suman. (2015). Effect of Tilt angle and Azimuth angle on Solar Output and Optimum Tilt and Azimuth angle for Chandigarh , India. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Intrumentation Engineering*, 4(6), 5104–5110.
- [3] Muchammad., & Setiawan, H. (2011). Peningkatan Efisiensi Modul Surya 50 WP Dengan Penambahan Reflektor. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 2, 45–50.
- [4] Nugroho, Rismanto, A., Facta, M., & Yuning. (2014). Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflector). *Transient*, 3(3), 408–414.
- [5] Anoi, Y. H., Yani, A., & Yunanri, W. (2019). Analisis sudut panel solar cell terhadap daya output dan efisiensi yang dihasilkan. *TURBO*, 8(2), 177-182.
- [6] Margana. (2019). Solar Tracking Dual-Axis Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Lensa Fresnel Guna Meningkatkan Efisiensi Pengfokusan Cahaya Matahari. *Eksergi*, 15(2), 77–80.
- [7] Muchammad, & Elfita, Y. (2010). Pengaruh Suhu Permukaan Photovoltaic Module 50 Watt Peak Terhadap Daya Keluaran yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor Dengan Variasi Sudut Reflektor 0,50,60,70,80. *ROTASI*, 12(4), 14–18.
- [8] Sutaya, I. W., & Ariawan, K. U. (2016). Solar Tracker Cerdas dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 BIT ATmega8535. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 5(1), 673–682.
- [9] Ilyas, S., & Kasim, I. (2017). Peningkatan Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Reflektor Parabola. *JETri*, 14(2), 67–80.
- [10] Salem A, F. (2018). Mechatronics Design of Solar Tracking System. *International Journal of Engineering and Technology*, 10(2), 391–406. <https://doi.org/10.21817/ijet/2018/v10i2/181002023>.

- [11] Jwo, W.-S., Tong, C.-C., & Chao, C.-J. (2010). Firmware implementation of an adaptive solar cell maximum power point tracking based on PSoC. In *Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference*. <https://doi.org/10.1109/PVSC.2010.5616803>
- [12] Karina, A., & Satwiko, S. (2015). Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXV Jateng & DIY, 1*, 163–166.
- [13] Njok, A. O., Kamgba, F. A., Panjwani, M. K., & Mangi, F. H. (2020). The influence of solar power and solar flux on the efficiency of polycrystalline photovoltaics installed close to a river. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, 17*(2), 988–996.
- [14] Subandi. (2016). Optimasi Performa Solar cell Menggunakan Fresnel Lens Konsentrator. *Prosiding SNST Ke-8, 1*(1), 34–39.
- [15] Deceased, J. A. D., & Beckman, W. A. (2013). *Solar Engineering of Thermal Processes*. Wiley.
- [16] Abdelhalim, Z., Ahmed, S., Marwa, S (2018). *Solar cells and Arrays, Principles, Analysis, and Design*. United States: Elsevier book.
- [17] Yogi, G, D., (2015). *Principle of Solar Engineering*. Boca Raton (US): CRC Press.