

Karakterisasi Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L*) sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya Pewarna Tersensitisasi

Dwi Susmiyanto¹, Nur Aji Wibowo^{1,2}, Adita Sutresno^{1,2,*}

¹Progam Studi Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Matematika

²Progam Studi Fisika Fakultas Sains dan Matematika

Universitas Kristen Satya Wacana

Jln. Diponegoro No. 52-60 Salatiga

*E-mail : adita@staff.uksw.edu

Abstrak–Salah satu terobosan untuk mengubah energi cahaya menjadi listrik yaitu menggunakan Sel Surya Pewarna Tersensitisasi. Sel Surya Pewarna Tersensitisasi tersusun dari kaca konduktor, TiO_2 , cairan elektrolit, *dye* antosianin sebagai sensitiser, dan elektroda karbon. Pada penelitian ini telah dilakukan ekstraksi antosianin ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L*) dengan variasi perbandingan pelarut untuk mengekstrak. Sebanyak 40 gr ubi jalar ungu direndam dalam pelarut selama 24 jam. Pelarut yang digunakan adalah methanol:asam asetat:aquades dengan nilai perbandingan 20:4:26, 25:4:21, dan 30:4:16. Dari hasil penelitian diperoleh ekstrak antosianin dari ubi jalar ungu tertinggi yaitu 31,16 mg/100 gr pada saat ekstraksi menggunakan perbandingan larutan methanol:asam asetat:aquades = 30:4:16. Konsentrasi antosianin yang terendah yaitu 14,725 mg/100 gr pada perbandingan larutan methanol:asam asetat:aquades = 20:4:25. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin tinggi proporsi methanol dan semakin rendah proporsi aquades yang digunakan dapat meningkatkan konsentrasi antosianin yang dihasilkan.

Kata Kunci – Sel Surya Pewarna Tersensitisasi, TiO_2 , *Dye* antosianin.

I. PENDAHULUAN

Permasalahan tentang energi akhir-akhir ini banyak menjadi sorotan karena persediaannya yang semakin menipis. Terutama tentang energi yang berasal dari fosil karena merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui (*non renewable*). Sehingga banyak para ahli yang melakukan penelitian untuk menciptakan energi alternatif yang dapat diperbaharui. Dimana nantinya energi alternatif ini dapat memenuhi kebutuhan energi manusia.

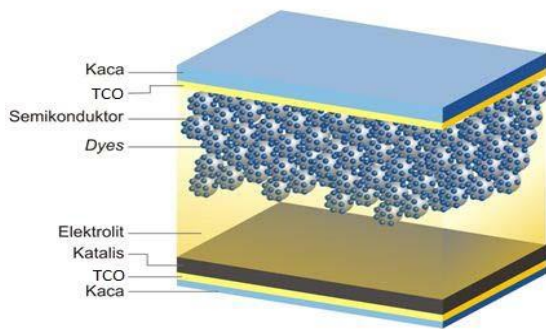
Salah satu energi yang keberadaannya melimpah adalah energi matahari, karena tersedia dalam jumlah yang besar dan tersedia dalam kurun waktu yang lama. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan cara merubah energi matahari ini menjadi energi listrik seperti pembuatan sel surya/*solar cell*. Sel surya sangat cocok untuk dikembangkan di Indonesia karena merupakan negara tropis. Sehingga intensitas matahari yang diterima cukup besar.

Berdasarkan bahan pembuatannya sel surya ada dua macam. Yang pertama yaitu sel surya yang terbuat dari silikon, tetapi biaya pembuatan sel surya yang berbahan silikon sangatlah mahal. Yang kedua adalah *DyeSensitized Solar Cell* (DSSC) atau Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT). SSPT merupakan sel surya yang dikembangkan pertama kali oleh Gratzel[1], sehingga disebut juga sel Gratzel[1]. Sistem kerja SSPT meniru sistem kerja fotosintesis pada tumbuhan. Keunggulan SSPT yaitu bahan dasar pembuatannya relatif lebih murah dan ramah lingkungan.

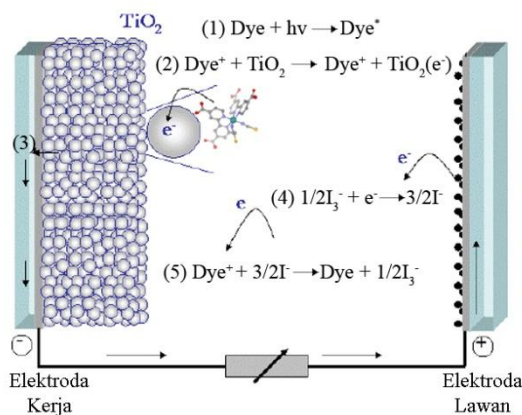
SSPT terdiri dari sepasang kaca elektroda yaitu elektroda kerja dan elektroda lawan yang mengapit elektrolit. Elektroda kerja merupakan kaca TCO (*transparent conducting oxide*) yang dilapisi semikonduktor celah lebar seperti TiO_2 yang kemudian direndam dalam *dye* antosianin sebagai fotosensitizer sebagai transport pembawa muatan. Sedangkan elektroda lawan merupakan TCO yang dilapisi karbon yang berfungsi sebagai katalis untuk mempercepat reaksi redoks dengan elektrolit. Pasangan redoks

yang biasa digunakan yaitu, I⁻/I₃⁻(iodide/triiodide)[2]. Ilustrasi bentuk SSPT dapat dilihat pada Gbr.1.

Sistem kerja SSPT dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 2 dimulai dari dye (D) menyerap sebuah foton sehingga elektron tereksitasi. Pada keadaan tereksitasi dye (D*) menginjeksi elektron menuju pita konduksi semikonduktor TiO₂. Kemudian elektron tersebut melewati TiO₂ menuju elektroda kerja dan selanjutnya elektron mengalir menuju elektroda lawan melalui rangkaian eksternal. Setelah itu elektron masuk kembali ke dalam sel dan mereduksi sebuah donor teroksidasi (I⁺) yang ada dalam elektrolit. Terakhir dye teroksidasi (D⁺) akhirnya menerima elektron dari donor tereduksi (I₃⁻) dan tergenerasi kembali menjadi molekul awal (D)[4].



Gbr. 1. Skema SSPT [3] dengan modifikasi.



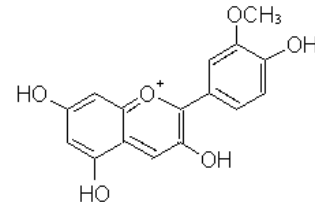
Gbr 2. Skema prinsip kerja SSPT. (1) Dye tereksitasi, (2) elektron melewati TiO₂ menuju elektroda kerja, (3) elektron menuju elektroda lawan, (4) elektron tereduksi, (5) dye tereduksi tergenerasi kembali [4] dengan modifikasi gambar.

Antosianin merupakan pigmen alami yang memberi warna merah, biru dan ungu pada buah, bunga dan daun. Salah satu sumber antosianin yang murah dan banyak terdapat di Indonesia adalah pada ubi jalar ungu. Ubi jalar ungu merupakan

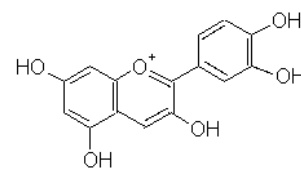
tumbuhan merambat yang tumbuh disegala cuaca. Jenis antosianin yang terkandung dalam ubi jalar ungu yaitu peonidin dan sianidin. Antosianin bersifat tidak stabil dan mudah terdegradasi. Sifat dari antosianin adalah polar dan akan mudah larut dalam pelarut yang bersifat polar [5].

Penggunaan perbandingan pelarut yang tepat dapat mengoptimalkan proses ekstraksi antosianin, sehingga antosianin yang didapatkan akan semakin banyak. Telah banyak penelitian yang bertujuan mendapatkan cara terbaik untuk mengekstrak antosianin. Salah satunya adalah Sri Winarti, *et.al*, [5] telah menggunakan beberapa perbandingan pelarut ethanol:asam asetat:air (5:1:25; 10:1:20; 15:1:15; 20:1:10 dan 25:1:5). Didapatkan antosianin 1,3170 mg/100gr dengan perbandingan pelarut ethanol:asam-asetat:air (25:1:5).

Dalam penelitian ini bertujuan mengetahui perbandingan yang paling optimal untuk mengekstrak antosianin jika pelarut yang digunakan adalah methanol:asam asetat:aquades.



(a)



(b)

Gbr. 3. (a) Struktur peonidin, (b) Struktur Sianidin.

II. METODOLOGI

A. Menyiapkan Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L), methanol PA, asam asetat PA, aquades, KCl, CH₃CO₂Na.3H₂O, HCl, kaca TCO (*transparent conducting oxide*), deterjen, pensil 8B, TiO₂, Polietilen

Glikol 4000 (PEG 4000), KI, dan I₂. Peralatan yang digunakan antara lain timbangan digital, mortar, erlenmeyer, beker gelas, corong, spatula, pipet, gelas ukur, kertas saring, tisu, alumunium foil, PH meter, lampu halogen 100 watt, multi meter digital FLUKE, dan spektrofotometer OPTIZEN 2120 UV (UV-Vis).

B. Ekstraksi Antosianin Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas L*)

Ubi jalar ungu ditimbang menggunakan timbangan digital sebanyak 40 gram. Selanjutnya ubi jalar ungu digerus dan dihaluskan menggunakan mortar. Ubi jalar ungu yang telah halus dimasukkan dalam erlenmeyer yang telah dilapisi alumunium foil, kemudian direndam selama 24 jam dengan campuran pelarut methanol:asam asetat:aquades dengan perbandingan 20:4:26, 25:4:21, dan 30:4:16. Selama proses perendaman erlenmeyer di simpan dalam tempat yang gelap. Setelah 24 jam cairan ekstrak disaring menggunakan kertas saring dan dimasukkan dalam botol yang dilapisi alumunium foil. Hal ini bertujuan agar antosianin tidak terkena cahaya sehingga mudah terdegradasi.

C. Membuat cairan PH

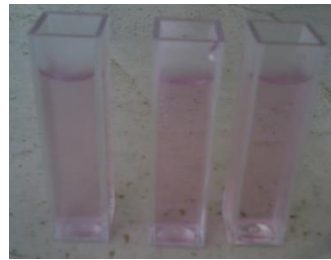
Sebanyak 0,186 gram KCl ditambah 98 ml aquades dimasukkan dalam beker gelas kemudian ditambah HCl sedikit demi sedikit sampai menjadi PH 1. Untuk membuat PH 4,5 yaitu 5,4439 gram CH₃CO₂Na.3H₂O, dan aquades dicampur dalam beker gelas. Kemudian ditambahkan HCl sampai menjadi PH 4,5. Untuk mengukur PH digunakan PH meter.

D. Uji Spektrum Absorbansi Antosianin Ubi Jalar Ungu Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Cairan ekstraksi antosianin yang diekstrak dengan perbandingan pelarut 20:4:26 dimasukkan ke dalam kuvet. Dimasukkan juga cairan perbandingan pelarut 20:4:26 ke dalam kuvet. Gbr. 4 merupakan cairan ekstraksi antosianin yang dimasukkan ke dalam kuvet.



(a)



(b)

Gbr. 4. (a) Cairan antosianin yang telah diencerkan dengan larutan buffer dengan PH 1. Dari kiri ke kanan merupakan perbedaan larutan ekstrak dengan perbandingan 20:4:26, 25:4:21, dan 30:4:16. (b) Cairan antosianin yang telah diencerkan dengan larutan buffer dengan PH 4,5. Dari kiri ke kanan merupakan perbedaan larutan ekstrak dengan perbandingan 20:4:26, 25:4:21, dan 30:4:16.

Setelah itu kedua kuvet dimasukkan dalam spektrofotometer OPTIZEN 2120 UV kemudian diuji absorbansinya. Panjang gelombang yang digunakan antara 400-700 nm. kemudian hal yang sama juga dilakukan pada cairan ekstraksi dengan perbandingan pelarut 25:4:21 dan 30:4:16.

Dari spektrum antosianin yang telah diperoleh kemudian dicari panjang gelombang yang merupakan letak dimana nilai puncak absorbansi berada. Nilai dari panjang gelombang inilah yang disebut λ_{max} yang kemudian akan digunakan dalam proses analisis jumlah antosianin.

Setelah itu dilakukan juga analisis total antosianin menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Untuk setiap cairan ekstrak diambil 0,2 ml, kemudian diencerkan menggunakan cairan PH 1 sampai menjadi 1,8 ml. Setelah diencerkan lalu dimasukkan ke dalam kuvet. Dengan Hal yang sama juga dilakukan dengan menggunakan PH 4,5. Setelah itu analisis jumlah antosianin dilakukan dengan mengukur absorbansi sampel menggunakan $\lambda_{max} = 530 \text{ nm}$ dan $\lambda = 700 \text{ nm}$ [6].

E. Pembuatan lapisan TiO_2

Sebanyak 2 gram serbuk TiO_2 dihaluskan dalam mortar. Sambil terus dihaluskan kemudian ditambahkan asam asetat sebanyak 5 ml. Setelah itu ditambahkan juga 10 tetes deterjen dan diaduk sampai rata selama 10 menit. Selanjutnya disiapkan kaca TCO dan diukur terlebih dahulu resistansinya menggunakan multimeter digital. Kemudian pada sisi konduktif ditempel selotip di sekeliling tepi kaca seperti yang nampak pada Gbr. 5.



(a)

(b)

Gbr. 5. (a) Kaca TCO yang disolotip pada tepinya, (b) Kaca TCO yang telah selesai dilapisi pasta TiO_2 dan dioven dalam suhu $300^\circ C$ selama 30 menit.

Setelah itu pasta TiO_2 diteteskan pada permukaan kaca dan diratakan dengan menggunakan batang pipet lalu ditunggu sampai kering. Setelah kering semua selotip yang menempel dilepas, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu $300^\circ C$ selama 30 menit. Matikan oven dan lapisan TiO_2 dibiarkan agar menjadi dingin.

F. Pembuatan elektroda karbon

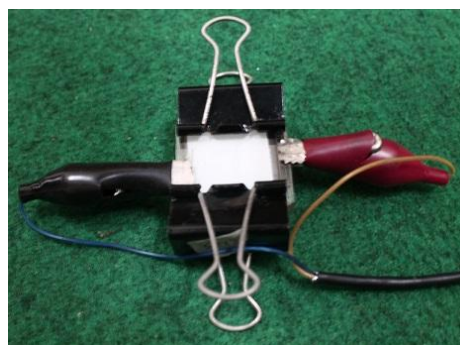
Kaca TCO diukur resistansinya menggunakan multimeter digital. Kemudian pada sisi konduktifnya diarsir menggunakan pensil 8B. Setelah itu bagian yang diarsir diletakkan di atas nyala api lilin sehingga muncul lapisan jelaga. Selanjutnya salah satu tepinya dibersihkan menggunakan kertas tisu.

G. Pembuatan elektrolit

Untuk membuat larutan elektrolit iodida/triiodida (I^-/I_3^-) yaitu dengan mencampurkan 8,3 gr KI dengan 1,269 gr I_2 dalam beker gelas. Kemudian ditambahkan sebanyak 100 ml Polietilen Glikol 4000 (PEG 4000). Campuran tersebut diaduk sebentar kemudian distirer selama 20 menit.

H. Perangkaian dan Pengujian SSPT

Elektroda TCO yang berlapis TiO_2 direndam masing-masing dalam cairan antosianin dengan perbandingan pelarut 20:4:26, 25:4:21, dan 30:4:16 dalam waktu yang sama yaitu 1 jam. Setelah itu angkat dan keringkan di udara terbuka. Kemudian pasang elektroda kaca TCO berlapis TiO_2 dan elektroda kaca TCO yang telah dilapisi karbon. Setelah itu di sela kedua elektroda ditetesi larutan elektrolit. Terakhir agar kedua elektroda tidak bergeser maka dijepit menggunakan klip pada kedua sisinya. SSPT yang telah siap uji dapat dilihat pada Gbr. 6. Selanjutnya SSPT siap untuk diuji.



Gbr. 6. Struktur SSPT siap uji.

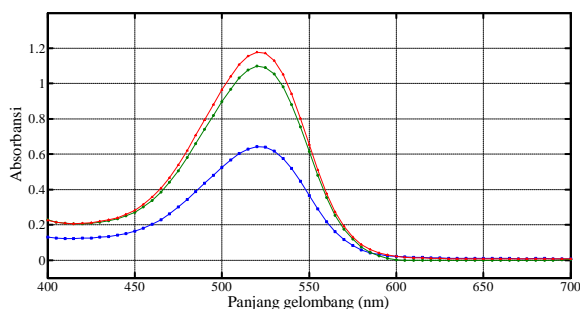
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Uji Spektrofotometer UV-Vis pada Antosianin Ubi Jalar Ungu

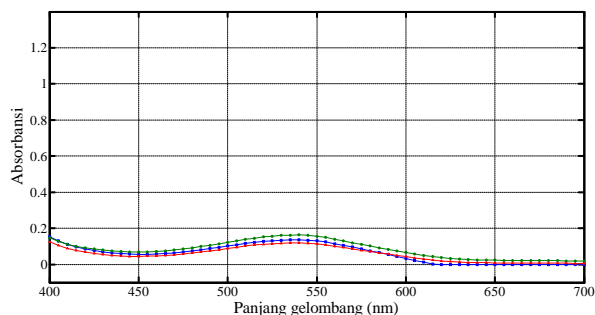
Untuk mengetahui nilai absorbansinya dilakukan pengujian antosianin ubi jalar ungu menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Dari hasil spektrofotometer UV-Vis tersebut dapat diketahui bahwa puncak absorbansi dari yang terendah sampai yang tertinggi adalah cairan ekstrak pengan perbandingan pelarut 30:4:16 kemudian 20:4:26, dan yang terakhir 25:4:21. Daerah serapan antosianin ubi jalar ungu terletak pada panjang gelombang 450-600 nm. Dan puncak serapan terletak pada panjang gelombang 530 nm. Puncak serapan atau λ_{max} inilah yang kemudian digunakan untuk menguji cairan ekstrak yang telah diencerkan menggunakan PH 1 dan PH 4,5 pada metode analisa jumlah antosianin.

B. Analisis Total Antosianin Ubi Jalar Ungu

Setelah dilakukan pengenceran menggunakan cairan PH 1 dan PH 4,5 kemudian dilakukan pengujian menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan menggunakan panjang gelombang 530 nm dan 700 nm. Hasil uji spektrofotometer UV-Vis dapat dilihat pada Gbr. 7 dan Gbr.8.



Gbr. 7. Spektrum antosianin yang diencerkan menggunakan PH 1. — perbandingan pelarut 20:4:26, — perbandingan pelarut 25:4:21, dan — perbandingan pelarut 30:4:16.



Gbr. 8. Spektrum antosianin yang diencerkan menggunakan PH 4,5. — perbandingan pelarut 20:4:26, — perbandingan pelarut 25:4:21, dan — perbandingan pelarut 30:4:16.

Jumlah antosianin yang terkandung dalam cairan ekstrak kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan Ref. [6].

$$A = (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700})_{PH1} - (A_{\lambda_{vis-max}} - A_{700})_{PH4,5} \quad (1)$$

$$Antosianin = (A \times MW \times DF \times 1000) / (\epsilon \times l) \quad (2)$$

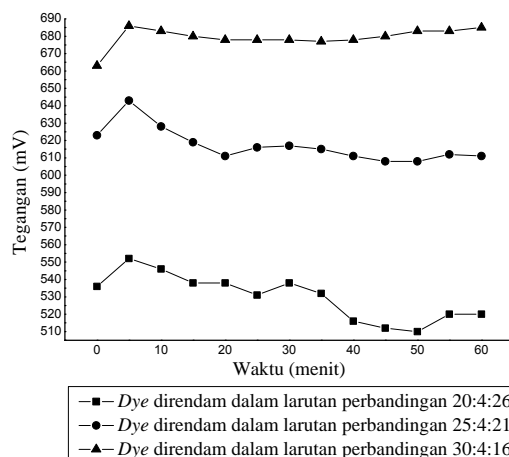
Dengan menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2) diperoleh hasil perhitungan jumlah antosianin yaitu untuk perbandingan pelarut methanol:asam asetat:aquades (20:4:26) menghasilkan jumlah antosianin sebanyak 14,725 mg/100 gr. Untuk perbandingan pelarut methanol:asam asetat:aquades (25:4:21) menghasilkan antosianin 27,85

mg/100 gr. Dan yang terakhir perbandingan pelarut methanol:asam asetat:aquades (30:4:16) antosianin yang dihasilkan sebanyak 31,16 mg/100 gr.

Dari data diatas hubungan perbandingan pelarut dengan jumlah antosianin adalah semakin sedikit methanol dan semakin banyak aquades yang digunakan maka jumlah antosianin yang diperoleh akan semakin sedikit. Sebaliknya, semakin banyak methanol yang digunakan dan semakin sedikit aquades maka jumlah antosianin yang didapatkan akan semakin banyak.

C. Pengujian Tegangan SSPT

Dilakukan pengujian tegangan keluaran dari SSPT menggunakan multi meter digital FLUKE. Kemudian diamati dan dicatat tegangan yang muncul di multi meter setiap 5 menit. Pengambilan data dilakukan selama 1 jam. Setelah dilakukan pengujian tegangan keluaran dari SSPT, data yang diperoleh dapat digambarkan menjadi seperti Gbr. 9.



Gbr. 9. Grafik tegangan terhadap waktu.

Dari Gbr. 9 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan SSPT untuk TiO₂ yang direndam dalam cairan antosianin dengan perbandingan pelarut 20:4:26 adalah yang paling kecil. Rata-rata tegangan yang muncul adalah 530 mV. Kemudian untuk TiO₂ yang direndam dalam cairan antosianin dengan perbandingan pelarut 25:4:21 tegangannya lebih tinggi dengan rata-rata tegangannya 617 mV. Dan yang terakhir TiO₂ yang direndam dalam cairan antosianin dengan perbandingan pelarut 30:4:16 menghasilkan tegangan yang

paling tinggi diantara yang lainnya dengan rata-rata sebesar 679,3 mV. Selain itu tegangan yang dihasilkan oleh tiga SSPT tegangannya relatif konstan dan tidak mengalami penurunan tegangan yang signifikan. Tegangannya mampu bertahan dalam kurun waktu yang cukup lama.

IV. KESIMPULAN

Perbandingan pelarut yang optimal untuk mengekstrak ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas* L) adalah methanol:asam-asetat:aquades = 30:4:16 yang menghasilkan antosianin sebanyak 31,16 mg /100 gr. Semakin banyak jumlah antosianin yang digunakan untuk merendam TiO₂ maka tegangan yang dihasilkan oleh SSPT menjadi semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Akhiruddin Maddu, Mahfuddin Zuhri, dan Irmansyah, 2007, Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya TiO₂ Nanokristal Tersensitisasi Dye, Makara, Teknologi, Vol. 11 No. 2.
- [2] M. Gratzel, 2003, Dye-sensitized solar cells, Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews 4 (2003) 145-153.
- [3] Maya. S.W.K, Gontjang. P, 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, ITS, Surabaya.
- [4] T. Marinado, 2009, Photoelectrochemical Studies of Dye-Sensitized Solar Cell Using Organik Dyes, Stockholm.
- [5] Sri Winarti, Ulya Sarofa, Dhini Anggraeni, 2008, Ekstraksi dan Stabilitas Warna Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* L.) Sebagai Pewarna Alami, Jurnal Teknik Kimia. Vol.3, No.1.
- [6] M. Monica Giusti, Ronald E. Wrolstad, 2001, Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy, Current Protocols in Food Analytical Chemistry F1.2.1-F1.2.13.
- [7] Kukuk Yudiono, 2011, Ekstraksi Antosianin Dari Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* cv. Ayamurasaki) Dengan Teknik Ekstraksi *Subcritical Water*, Jurnal Teknologi Pangan Vol.2 No.1
- [8] Vitriany Ekasari, Gatut Yudoyono, 2013, Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Linn Var. Rubrum) Variasi Larutan TiO₂ Nanopartikel Berfase Anatase dengan Teknik Pelapisan Spin Coating, Jurnal Sain dan Seni POMITS Vol. 2, No.1