

Analisis Pengaruh Kecepatan Putaran *Spin Coating* dengan Bahan *Perovskite* Kalsium Silikat Terhadap Kinerja *Perovskite Solar Cell*

Eka Maulana¹, Nurussa'adah², Mochamad Andhika Prakasa³

^{1, 2, 3} Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, Indonesia
Email: ekamaulana@ub.ac.id, rossa@ub.ac.id, andhika.prakasa@yahoo.co.id

Abstract—One of the reasons why the use of electrical energy continues to increase every year is the use of inefficient electrical energy, especially in the household sector. One solution to this problem is the use of solar cells, especially Indonesia is a tropical country that gets continuous sunlight throughout the year. *Perovskite Solar Cell* is a new breakthrough as an alternative for making solar panels. The material used as a material is *perovskite*, where the efficiency of solar panels using this material has increased. In this study, the *perovskite* material used was CaSiO_3 with variations in spin coating rotation speed of 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, and 1000 rpm. In testing, the Cree E17 XM-L T6 LED Torch flashlight was used as a light source because it can produce light up to 8000 lumens. Based on the test results, the highest average voltage and current can be obtained by samples with a variation of rotation speed of 1000 rpm, 240.05 mV and 2.1394 μA .

Index Terms—*Perovskite Solar Cell (PSC)*, Calcium Carbonat (CaCO_3), Silicon Dioxide (SiO_2), Calcium Silicate (CaSiO_3).

Abstrak—Salah satu penyebab penggunaan energi listrik terus mengalami peningkatan setiap tahunnya yaitu penggunaan energi listrik yang tidak efisien, khususnya pada sektor rumah tangga. Salah satu solusi dari masalah tersebut adalah pemanfaatan sel surya, terutama Indonesia adalah negara beriklim tropis yang mendapatkan sinar matahari terus menerus sepanjang tahun. *Perovskite Solar Cell* merupakan terobosan baru sebagai alternatif pembuatan panel surya. Material yang digunakan sebagai bahan yaitu *perovskite*, dimana efisiensi panel surya dengan menggunakan material ini mengalami peningkatan. Pada penelitian ini, bahan *perovskite* yang digunakan adalah CaSiO_3 dengan variasi kecepatan putaran spin coating 600 rpm, 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, dan 1000 rpm. Dalam pengujianya, lampu senter LED Torch Cree E17 XM-L T6 berfungsi sebagai sumber cahaya, karena dapat menghasilkan cahaya hingga 8000 lumen. Berdasarkan hasil pengujian, tegangan dan arus rata-rata dengan variasi kecepatan putaran 1000 rpm yaitu 240,05 mV dan 2,1394 μA .

Kata Kunci— *Perovskite Solar Cell (PSC)*, Kalsium Karbonat (CaCO_3), Silikon Dioksida (SiO_2), Kalium Silikat (CaSiO_3).

I. PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi adalah sesuatu yang tidak bisa dihindari dalam kehidupan ini, karena kemajuan teknologi akan berjalan sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan. Setiap inovasi diciptakan untuk memberi

manfaat positif bagi kehidupan manusia. Teknologi juga memberikan banyak kemudahan, serta sebagai cara baru dalam melakukan aktivitas manusia. Salah satu pemanfaatan kemajuan teknologi adalah untuk berinovasi menciptakan sumber energi terbarukan dengan sistem yang canggih. [1]

Energi merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia. Saat ini kebutuhan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan sejalan dengan tingkat kehidupannya, salah satunya adalah energi listrik. Energi listrik merupakan kebutuhan yang penting untuk membantu mempermudah aktivitas manusia. Perkembangan teknologi menunjukkan bahwa hampir seluruh peralatan rumah tangga, perkantoran, industri dan peralatan – peralatan lainnya menggunakan energi listrik. Penggunaan energi listrik terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Salah satu penyebabnya adalah penggunaan energi listrik yang tidak efisien khususnya pada sektor rumah tangga. [2]

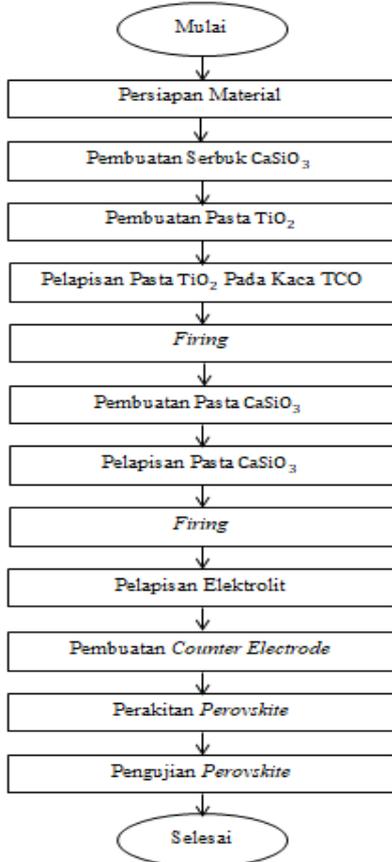
Meninjau pola hidup masyarakat yang terus berkembang, peningkatan kebutuhan energi listrik menjadi sangat sulit dihindari. Di sisi lain peningkatan kebutuhan energi listrik tidak diimbangi dengan peningkatan ketersediaan energi listrik di Indonesia. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah solusi dengan memanfaatkan energi terbarukan. [3]

Salah satu solusi dari masalah tersebut adalah permanen energi menggunakan sel surya. Hal ini sangat memungkinkan mengingat Indonesia adalah negara beriklim tropis yang mendapatkan sinar matahari terus menerus sepanjang tahun [4]. Teknologi sel surya dianggap masih terlalu mahal bagi masyarakat, karena instalasinya yang rumit dan dianggap tidak dapat memenuhi kebutuhan energi. *Perovskite Solar Cell* merupakan terobosan baru sebagai alternatif pembuatan panel surya. Material yang digunakan sebagai bahan *perovskite* menjadi objek penelitian yang luas dan sangat terbuka untuk dikembangkan karena efisiensi yang didapatkan mengalami peningkatan yang luar biasa dari 3,8% menjadi 22,1% dengan menggunakan *perovskite* berbasis Organologam Halida ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$). Namun, karena adanya kandungan timbal yang sangat beracun pada jenis *perovskite* tersebut membuat para ilmuwan di seluruh dunia terus berinovasi untuk menghasilkan sel surya dengan material yang aman dan ramah lingkungan untuk menghasilkan efisiensi yang tinggi [5]. Pada

penelitian ini, bahan *perovskite* yang digunakan adalah CaSiO_3 dikarenakan bahan penyusun CaSiO_3 mudah didapatkan dan harga yang relatif murah.

II. PERANCANGAN ALAT

Proses perancangan dan pembuatan *perovskite solar cell* secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar berikut ini.

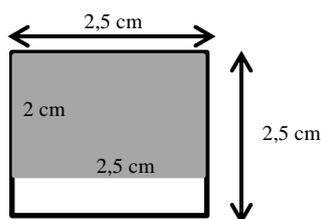


Gambar 1. Diagram alir pembuatan *Perovskite Solar Cell*



Gambar 2. Susunan *perovskite solar cell*

A. Persiapan Substrat



Gambar 3. Dimensi substrat kaca TCO

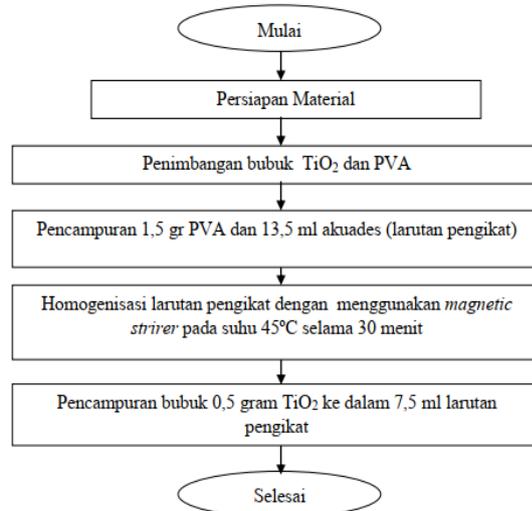
Substrat yang digunakan adalah kaca TCO (*Transparent Conductive Oxide*) jenis ITO (*Indium Tin Oxide*). Dimensi substrat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.

B. Sintesis CaSiO_3

Kalsium Silikat (CaSiO_3) ini dapat disintesis dari proses sintering kalsium karbonat (CaCO_3) dan silikon dioksida (SiO_2) dengan komposisi 48,3% CaCO_3 dan 51,7% SiO_2 [6]. Bubuk CaCO_3 dan serbuk SiO_2 dilarutkan dengan ethanol dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu kamar. Bubur dikeringkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 1 jam. Serbuk campuran dihancurkan kemudian disinter dengan udara furin pada 900°C selama 2 jam, dengan laju ramp $10^\circ\text{C}/\text{menit}$ untuk mendapatkan serbuk halus CaSiO_3 . [7]

C. Proses Pelapisan Pasta TiO_2

Pelapisan pasta TiO_2 pada substrat menggunakan metode deposisi *spin coating*. Deposisi merupakan proses pelapisan cairan, *gel* atau pasta kedalam suatu substrat. Metode *spin coating* dapat diartikan sebagai sebuah metode pembentukan lapisan tipis melalui proses pemutaran atau *spin*. Diagram alir pembuatan pasta TiO_2 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir pembuatan pasta TiO_2

D. Proses Pelapisan CaSiO_3

Proses pembuatan pasta CaSiO_3 dilakukan dengan mencampurkan 1 gram bubuk CaSiO_3 dengan 2,5 ml ethanol. Kedua bahan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga larutan menjadi homogen. Pelapisan pasta CaSiO_3 dilakukan di atas lapisan TiO_2 pada kaca TCO. Pelapisan dilakukan menggunakan *spin coater* dengan kecepatan putaran yang berbeda-beda tiap sampel. Perbedaan kecepatan putaran *spin coating* ditunjukkan pada Tabel I dibawah ini.

TABEL I
VARIASI KECEPATAN PUTARAN SPIN COATING SETIAP SAMPEL

No.	Sampel	Kecepatan Putar (rpm)
1	A	600
2	B	700
3	C	800
4	D	900
5	E	1000

E. Pembuatan Elektrolit

Pembuatan elektrolit dibuat dengan mencampurkan Potassium Iodide (KI) 0,5M sebanyak 0,8 gram pada 9 ml acetonitrile dan 1 ml aquades. Kemudian ditambahkan Iodide (I₂) 0,05M sebanyak 0,127 gram ke dalam larutan tersebut, lalu diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit dan disimpan dalam botol tertutup atau dalam botol yang telah dilapisi aluminium foil. [8]

Pemberian larutan elektrolit pada kaca TCO yang sudah terlapisi TiO₂ dan CaSiO₃ dilakukan menggunakan pipet tetes sebanyak lima tetes.

F. Pembuatan Elektroda Lawan

Proses ini dilakukan dengan cara membakar bagian konduktif kaca TCO dengan menggunakan api lilin hingga kaca TCO dilapisi karbon secara merata. Pembakaran dilakukan selama kurang lebih 1 menit. [8]

G. Perakitan Perovskite Solar Cell

Proses perakitan merupakan penggabungan antara kaca TCO yang terlapisi pasta TiO₂ dan CaSiO₃ (sebagai anoda) dengan kaca TCO yang terlapisi oleh karbon dari pembakaran lilin (sebagai katoda). Proses perubahan cahaya matahari menjadi listrik agar lebih cepat dibutuhkan elektrolit sebagai transfer elektron.

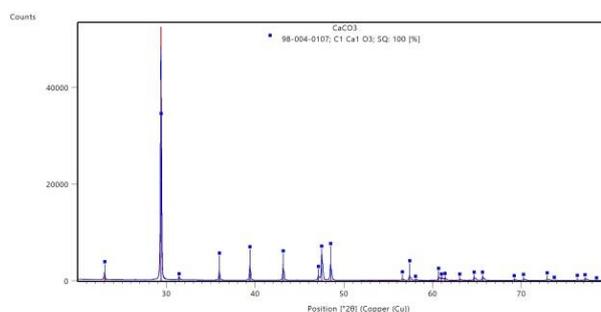


Gambar 5. Perakitan Perovskite Solar Cell

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS

A. Pengujian Kalsium Karbonat (CaCO₃)

Kalsium karbonat (CaCO₃) yang digunakan dalam pengujian ini berbentuk serbuk. Pengujian dilakukan dengan menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD) tipe X-Pert³ Powder. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik struktur kristal dari serbuk bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan perovskite solar cell.

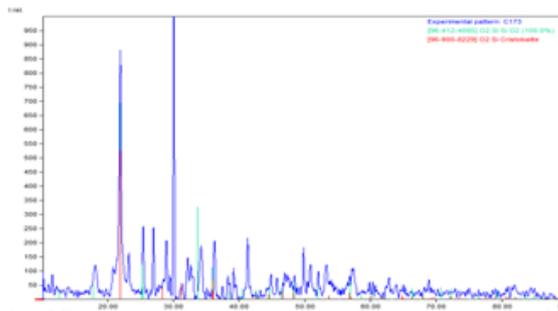


Gambar 6. Pengujian XRD pada serbuk CaCO₃

Berdasarkan Gambar 6, dapat diketahui bahwa serbuk CaCO₃ yang digunakan memiliki kandungan Calcite 100%. Pola difraksi yang dihasilkan pada pengujian serbuk CaCO₃ memiliki puncak pada sudut 2θ di sekitar 23°, 29°, 31°, 35°, 39°, 43°, 47°, 48°, 56°, 57°, 58°, 60°, 61°, 63°, 64°, 65°, 69°, 70°, 72°, 73°, 76°, dan 77°. Berdasarkan data referensi JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards), hasil difraksi CaCO₃ yang didapatkan sesuai dengan puncak-puncak yang dimiliki oleh fasa calcite.

B. Pengujian Silikon Dioksida (SiO₂)

Silikon dioksida (SiO₂) yang digunakan dalam pengujian ini berbentuk serbuk. Pengujian dilakukan dengan menggunakan X-Ray Diffractometer (XRD) tipe X-Pert³ Powder. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik struktur kristal dari serbuk bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan perovskite solar cell.



Gambar 7. SRM geometry with FEM mesh: 6/6 stator/rotor

Berdasarkan Gambar 7, dapat diketahui bahwa serbuk SiO₂ yang digunakan memiliki kandungan Cristobalite 100%. Pola difraksi yang dihasilkan pada pengujian serbuk SiO₂ memiliki puncak pada sudut 2θ di sekitar 13°, 18°, 22°, 25°, 28°, 34°, 36°, 38°, 40°, 42°, 45°, 46°, 48°, 52°, 54°, 57°, 59°, 60°, 63°, 68°, 69°, 72°, 77°, 79°, 81°, dan 82°. Berdasarkan data referensi JCPDS (Joint Committee on Powder Diffraction Standards), hasil difraksi SiO₂ yang didapatkan sesuai dengan puncak-puncak yang dimiliki oleh fasa cristobalite.

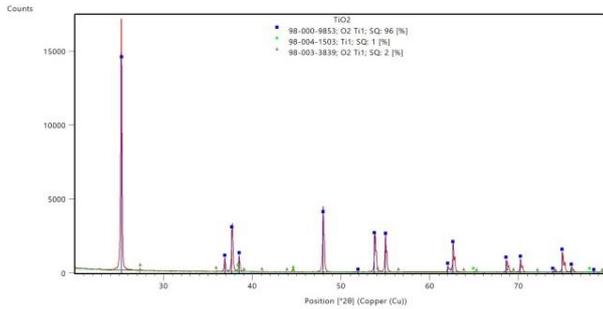
C. Pengujian Titanium Dioksida (TiO₂)

Pengujian Titanium Dioksida (TiO₂) dibagi menjadi dua, yaitu pengujian serbuk dan pengujian lapisan TiO₂

pada kaca TCO. Pengujian serbuk menggunakan XRD. Pengujian lapisan dilakukan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) tipe FEG 650.

1) Pengujian serbuk

Hasil pengujian XRD yang dilakukan pada serbuk TiO₂ ditunjukkan pada gambar berikut ini.

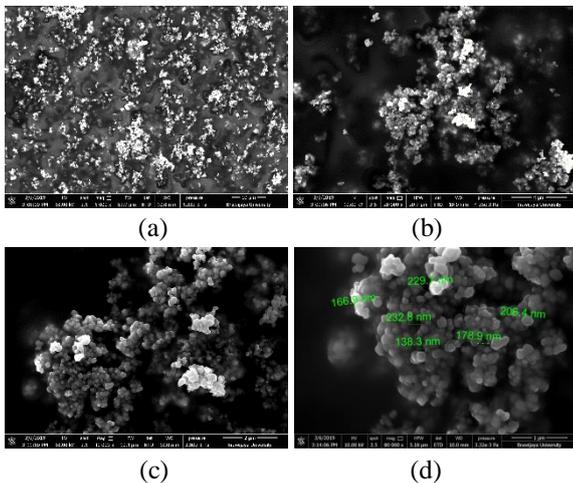


Gambar 4. Pengujian XRD pada serbuk TiO₂

Berdasarkan Gambar 8, dapat diketahui bahwa serbuk TiO₂ yang digunakan memiliki kandungan Anatase 96% dan Titanium 1%. Pola difraksi yang dihasilkan pada pengujian serbuk TiO₂ memiliki puncak pada sudut 2θ di sekitar 25°, 27°, 36°, 37°, 38°, 44°, 47°, 53°, 54°, 62°, 68°, 70°, 74°, dan 75°. Berdasarkan data referensi JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*), hasil difraksi TiO₂ yang didapatkan sesuai dengan puncak-puncak yang dimiliki oleh fasa kristal anatase.

2) Pengujian lapisan

Hasil pengujian SEM pada lapisan TiO₂ dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 5. Hasil pengujian lapisan TiO₂ dengan perbesaran (a) 5.000 kali, (b) 20.000 kali, (c) 40.000 kali, (d) 80.000 kali

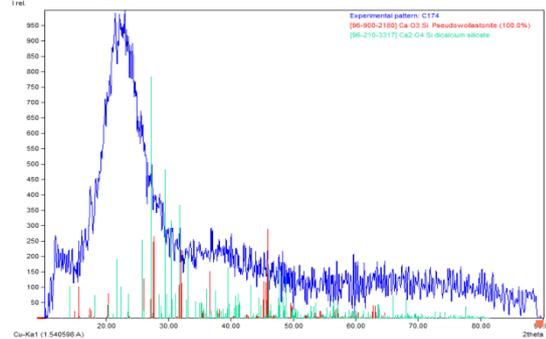
Gambar 9(a) menunjukkan permukaan lapisan pasta TiO₂ tampak atas. Sebagian besar area kerja kaca konduktif telah terlapisi. Dengan perbesaran 20.000 kali seperti pada Gambar 9(b), tampak persebaran pasta TiO₂ warna yang tampak gelap menunjukkan adanya pori-pori pada lapisan TiO₂. Pada perbesaran 80.000 kali, terlihat ukuran partikel yang beragam, yaitu 166,9 nm, 206,4 nm, dan 229,7 nm. Selain itu, tampak ukuran pori-pori pada

daerah sampling, yaitu 138,3 nm, 178,9 nm, dan 232,8 nm. Adanya pori-pori pada lapisan dapat disebabkan oleh waktu putar yang terlalu singkat dan proses pembuatan pasta TiO₂ yang tidak homogen karena pengadukan terlalu singkat.

D. Pengujian Kalsium Silikat (CaSiO₃)

Pengujian Kalsium Silikat (CaSiO₃) dibagi menjadi dua, yaitu pengujian serbuk dan pengujian lapisan SiO₂ pada kaca TCO.

1) Pengujian serbuk

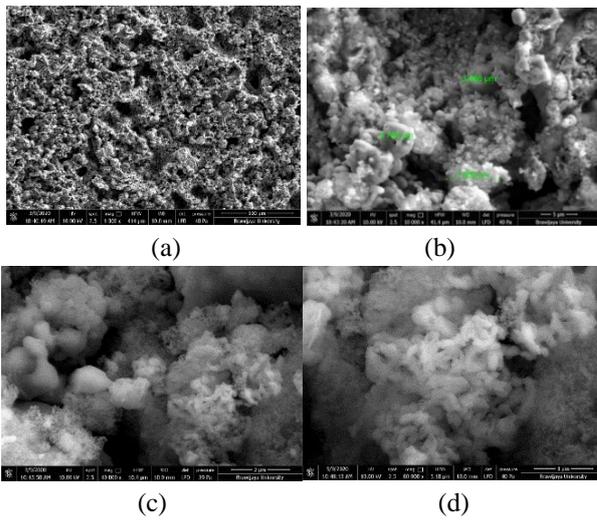


Gambar 6. Pengujian XRD pada serbuk CaSiO₃

Berdasarkan Gambar 10, dapat diketahui bahwa serbuk CaSiO₃ yang digunakan memiliki kandungan *Pseudowollastonite* 100%. Pola difraksi yang dihasilkan pada pengujian serbuk CaSiO₃ memiliki puncak pada sudut 2θ di sekitar 15°, 16°, 17°, 18°, 20°, 23°, 24°, 26°, 27°, 29°, 30°, 31°, 32°, 33°, 34°, 35°, 36°, 38°, 39°, 40°, 41°, 42°, 44°, 45°, 46°, 47°, 48°, 49°, 50°, 52°, 53°, 54°, 55°, 56°, 57°, 58°, 59°, 60°, 61°, 62°, 63°, 64°, dan 65°. Dari hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa sintesis CaSiO₃ dengan komposisi 48,3% kalsium karbonat (CaCO₃) dan 51,7% silika (SiO₂) mengandung kalsium silikat sebesar 100%. Hal ini disebabkan karena larutan campuran CaCO₃ dan SiO₂ sudah menjadi homogen dengan proses pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*.

2) Pengujian lapisan

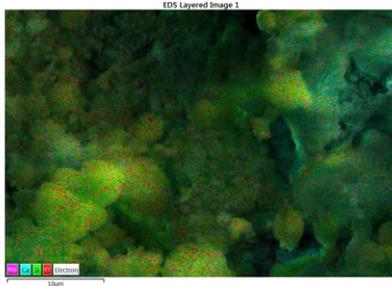
Pengujian struktur dan morfologi CaSiO₃ dilakukan menggunakan SEM dengan perbesaran 1.000 kali, 10.000 kali, 40.000 kali, dan 80.000 kali. Dengan perbesaran 10.000 kali, dapat dilihat ukuran partikel dan pori-pori yang beragam. Ukuran partikel dan pori-pori yang tampak antara lain 3.966 μm, 4.748 μm, dan 7.338 μm. Hal ini disebabkan oleh lapisan CaSiO₃ yang menggunakan pelarut ethanol memiliki sifat yang sangat rapuh. Hasil pengujian SEM pada lapisan CaSiO₃ dapat dilihat pada Gambar 11.



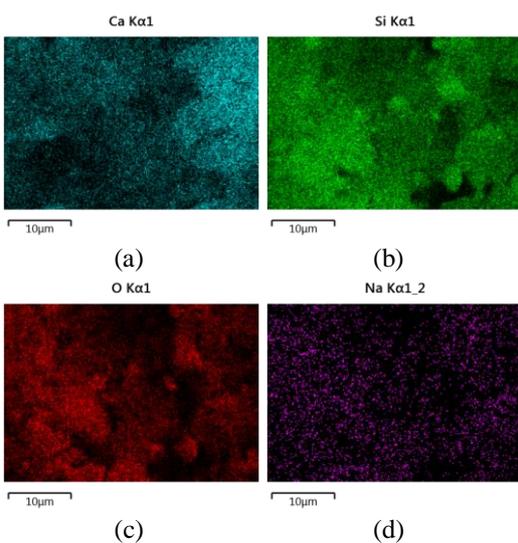
Gambar 7. Hasil pengujian lapisan $CaSiO_3$ dengan perbesaran (a)1.000 kali, (b) 10.000 kali, (c) 40.000 kali, dan (d) 80.000 kali

3) Pengujian Energy Dispersive Spectroscopy (EDS)

SEM tipe FEG 650 dilengkapi dengan fitur Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) yang berfungsi untuk mengetahui persebaran atom di permukaan lapisan. Hasil pengujian EDS dapat dilihat pada gambar berikut ini.

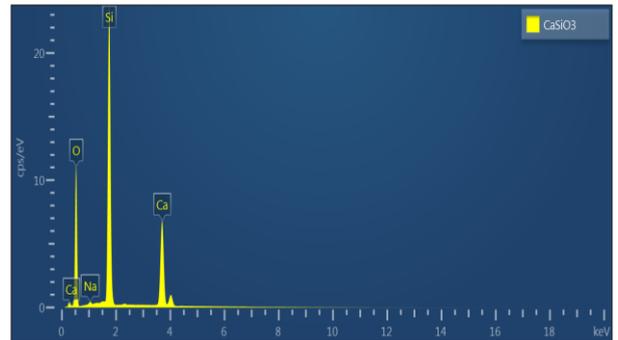


Gambar 8. Keseluruhan persebaran atom pada lapisan $CaSiO_3$



Gambar 9. persebaran EDS setiap atom yang terkandung dalam lapisan $CaSiO_3$ (a) atom kalsium, (b) atom silika, (c) atom oksigen, (d) atom natrium

Dari Gambar 14 dapat diketahui bahwa persebaran atom silika mendominasi lapisan $CaSiO_3$. Grafik pemetaan persebaran atom ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 10. Grafik pemetaan elemen lapisan $CaSiO_3$

Persentase masing-masing elemen lapisan $CaSiO_3$ ditunjukkan pada gambar berikut ini.

TABEL 2
PRESENTASE MASING-MASING ELEMEN

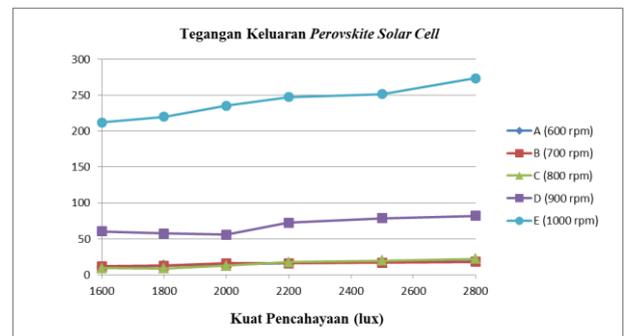
Elemen	Massa %	Atom %
Ca	14,4	7,18
Si	26,1	18,59
O	59,1	73,88
Na	0,4	0,35
Total	100	100

E. Pengujian Tegangan dan Arus

Pengujian tegangan menggunakan sumber cahaya lampu senter LED Torch Cree E17 XM-L T6. Nilai kuat pencahayaan yang digunakan mulai dari 1.600 lux hingga 2.800 lux.

TABEL 3
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN

Lux	Voc (mV)				
	A	B	C	D	E
1600	10,5	11,5	9,3	60,3	212,1
1800	12,8	12,3	8,7	57,2	220,2
2000	14,3	15,6	12,4	55,7	235,5
2200	15,7	15,8	17,5	72,4	247,3
2500	17,7	16,5	19,6	78,6	251,5
2800	18,5	17,9	22,2	81,8	273,7
Rata-rata	14,92	14,93	14,95	67,66	240,05



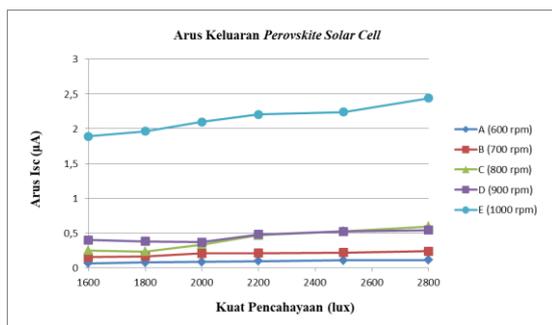
Gambar 11. Grafik tegangan keluaran Perovskite Solar Cell

Tegangan keluaran tertinggi terdapat pada sampel E dengan kecepatan putar *spin coating* 1.000 rpm. Sedangkan tegangan keluaran paling rendah dimiliki oleh sampel A dengan kecepatan putar *spin coating* 600 rpm. Hampir semua sampel menunjukkan pola yang sama, yaitu semakin kuat pencahayaan yang diberikan pada area kerja *Perovskite Solar Cell*, maka tegangan yang dihasilkan juga semakin besar.

Pengukuran nilai arus didapatkan melalui perhitungan tegangan dan resistansi pada *Perovskite Solar Cell*. Hasil perhitungan arus dapat dilihat pada tabel berikut ini.

TABEL 4
HASIL PENGUKURAN ARUS

Lux	Isc (µA)				
	A	B	C	D	E
1600	0,063	0,1523	0,2493	0,4001	1,8903
1800	0,0768	0,1629	0,2332	0,3795	1,9625
2000	0,0858	0,2066	0,3324	0,3696	2,0989
2200	0,0942	0,2092	0,4691	0,4804	2,204
2500	0,1062	0,2185	0,5254	0,5215	2,2415
2800	0,111	0,237	0,5951	0,5428	2,4393
Rata-rata	0,0895	0,1977	0,4008	0,449	2,1394

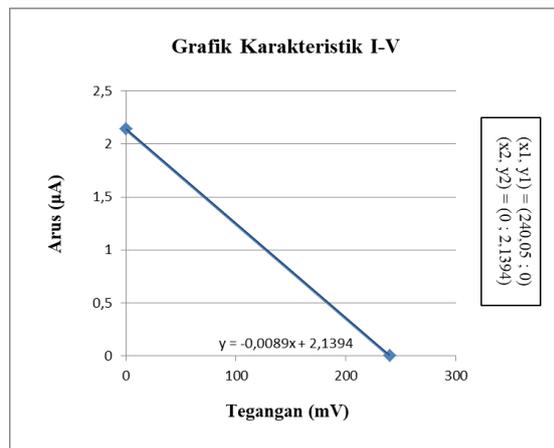


Gambar 12. Grafik arus keluaran Perovskite Solar Cell

Berdasarkan Tabel 4, arus keluaran tertinggi terdapat pada sampel E dengan kecepatan putar *spin coating* 1.000 rpm. Sedangkan tegangan keluaran paling rendah dimiliki oleh sampel A dengan kecepatan putar *spin coating* 600 rpm.

F. Analisis Perhitungan Karakteristik Perovskite Solar Cell

Analisis perhitungan di bawah ini merupakan analisis perhitungan pada sampel E. Berdasarkan pengujian sel perovskit pada sampel E, didapatkan hasil pengukuran rata-rata V_{oc} sebesar 240,05 mV dan rata-rata I_{sc} sebesar 2,1394 µA. Kedua nilai tersebut digunakan untuk mencari nilai m dan y menggunakan bantuan grafik seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 13. Grafik karakteristik hubungan I-V

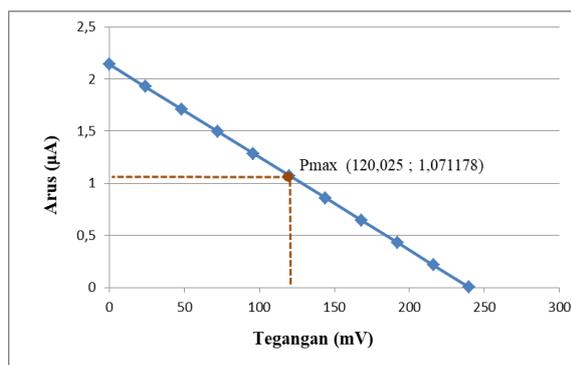
Dengan menggunakan data pada grafik di atas, maka didapatkan nilai m dan y pada perhitungan berikut ini.

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{2,1394 - 0}{0 - 240,05} = -0,0089$$

$$y = -0,0089x + 2,1394$$

TABEL 4
PERHITUNGAN V_M DAN I_M

No.	x (mV)	y (µA)	x.y
1	0	2,1394	0
2	24,005	1,925756	46,22776
3	48,01	1,712111	82,19845
4	72,015	1,498467	107,9121
5	96,02	1,284822	123,3686
6	120,025	1,071178	128,5681
7	144,03	0,857533	123,5105
8	168,035	0,643889	108,1958
9	192,04	0,430244	82,62406
10	216,045	0,2166	46,79524
11	240,05	0,002955	0,709348



Gambar 14. Grafik karakteristik berdasarkan pengujian V_{oc} dan I_{sc}

Berdasarkan perhitungan V_M dan I_M yang ditunjukkan pada Tabel 5, didapatkan V_M sebesar 120,025 mV dan I_M sebesar 1,071178 µA. Dari data tersebut, kemudian dicari *fill factor* (FF), daya maksimum (P_{maks}), dan efisiensi (η).

$$FF = \frac{V_m \times I_m}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{120,25 \times 1,071178}{240,05 \times 2,1394} = 0,250$$

$$\begin{aligned}
 P_{maks} &= Voc \times Isc \times FF \\
 &= (240,05 \times 10^{-3}) \times (2,1394 \times 10^{-6}) \times 0,250 \\
 &= 1,284 \times 10^{-7} \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\eta = \frac{P_{maks}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{1,284 \times 10^{-7}}{7} \times 100\% = 1,834 \times 10^{-8}\%$$

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis perhitungan Perovskite Solar Cell pada penelitian ini, semakin cepat putaran spin coating pada proses perancangan perancangan Perovskite Solar Cell, maka tegangan dan arus yang dihasilkan semakin besar. Tegangan dan arus tertinggi dihasilkan oleh variasi sampel E dengan kecepatan putar spin coating 1.000 rpm yaitu sebesar 240,05 mV dan 2,1394 μ A. Hampir keseluruhan sampel menunjukkan pola yang sama terhadap kuat pencahayaan, yaitu semakin kuat pencahayaan yang diberikan pada area kerja *Perovskite Solar Cell*, maka tegangan dan arus yang dihasilkan juga semakin besar.

REFERENSI

- [1] Ngafifi, M. (2014). Kemajuan teknologi dan pola hidup manusia dalam perspektif sosial budaya. *Jurnal Pembangunan Pendidikan: Fondasi dan Aplikasi*, 2(1).
- [2] Kholiq, I. (2015). Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal Iptek*, 19(2), 75-91.
- [3] Adam, L. (2016). Dinamika sektor kelistrikan di Indonesia: kebutuhan dan performa penyediaan. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 24(1), 29-41.
- [4] Wibawa, U., & Darmawan, A. (2012). Penerapan Sistem Photovoltaik Sebagai Suplai Daya Listrik Beban Pertamanan. *Jurnal EECCIS*, 2(1), 26-37.
- [5] Saliba, M., Taisuke, Matsui, et al. (2016). Cesium-Containing Triple Cation PSCs: Improved Stability, Reproducibility, and High Efficiency. Switzerland: Laboratory of Photonics and Interfaces, Institute of Chemical Sciences and Engineering, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne CH-1015.
- [6] Puspita, E. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Kalsium Silikat Berbahan Dasar Cangkang Kerang Darah Pada Suhu Kalsinasi 1000°
- [7] Torimtubun, A. A. A., Anniza, C. A., Eka, M. & Lusi, E. (2018). *Affordable and Sustainable new Generation of Solar Cell: Calcium Titanate (CaTiO3) – Based Perovskite Solar Cell*. *Jurnal E3s Web Conferences* 67. Balikpapan: Institut Teknologi Kalimantan.
- [8] Aziza, Miladina Rizka. (2018). Pengaruh Variasi Dye Klorofil Dan Antosianin Terhadap Daya Keluaran Dye-Sensitized Solar Cell. Tidak dipublikasikan (skripsi). Malang: Universitas Brawijaya.