

Pengaruh Massa Monomer terhadap Pembentukan Poli Kuersetin sebagai Zat Warna pada *Dye Sensitized Solar Cell*

Yollanda Prissila Putri¹, Hardeli*²

^{1,2}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Indonesia

*hardelil@yahoo.com

Abstract —Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) is a type of dye-based third-generation solar cell that functions as a photon absorber. Modifications were made to the quercetin dye to increase the double bonds, and the semiconductor used was done with TiO₂ – ZnO doping. Doping can reduce the energy gap, thereby increasing the conductivity of TiO₂. The TiO₂ – ZnO layer was made by the doctor blade method on ITO glass and the dye was immersed in poly quercetin. The DSSC circuit is arranged to form a sandwich facing each other, between the working electrode and the counter electrode. DSSC efficiency can be tested from the results of resistance and voltage measurements on UV light with a power of 24 watt/m² using a digital multimeter. The highest efficiency was produced at a monomer concentration of 2.5 grams of 9.4% from a long polymer chain.

Keywords — DSSC, doping, polyquercetin, polimerization

I. PENGANTAR

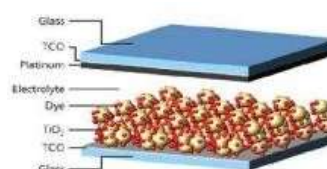
Indonesia merupakan negara berkembang yang banyak memanfaatkan energi. Energi yang digunakan berasal dari bahan bakar minyak atau energi fosil. Pertumbuhan konsumsi energi di Indonesia mencapai 7 % pertahun, dengan 95 % konsumsi energi berasal dari bahan bakar fosil [1]. Ketersediaan sumber energi didunia makin lama semakin menipis, oleh karena itu dibutuhkan alternatif lain untuk dijadikan sumber energi.

Energi matahari merupakan sumber energi yang dapat dipakai terus menerus. Energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan *solar cell* atau lebih dikenal dengan sel surya [2]. Seiring perkembangan teknologi yaitu pada tahun 1991, Michael Gratzel dan Brian O'Regan menemukan sel surya *Dye Sensitized Solar Cell* dengan menggunakan bahan organik. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) adalah sel surya generasi ketiga yang menggunakan dye sensitized dari bahan organik yang ditemukan. Efisiensi DSSC relatif rendah dibandingkan sel surya generasi yang pertama. Sel surya ini akan mempengaruhi arus listrik yang dihasilkan dan ditentukan dari efisiensi beserta fill factor dari sel surya tersebut [3].

Tujuan penggunaan DSSC ini yaitu dapat menghasilkan energi terbarukan yang ramah terhadap lingkungan dengan biaya relatif murah, karena itulah sangat dianjurkan menggunakan sel surya berbahan organik. Metode ini menjadi solusi karena dapat dilakukan dengan sederhana, tidak membutuhkan ruang vakum saat proses deposisi logam dan material pada proses pembuatannya juga tergolong

murah serta telah dapat mencapai efisiensi yang cukup tinggi [4]. DSSC memiliki beberapa komponen yaitu :

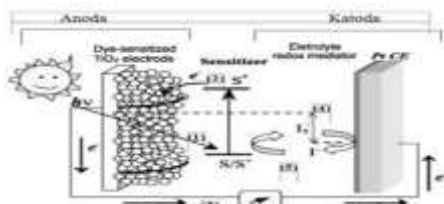
1. Substrat berfungsi sebagai fotoanoda pada oksida semikonduktor dan memungkinkan pengendapan katalis. Material substrat sebagai badan dari sel surya, sedangkan lapisan konduktif berperan sebagai tempat muatan mengalir. Media konduktif harus memiliki resistensi yang rendah untuk mengurangi efek pada kinerja sel DSSC[5].
2. Semikonduktor merupakan suatu bahan yang memiliki sifat konduktivitas listrik yang berada antar konduktor dan isolator.
3. Elektrolit berperan sebagai redoks yang terdiri dari ion iodide dan triiodida (I₂⁻ dan I₃⁻) dalam pelarut[6].
4. Elektroda lawan atau dikenal juga dengan *Counter Electrode* (CE) counter berperan sebagai katalis dan untuk memastikan berlangsungnya suatu aktivitas elektrolit dalam redoks.
5. Zat warna (*dye*) pada DSSC berperan sebagai penangkap foton dari cahaya matahari.



Gambar 1. Komponen DSSC

Prinsip kerja dari DSSC ialah terjadinya reaksi transfer elektron. Molekul zat warna menyerap foton dari cahaya matahari, sehingga mengakibatkan terjadinya eksitasi elektron terhadap molekul zat warna tersebut. Elektron

awalnya dalam keadaan tereksitasi akan terinjeksi ke pita konduksi pada semikonduktor, inilah yang menyebabkan molekul *dye* mengalami reaksi oksidasi.



Gambar 2. Skema Kerja DSSC

Untuk meningkatkan penyerapan foton dari cahaya matahari dibutuhkan zat warna yang memiliki ikatan rangkap terkonjugasi [7]. Penambahan ikatan rangkap terkonjugasi bisa dilakukan dengan cara polimerisasi. Polimerisasi pada penelitian ini yaitu kelompok flavonoid, dimana *dye* yang digunakan adalah kuersetin. Polimerisasi kuersetin dilakukan dengan menggunakan agen pengikat silang (*crosslinking agent*) untuk menghasilkan poli kuersetin. Proses polimerisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsentrasi monomer, inisiator, suhu, massa surfaktan dan waktu saat polimerisasi serta konsentrasi dari agen pengikat silang tersebut[14].

Konsentrasi monomer akan mempengaruhi reaksi konversi, dimana konsentrasi monomer yang besar menyebabkan laju reaksi yang terjadi akan berlangsung dengan cepat dan polimerisasi yang dihasilkan juga banyak. Variasi konsentrasi yang dilakukan untuk menentukan konsentrasi optimum pada monomer sehingga dapat meningkatkan efisiensi pada sel surya. Faktor lain yang dapat meningkatkan efisiensi pada sel surya yaitu dengan cara doping pada semikonduktor TiO_2 . Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan daya serap dari semikonduktor yaitu melakukan modifikasi pada permukaan TiO_2 dengan mendoping logam. Doping merupakan metode yang digunakan untuk meningkatkan performa lapisan tipis ITO dengan mencampurkan logam transisi kedalam TiO_2 .

Doping berperan dalam memperkecil lebar celah pita sehingga dapat mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi menjadi semakin kecil. Penambahan pita baru pada celah pita ITO akan mengakibatkan berkurangnya energy foton yang dibutuhkan untuk eksitasi elektron sehingga menghasilkan konduktivitas elektron yang lebih tinggi. Kondisi optimum pada poli kuersetin dapat dipengaruhi dengan bertambahnya densitas, dimana densitas yang besar membentuk rantai polimer yang panjang dengan adanya proses polimerisasi yang dapat menghasilkan efisiensi yang tinggi[8].

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Peralatan refluks, gelas kimia, labu alas bulat, batang pengaduk, spatula, *ultrasonic cleaner*, labu ukur, oven, hot plate, timbangan analitik, *magnetic stirrer*, gelas ukur, vakum, penangas air, kaca ITO dan multimeter digital.

Bahan yang digunakan yaitu kuersetin, NaOH, (36% HCl dan 34-38% HCHO, alcohol 70%, sikloheksana, aquabides, asetonitril, ZnO, Kalium Iodida, methanol, kertas indikator, TiO_2 , PEG, H_2SO_4 , kertas saring dan aluminium foil.

B. Prosedur Kerja

1. Preparasi Poli Kuersetin

Langkah awal yang dilakukan yaitu menimbang kuersetin (2,0 ; 2,5 dan 3,0) gram yang kemudian dimasukkan dalam 500 ml labu refluks dan melarutkannya dalam 25 ml (36% HCl dan 34-38% HCHO), kemudian aduk campuran tersebut menggunakan *magnetic stirrer* selama 2 jam pada suhu 200°C sampai terbentuk resin kuersetin-formaldehida. Hasil dari campuran tersebut disaring dan dicuci beberapa kali menggunakan aquabides kemudian hasil tersebut dimasukkan dalam oven pada suhu 80°C selama 1 jam. Pada penelitian dilakukan variasi monomer (2,0 ; 2,5 dan 3,0) gram untuk menentukan nilai optimum dalam poli kuersetin sehingga dapat meningkatkan efisiensi pada DSSC.

2. Persiapan Kaca ITO

Potong kaca ITO menjadi ukuran 1,25 cm x 1,25 cm, masukkan dalam gelas kimia 200 mL yang berisikan alcohol 70% kemudian bersihkan kaca menggunakan *ultrasonic cleaner* selama 60 menit. *Ultrasonic cleaner* berfungsi untuk menghilangkan material yang tidak dapat dihilangkan dengan air [9] dan diukur resistensinya menggunakan multimeter.

3. Preparasi Pasta TiO_2 doping ZnO

Campurkan 0,0475 gram TiO_2 dan 0,025 gram ZnO dalam 100 mL metanol dan stirrer selama 60 menit sampai membentuk sol yang homogen. Sol TiO_2 -ZnO disonikasi selama 30 menit, kemudian dipanaskan selama 60 menit didalam oven dengan suhu 95°C , kemudian menguapkan semua pelarut sol TiO_2 -ZnO dikasinasi pada suhu 400°C selama 2 jam, hasilnya berupa serbuk TiO_2 doping ZnO [10].

4. Pelapisan Pasta TiO_2 -ZnO pada Kaca ITO

Bentuk kaca ITO berukuran 1,25 x 1,25 cm dibentuk dengan *scotch tape* ukuran 1 cm x 1 cm. Selanjutnya pasta TiO_2 -ZnO dideposisikan Menggunakan metode *doctor blade* untuk meratakannya. Lapisan yang terbentuk dipanaskan dengan *hot plate* yang telah ditutup dengan aluminium foil, pemanasan dilakukan dengan suhu 100°C selama 30 menit [11].

5. Persiapan Elektrolit Semi Padat

Preparasi elektrolit dilakukan dengan melarutkan KI sebanyak 0,498 gram dengan memasukkan 6 mL asetonitril pada gelas kimia. Pada gelas kimia yang lain, sebanyak 0,076 g I_2 dilarutkan dalam 6 mL asetonitril kemudian aduk sampai homogen. Larutan yang telah homogen pada kedua gelas kimia tadi dicampurkan, kemudian aduk kembali sampai homogen. PEG sebanyak 2,4 g dimasukkan ke larutan elektrolit, campurkan dan aduk sampai membentuk gel [12].

6. Preparasi Counter Elektroda Karbon

Preparasi dilakukan dengan membuat karbon pada lapisan kaca ITO. Sumber karbon berasal dari asap

pembakaran lilin. Proses membuat lapisan karbon pada kaca ITO dengan cara dipanaskan pada bagian konduktif nya dengan lilin sampai menghasilkan warna hitam pada lapisan tersebut. Bagian pinggir dari kaca ITO dirapikan menggunakan cutton bud. Lapisan karbon dibentuk sesuai dengan ukuran 1 cm x 1 cm [13].

7. Perakitan DSSC

Pasta TiO₂ doping ZnO yang telah dilapisi pada kaca ITO kemudian direndam selama 30 menit pada zat warna dan biarkan sampai mengering. Counter elektroda diletakkan pada elektroda kerja membentuk sandwich kemudian membuat off seat pada kedua ujungnya sebesar 0,25 cm sebagai kontak listrik. Jepit kedua ujung tersebut, tambahkan elektrolit 2 tetes pada celah antar lapisan.

8. Pengujian DSSC

Pengujian DSSC dilakukan dengan mengukur hambatan dan voltase yang dihasilkan dengan sumber cahaya yang digunakan adalah dari lampu UV dengan daya 24 watt/m². Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi DSSC

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

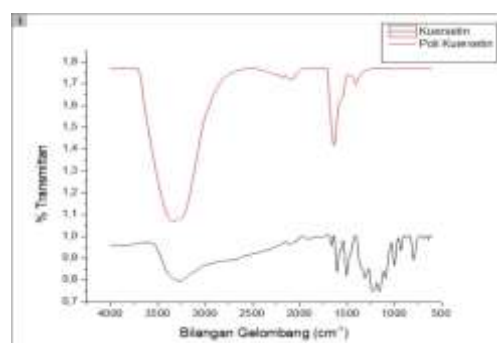
1. Preparasi Poli Kuersetin

Penelitian *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dimulai dengan melakukan preparasi zat warna dari kuersetin. Kuersetin merupakan senyawa polifenol yang mempunyai lima gugus hidroksi (-OH), yang ikatan rangkap terkonjugasi yang berfungsi sebagai fotosensitizer. Ikatan rangkap pada kuersetin dipolimerisasi untuk membentuk poli kuersetin menggunakan pelarut HCl 36% dan *Formaldehde* 37%. *Formaldehde* yang digunakan dapat berkondensasi dengan kuersetin yang memiliki gugus fenol, sedangkan penambahan HCl bertindak sebagai katalis untuk mempercepat reaksi kuersetin dengan *formaldehde*. Kuersetin yang telah dilarutkan dalam campuran *Formaldehde* dan HCl kemudian direfluks dan magnetic stirrer pada suhu 200° selama 2 jam agar membentuk senyawa kuersetin-*formaldehde* yang menghasilkan warna kuning kehijauan. Penggunaan magnetic stirrer berfungsi untuk meningkatkan kelarutan dan membantu pengadukan pada suhu dibutuhkan. Campuran kuersetin tersebut kemudian disaring untuk memisahkan larutan dan resin. Resin *Kuersetin-formaldehde* disaring dan dicuci dengan aquabidest supaya pH tidak terlalu asam akibat penambahan HCl. Resin selanjutnya dikeringkan selama 1 jam pada suhu 80°C untuk menghilangkan ion-ion agar terbentuknya bubuk *Kuersetin-formaldehde*.

Hasil *Kuersetin-formaldehde* ditimbang sebanyak 0,5 gram dan dilarutkan dalam 50 mL NaOH 1% kemudian distirrer pada suhu 60-70° selama 30 menit. Naoh yang digunakan ini berfungsi sebagai inisiator pada saat polimerisasi. Inisiator bertujuan untuk membentuk radikal bebas yang akan bereaksi dengan monomer dalam membentuk monomer radikal, selanjutnya monomer radikal tersebut yang akan bereaksi dengan monomer radikal lainnya hingga membentuk polimer. Setelah campuran resin ini terbentuk kemudian ditambah dengan *Glutaraldehyde* (*crosslinker*) dan dipanaskan kembali hingga suhu menjadi 100°. Peningkatan

suhu bertujuan agar *Glutaraldehyde* dapat bereaksi membentuk jembatan polimerisasi. *Glutaraldehyde* bertindak sebagai agen pengikat silang, dimana penambahan agen pengikat silang ini berfungsi untuk memperbanyak jumlah monomer kuersetin dan ikatan rangkap pada kuersetin sehingga dapat meningkatkan kemampuan menyerap cahaya. Resin *poli kuersetin glutaraldehyde* terbentuk dengan seiringnya pemanasan dan pengadukan selama 1 jam. Hasil dari *poli kuersetin glutaraldehyde* resin ini berupa cairan kental yang kemudian dijadikan sebagai *dye* untuk DSSC.

2. Spektrum Poli Kuersetin dan Kuersetin



Pada spektrum FTIR kuersetin menunjukkan pita serapan pada bilangan gelombang 3120,45 cm⁻¹ dan *polikuersetin glutaraldehyde resin* menunjukkan adanya pergeseran puncak spektrum inframerah yang lebar pada gugus hydroxyl (-OH) phenolic dengan daerah serapan 3422,52 cm⁻¹. Ikatan rangkap terkonjugasi yang dimiliki oleh kuersetin dapat mengabsorpsi sinar tampak yang ditunjukkan dengan adanya ikatan C-O aromatic pada gelombang 1053,23 cm⁻¹ dan daerah serapan 1090,37 cm⁻¹ pada poli kuersetin. Pita serapan kuersetin pada gelombang 1654,05 cm⁻¹ dan pita serapan poli kuersetin pada gelombang 1625,23 cm⁻¹ dapat dikaitkan dengan peregangan gugus karbonil (C=O). Pada poli kuersetin adanya puncak C=C aromatic dengan gelombang 1503,65 cm⁻¹.

3. Penentuan Densitas Poli Kuersetin

Untuk mengidentifikasi telah terbentuknya poli kuersetin juga dapat dilihat dari densitas kuersetin murni dan poli kuersetin yang dihasilkan. Berikut adalah tabel dari uji densitas tersebut.

TABEL I
DATA HASIL DENSITAS KUERSETIN DAN POLI KUERSETIN

No	Sampel	Densitas
1	Kuersetin	1,8 g/cm ³
2	Poli Kuersetin Volume agen pengikat silang 1.5 ml	0.29 g/cm ³
3	Poli Kuersetin Volume agen pengikat silang 2.5 ml	0.50 g/cm ³
4	Poli Kuersetin Volume agen pengikat silang 3.5 ml	0.36 g/cm ³

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai densitas menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Dimana :

ρ adalah Densitas

m adalah massa poli kuersetin

V adalah volume poli kuersetin

Perbedaan densitas antara kuersetin dan polikuersetin. Data yang dihasilkan menunjukkan bahwa poli kuersetin pada volume agen pengikat silang 2,5 ml memiliki densitas (massa jenis) yang besar dengan NaOH 1%. Densitas yang besar dipengaruhi oleh kondisi optimum pada poli kuersetin yang menghasilkan massa molekul yang besar pula, hal ini yang terjadi karena adanya proses polimerisasi dan dapat dilihat pada volume 2,5 ml crosslinker membentuk rantai polimer yang panjang sehingga menghasilkan efisiensi yang besar.

4. Uji Poli Kuersetin sebagai Zat Warna pada DSSC

Perakitan DSSC dilakukan pada semua variasi monomer polimerisasi pada proses pembuatan poli kuersetin untuk mengetahui nilai optimum yang dihasilkan dan pengaruh dari konsentrasi yang dihasilkan tersebut terhadap efisiensi DSSC. Pengukuran efisiensi DSSC yakni pada saat sel mengubah foton menjadi energy listrik dengan dibantu oleh cahaya dari lampu UV 24 Watt, menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{in} \times Luas\ Kaca} \times 100\%$$

Dimana :

η adalah efisiensi sel

P_{max} adalah daya maksimum

P_{in} adalah daya dari sumber cahaya (24 Watt)

TABEL II
EFISIENSI DSSC PADA VARIASI KONSENTRASI MONOMER

Massa	Tegangan (V)	Hambatan (Ω)	Efisiensi (%)
2 gram	0,272	369,7	6,6
2,5 gram	0,318	355,6	9,4
3 gram	0,242	339,1	5,7

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa pada massa kuersetin untuk 2 gram efisiensi yang dihasilkan rendah. Hal ini dikarenakan konsentrasinya yang rendah sehingga monomer yang diberikatan dengan *crosslinker* (pengikat silang) tersebut juga sedikit dan polimerisasi yang dihasilkan sedikit pula. Pada tabel terlihat bahwa nilai efisiensi DSSC mengalami kenaikan seiring bertambahnya konsentrasi monomer kuersein, dimana pada konsentrasi 2,5 gram

kuersetin menghasilkan nilai efisiensi optimum sebesar 9,4%. Namun efisiensi DSSC mengalami penurunan ketika konsentrasi dari kuersetin yaitu 3 gram dengan efisiensi 5,7 %.

Penurunan efisiensi ini disebabkan oleh konsentrasi monomer yang tinggi akan membentuk homopolimer pada kuersetin dan menyebabkan tidak dapat berikatan dengan monomer *crosslinker*. Pada konsentrasi 3 gram terjadi penurunan efisiensi karena homopolimer yang terbentuk lebih banyak sehingga terjadi pengendapan saat pembentukan resin *polikuersetin glutaraldehide resin*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Proses polimerisasi berhasil membentuk Poli Kuersetin dapat dilihat pada serapan daerah serapan phenolic yang lebar
2. Konsentrasi optimum monomer kuersetin pada proses polimerisasi yang menghasilkan efisiensi tertinggi yaitu pada konsentrasi 2,5gram dan efisiensinya adalah 9,4%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang yang telah mengizinkan dan menyediakan fasilitas Laboratorium Kimia dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Subandi dan Slamet Hani. (2015). Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air dengan Menggunakan Solar Cell. *Teknologi Technoscintia*, 7(2), 157–163.
- [2] Thakur, D., Amit, A., Abhishek, Datta., & Ramanamurthy, E. V. V. (2016). A Review on Immersion System to increase the efficiency of Solar Panels. *International Journal of Advanced Research*, 4(4), 312–325. <https://doi.org/10.21474/IJAR01>
- [3] Taqwa, K. Z dan Bambang, A. D. (2015). Studi Eksperimental Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Performa DSSC (Dye Sensitized Cell) dengan Ekstrak Buah dan sebagai Dye Sensitizer. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 20–24.
- [4] Muharam, A., Arsyad, W. S., Usman, I., & Hidayat, R. (2018). Fabrikasi Sel Surya Tersensitisasi Dye (Dye Sensitized Solar Cell) dengan Variasi Lapisan Scattering. *Material Dan Energi Indonesia*, 08(02), 13–20.
- [5] Aslam, A., Mehmood, U., Arshad, M. H., Ishfaq, A., Zaheer, J., Khan, A. U. H., & Sufyan, M. (2020). Dye-Sensitized Solar Cells (DSSCs) as a Potential Photovoltaic Technology for the Self-Powered Internet of Things (IoT) Applications. *Solar Energy*, 207, 874–892. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.029>.
- [6] Nugraha, W., & Susanti, D. (2015). Analisis Pengaruh Susunan Komposit Laminat Graphene - TiO₂ sebagai Lapisan Semikonduktor terhadap Unjuk Kerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). 4(1), 66–71.
- [7] Hardeli, Suwardani, Riky, Fernando T, Maulidis, & Ridwan, S. (2013). Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami. *Prosiding Semitra FMIPA Universitas Lampung*, 155–162.
- [8] Saefuloh, I., Rifa, A., Haryadi., Yusvardi, Y., Susilo, S., & A. (2019). Pengaruh Temperatur dan Reduksi Hasil Proses Rolling Terhadap Sifat Mekanik Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE) Sebagai Material Pengganti Lutut Tiruan. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, V(1), 105–112. <https://doi.org/10.36055/fwl.v0i0.5842>.

- [9] Kumara, M. S. W., & Prajitno, G. (2012). Studi Awal Fabrikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Dengan Menggunakan Ekstraksi Daun Bayam (*Amaranthus Hybridus L .*) sebagai Dye Sensitizer dengan Variasi Jarak Sumber Cahaya pada DSSC. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- [10] Sanjaya, H., Rida, P., & Nigsih, S. K. W. (2017). *Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG Dengan Metode Fotosonolisis*. 18(2).
- [11] Prasetyowati, R. (2012). *Peningkatan Efisiensi Sel Surya Berbasis Titania Melalui Penyisipan Logam Pada Lapisan Aktif Titania*. 1(1), 40–48.
- [12] Damayanti, R., Hardeli., & Sanjaya, H. (2014). Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas L.*). *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(2), 148–157.
- [13] Chadijah, S., Dahlan, D., & Harmadi, H. (2016). *Pembuatan Counter Electrode Karbon Untuk Aplikasi Elektroda Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)*. *Jurnal Ilmu Fisika | Universitas Andalas* 8(2), 78–86.
- [14] Distanima, S., Rahayu, F., & Zalfa, T. H. G. (2018). Bead Gel dari Karagenan- Carboxymethylcellulose dengan Crosslinking Glutaraldehid Sebagai Controlled Release Urea. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan,"* 1–7.