

PENGAPLIKASIAN *DYE-SENSITIZER SOLAR CELL* DARI EKSTRAK KULIT BUAH MANGGIS MENGGUNAKAN ELEKTROLIT POLIMER PADAT PADA *PORTABLE CHARGER***Eki Kurniawan, Iskandar R^{*})**

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Andalas 25163

Telp: +62 751 72586, Fax: +62 751 72566

E-mail: iskandar@ft.unand.ac.id^{*})**ABSTRAK**

Dye-sensitized solar cell merupakan sel surya yang berbasis fotoelektrokimia dimana proses absorpsi cahaya dilakukan oleh bahan organik molekul dye dan proses separasi muatan oleh bahan anorganik semikonduktor TiO₂. Dye-sensitized solar cell (DSSC), sebagai teknologi sel surya yang berkembang dan proses produksinya yang simpel, merupakan alternatif sel surya murah dimasa yang akan datang seiring mahalnya harga produksi sel surya konvensional (sel surya silikon). Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan dan pengujian dye-sensitized solar cell menggunakan dye bahan organik jenis anthocyanin dye dari ekstraksi kulit buah manggis, dan semikonduktor bubuk TiO₂ serta menggunakan elektrolit polimer padat agar tidak mudah menguap di udara. Dari penelitian yang telah dilakukan, sel surya DSSC ini telah berhasil diterapkan pada portable charger untuk mengisi baterai rechargeable. Dimana dengan efisiensi maksimum portable charger yang didapat dari pengujian sebesar 1,996 % dan tegangan maksimum yang diperoleh sebesar 2,789 Volt pada intensitas cahaya matahari 752,68 W/m², dapat mengisi kedua baterai tersebut masing-masing 41 mV dan 70 mV.

Kata kunci

Dye-sensitized solar cell (DSSC), Titanium Oxide (TiO₂), anthocyanin dye, elektrolit polimer padat, portable charger.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sel surya (*solar cell*) merupakan media yang dibuat dan digunakan untuk menangkap dan mengkonversi energi matahari menjadi listrik. Pada masa sekarang ini sel surya yang banyak digunakan adalah sel surya berbasis teknologi silikon yang merupakan hasil dari perkembangan teknologi semikonduktor elektronik. Meskipun demikian, masih ada beberapa permasalahan seperti biaya produksi yang mahal untuk proses pabrikasi material silikon dan juga banyak proses yang menggunakan bahan kimia yang berbahaya dalam pembuatannya.

Seiring perkembangan nanoteknologi, silikon yang merupakan bahan anorganik mulai tergantikan dengan hadirnya sel surya generasi baru yang menggunakan bahan-bahan organik yaitu *dye-sensitized solar cell* (DSSC). DSSC diharapkan menjadi salah satu kandidat yang paling potensial sebagai sel surya untuk waktu yang akan datang, hal ini dikarenakan DSSC tidak memerlukan biaya yang tinggi dalam proses produksinya. Pada DSSC, absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik terjadi pada proses yang terpisah, absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye* dan separasi muatan oleh anorganik semikonduktor nanokristal yang mempunyai band gap (celah energi) lebar^[1]. Salah satu semikonduktor yang mempunyai band gap lebar yang digunakan yaitu Titanium dioksida (TiO_2). TiO_2 digunakan karena *inert* (tidak bereaksi dengan unsur lain), tidak berbahaya, semikonduktor yang murah, selain memiliki karakteristik optik yang baik. Namun untuk aplikasinya dalam DSSC TiO_2 harus memiliki permukaan yang luas sehingga cahaya yang terserap lebih banyak yang hasilnya akan meningkatkan arus foton.

Dewasa ini pembuatan *dye-sensitized solar cell* (DSSC) komersial banyak menggunakan *dye* sintesis jenis ruthenium complex, penggunaan *dye* jenis tersebut telah mencapai efisiensi 10%, namun memiliki kekurangan dari segi ketersediaan dan harganya yang mahal^[2]. Maka dari itu diperlukan pembuatan *dye* dengan bahan yang lebih murah dan mudah didapatkan yang berasal dari bahan organik. Pada penelitian

terdahulu, telah dilakukan pembuatan DSSC menggunakan *dye* dengan bahan organik dari ekstrak kulit buah manggis (*Garcinia mangostana L*)^[3], karena dalam kulit buah manggis banyak terkandung zat antosianin, dimana antosianin merupakan pigmen warna atau molekul yang dapat menyerap cahaya dan memberikan warna merah, biru, dan ungu pada bahan-bahan organik seperti buah, bunga dan daun^[4]. Pada penelitian tersebut efisiensi yang diperoleh masih relatif kecil, hal itu terjadi karena *dye* yang dibuat masih menggunakan elektrolit cair sehingga mudah menguap saat terkena cahaya matahari dan mengakibatkan DSSC hanya dapat digunakan dalam waktu relatif singkat. Oleh karena itu pada penelitian kali ini dilakukan pembuatan DSSC menggunakan *dye* dari bahan ekstrak kulit buah manggis (*Garcinia mangostana L*) yang dilapisi elektrolit polimer padat I_2 dan KI sebagai pengganti elektrolit cair untuk meningkatkan efisiensi DSSC. Pada penelitian ini DSSC akan diaplikasikan pada *portable charger* yang digunakan untuk mengisi ulang baterai *rechargeable*, mengingat pada masa sekarang manusia selalu mencari sumber energi yang mudah

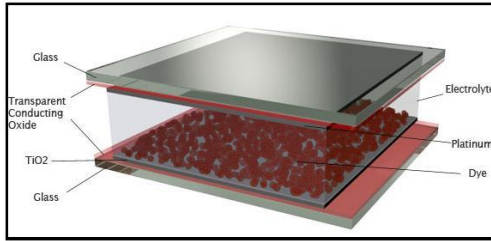
didapat dan murah dari segi harga, ditambah lagi masih banyak tempat-tempat di Indonesia yang masih belum menggunakan listrik. Sehingga jika melakukan perjalanan atau berdomisili di daerah seperti itu sangat sulit mendapatkan listrik untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut. Sehubungan dengan itu, penggunaan DSSC merupakan salah satu solusi cerdas yang dapat digunakan untuk mendapatkan sumber listrik yang mudah diperoleh dan bisa didapat secara bebas dari energi matahari.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Dye-sensitized Solar Cell (DSSC)

Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh Professor Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. DSSC bahan disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon^[7]. Berbeda dengan sel surya konvensional, DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia sehingga menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan. Selain elektrolit, DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO_2 , molekul yang

terabsorpsi di permukaan TiO₂, dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur *dye-sensitized solar cell*.^[6]

Pada bagian atas dan alas sel surya merupakan *glass* yang sudah dilapisi oleh TCO (*Transparent Conducting Oxide*) biasanya TCO, yang berfungsi sebagai elektroda dan *counter* - elektroda. Pada TCO *counter* - elektroda dilapisi katalis untuk mempercepat reaksi redoks dengan elektrolit. Pasangan redoks yang umumnya dipakai yaitu I⁻/I₃⁻ (iodide/triiodide). Pada permukaan elektroda dilapisi oleh nanopori TiO₂ yang mana *dye* terabsorpsi di pori TiO₂, yang umumnya digunakan yaitu jenis ruthenium complex.

Material DSSC

Substrat

Substrat yang digunakan pada DSSC yaitu jenis TCO (*Transparent Conductive Oxide*) yang merupakan kaca transparan konduktif. Material substrat itu sendiri berfungsi sebagai badan dari sel surya dan lapisan konduktifnya berfungsi sebagai tempat muatan mengalir. Material yang umumnya digunakan yaitu flourine-doped tin oxide (SnO₂:F atau FTO) dan indium tin oxide (In₂O₃:Sn atau ITO) hal ini dikarenakan dalam proses pelapisan material TiO₂ kepada substrat, diperlukan proses sintering pada temperatur 400-500oC dan kedua material tersebut merupakan pilihan yang cocok karena tidak mengalami *defect* pada *range* temperatur tersebut.

Nanopori TiO₂

Penggunaan oksida semikonduktor dalam fotoelektrokimia dikarenakan kestabilannya menghadapi fotokorosi^[9]. Selain itu lebar pita energinya yang besar (> 3eV), dibutuhkan dalam DSSC untuk transparansi semikonduktor pada sebagian besar spektrum cahaya matahari. Selain

semikonduktor TiO₂, yang digunakan dalam penelitian ini, semikonduktor lain yang digunakan yaitu ZnO, CdSe, CdS, WO₃, Fe₂O₃, SnO₂, Nb₂O₅, dan Ta₂O₅. Namun TiO₂ masih menjadi material yang sering digunakan karena efisiensi DSSC menggunakan TiO₂ masih belum tertandingi.

Dye

Seperti yang telah dijelaskan, fungsi absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye* yang terabsorpsi pada permukaan TiO₂. *Dye* yang umumnya digunakan dan mencapai efisiensi paling tinggi yaitu jenis ruthenium complex. Walaupun DSSC menggunakan ruthenium complex telah mencapai efisiensi yang cukup tinggi, namun *dye* jenis ini cukup sulit untuk disintesis dan ruthenium complex komersil berharga mahal. Alternatif lain yaitu penggunaan *dye* dari buah-buahan, khususnya *dye* antosianin. Kandungan antosianin pada beberapa jenis sayuran dan buah-buahan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan antosianin pada beberapa jenis sayuran dan buah-buahan^[7]

Sumber : www.whfood.org

Buah	Antosianin (mg/g)
Chokoberry	2147
Buah Murbei	1993
Blubberies	705
Kulit manggis	580
Kismis hitam	533
Blackberries	353
Anggur	192
Lobak merah	116
Kubis merah	113

d. Elektrolit

Elektrolit yang digunakan pada DSSC terdiri dari iodine (I⁻) dan triiodide (I₃⁻) sebagai pasangan redoks dalam pelarut untuk mengurangi tingkat degradasi sel surya. Polimer yang digunakan adalah *polyvinil alkohol* (PVA). Karakteristik ideal dari pasangan redoks untuk elektrolit DSSC yaitu^[9] :

1. Potensial redoksnya secara termodinamika berlangsung sesuai dengan potensial redoks dari *dye* untuk tegangan sel yang maksimal.
2. Tingginya kelarutan terhadap pelarut untuk mendukung konsentrasi yang tinggi dari muatan pada elektrolit.
3. Pelarut mempunyai koefisien difusi yang tinggi untuk transportasi massa yang efisien.

4. Tidak adanya karakteristik spektral pada daerah cahaya tampak untuk menghindari absorpsi cahaya datang pada Kestabilan yang tinggi baik dalam bentuk tereduksi maupun teroksidasi.
5. Mempunyai reversibilitas tinggi.
6. *Inert* terhadap komponen lain pada DSSC.

e. Katalis Counter Elektroda

Katalis dibutuhkan untuk mempercepat kinetika reaksi proses reduksi triiodide pada TCO. Platina, material yang umum digunakan sebagai katalis pada berbagai aplikasi, juga sangat efisien dalam aplikasinya pada DSSC. Platina dideposisikan pada TCO dengan berbagai metoda yaitu elektrokimia, *sputtering*, *spin coating*, atau *pyrolysis*.

Walaupun mempunyai kemampuan katalitik yang tinggi, platina merupakan material yang mahal. Sebagai alternatif, telah dikembangkan desain DSSC dengan menggunakan *counter*-elektroda karbon sebagai lapisan katalis^[10]. Karena luas permukaannya yang tinggi, *counter*-elektroda karbon mempunyai keaktifan reduksi triiodide yang menyerupai elektroda platina.

BAB III METODOLOGI

3.1 Preparasi larutan *dye*

Gerus 125 gram kulit buah manggis dengan mortar kemudian tambahkan methanol : asam asetat : air (50 : 8 : 42 perbandingan volume) kemudian gerus lagi. Larutan kemudian di *filter* dengan menggunakan kertas kasa.

3.2 Pembuatan pasta TiO₂

TiO₂ akan dideposisikan dengan teknik lapisan tebal. Oleh karena itu sebelumnya dibuat TiO₂ dalam bentuk pasta, yaitu dengan prosedur pembuatan sebagai berikut:

1. Tambahkan *Polyvinyl alcohol* (PVA) sebanyak 5 gram kedalam aquades, kemudian diaduk pada temperatur 80^o C. Suspensi ini akan berfungsi sebagai binder dalam pembuatan pasta.
2. Tambahkan suspensi tersebut kepada bubuk TiO₂ sebanyak kurang lebih 150 gram. Kemudian digerus oleh mortar sampai terbentuk pasta yang baik untuk dilapiskan.
3. Derajat viskositas dari pasta untuk mendapatkan pasta yang optimal didapatkan dengan mengatur banyaknya binder dan juga bila diperlukan ditambahkan juga air pada campuran binder dan bubuk TiO₂.

3.3 Preparasi *counter* elektroda-karbon

Sebagai sumber karbon digunakan *graphite* dari pensil B2. *Graphite* dilapiskan ke TCO pada bagian konduktifnya dengan cara mengarsir bagian konduktif hingga terlihat lapisan berwarna hitam pada TCO tersebut. Kemudian dipanaskan pada temperatur 450 °C selama 10 menit agar grafit membentuk kontak yang baik sesama partikel karbon dan dengan TCO.

3.4 Preparasi elektrolit

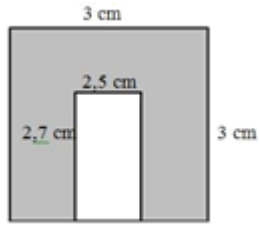
Larutan elektrolit iodide/triiodide dibuat dengan prosedur sebagai berikut,

1. Campurkan 2 gram potassium iodide (KI) ke dalam 15 ml acetonitrile kemudian aduk menggunakan *stirer*.
2. Tambahkan 0,5 gram Iodine (I₂) ke dalam larutan tersebut.
3. Setelah zat larut secara sempurna, simpan pada botol yang berwarna gelap, selanjutnya disebut elektrolit cair.
4. Campurkan 5 gram PVA ke dalam 25 ml aquades kemudian *distirer* di atas *hot plate* dengan temperatur 95 °C. Setelah PVA larut tambahkan 15 ml asam asetat serta 10 ml elektrolit cair ke dalam larutan tersebut, tutup wadah dengan aluminium foil. Kemudian larutan *distirer* lagi selama 3 x 24 jam pada temperatur 65 °C untuk mengurangi kadar air.
5. Setelah itu lakukan *casting* di atas kaca objek agar larutan tersebut membentuk lapisan dengan ketebalan tertentu sehingga tidak terlalu tipis. Setelah itu diamkan selama 3 hari, larutan akan mengering dan menjadi polimer yang siap digunakan pada DSSC.

3.5 Assembly DSSC

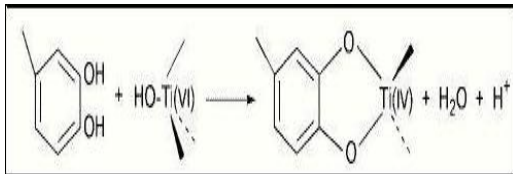
Setelah masing-masing komponen DSSC berhasil dibuat kemudian dilakukan *assembly* untuk membentuk sel surya dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pada TCO yang telah dipotong menjadi ukuran 3 x 3 cm dibentuk area tempat TiO₂ dideposisikan dengan bantuan *scotch tape* pada bagian kaca yang konduktif sehingga terbentuk area sebesar 2,7 x 2,5 cm dengan ilustrasi seperti pada **Gambar 2**. *scotch tape* juga berfungsi sebagai pengatur ketebalan pasta TiO₂.



Gambar 2. Ilustrasi skema area deposisi pasta TiO₂

2. Pasta TiO₂ dideposisikan diatas area yang telah dibuat pada kaca konduktif dengan metoda *doctor blade* yaitu dengan bantuan batang pengaduk untuk meratakan pasta. Kemudian lapisan dikeringkan selama kurang lebih 15 menit dan dibakar/*sintering* dalam tungku listrik pada temperatur 450 °C selama 30 menit.
3. Lapisan TiO₂ kemudian direndam dalam larutan *dye* selama kurang lebih 30 menit kemudian lapisan TiO₂ akan menjadi berwarna kemerahan. Pada proses ini terjadi absorpsi cyanin ke permukaan TiO₂, menggantikan OH⁻ dari struktur Ti(IV) yang berkombinasi dengan proton dari grup cyanin^[14], seperti terlihat skemanya pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Absorpsi senyawa aromatic dihidroxy ke TiO₂.

3.5 Pengujian

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui nilai tegangan dan arus, serta absorpsi *dye* pada sel surya yang telah dibuat.

3.5.1 Pengujian Absorpsi Dye

Profil absorpsi dari *dye* dianalisis dengan menggunakan UV-VIS Spektrometer dengan instrumen U-1800 *Spectrophotometer*. Panjang gelombang cahaya yang digunakan yaitu antara 1000-1900 nm, lebar slit 4 nm, dengan kecepatan *scan* 200 nm/menit. Instrumen U-1800 *Spectrophotometer* dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. *Spectrophotometer*

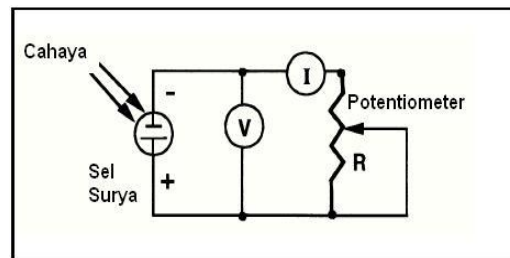
Pengujian absorpsi *dye* dilakukan di Laboratorium Kimia Material, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Andalas.

3.5.2 Pengujian Sel Surya DSSC

Pada sel surya yang telah dirangkai dilakukan dua jenis pengujian yaitu:

Pengujian langsung tegangan dan arus yang terukur dari sel surya dengan menggunakan multimeter. Sumber cahaya yang digunakan yaitu cahaya matahari langsung di luar ruangan. Lokasi yang dijadikan sebagai tempat pengujian yaitu pantai Purus kota Padang saat kondisi *clear sky*.

Pengujian arus dan tegangan dengan menggunakan potentiometer sebagai hambatan yang dikondisikan 50 kΩ. Skema rangkaian listriknya ditunjukkan pada **Gambar 5**. Pengujian dilakukan di pantai Purus kota Padang saat kondisi *clear sky*.



Gambar 5. (a) Skema rangkaian listrik pengujian sel surya DSSC



Gambar 5. (b) Rangkaian pengujian sel surya DSSC

Pengujian dengan mengaplikasikan DSSC pada *portable charger* untuk mengisi ulang baterai *rechargeable* dengan spesifikasi A2 dengan tipe NH-AA-B2C 1,2 V 4800 mAh merk SONY dan baterai A3 dengan tipe AAAHR03 1,2 V 700mAh merk Energizer dan dilakukan pengambilan data tegangan pada baterai selama 1 x 15 menit selama 4 jam untuk melihat kemampuan DSSC dalam mengisi baterai *rechargeable*.

3.6 Perhitungan

3.6.1 Perhitungan Efisiensi

Pada sel surya DSSC, nilai tegangan maksimum 2789 mV (V_{oc}) dengan arus maksimum (I_{sc}) sebesar 3.92 mA, nilai tegangan daya maksimum (V_{mpp}) sebesar 998 mV dan arus daya maksimum (I_{mpp}) 0.02 mA, dari data tersebut maka akan didapatkan nilai FF dengan menggunakan persamaan di bawah ini,

$$FF = \frac{V_{mp} \cdot I_{mp}}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

$$FF = \frac{998 \cdot 0.02}{2789 \cdot 3.92} = 0.0018257$$

$$FF = 0.18257 \%$$

Dengan menggunakan *fill factor* maka daya maksimum dari sel surya didapat dari persamaan,

$$P_{max} = V_{oc} \cdot I_{sc} \cdot FF$$

$$P_{max} = 2789 \text{ mV} \cdot 3.92 \text{ mA} \cdot 0.0018257$$

$$= 19.96 \text{ mW/cm}^2$$

Sehingga efisiensi sel surya yang didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan dari sel (P_{max}) dibagi dengan daya dari cahaya yang datang (P_{Cahaya}):

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{Cahaya}}$$

$$\eta = \frac{19.96}{20000} = 0.01996 = 1.996 \%$$

3.6.2 Perhitungan E_{glob} rata-rata pada pengisian ulang baterai *rechargeable*.

Pengisian ulang baterai dilakukan pada hari yang berbeda. Oleh karena itu perbedaan E_{glob} rata-rata dari masing-masing hari juga akan berpengaruh dalam pengisian baterai. Data E_{glob} yang diperoleh dapat dilihat pada **Tabel 2.**

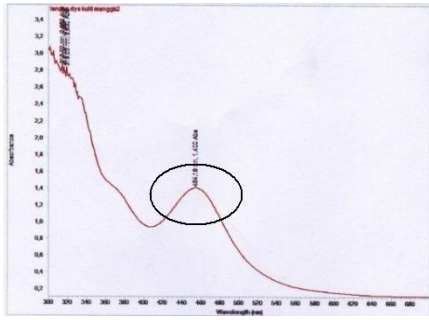
Tabel 2. Data E_{glob} Pengisian Baterai A2 dan A3

NO	E_{glob} Baterai A2	E_{glob} Baterai A3
1	643,42	631,28
2	643,42	643,42
3	655,56	643,42
4	655,56	655,56
5	679,84	655,56
6	679,84	667,7
7	679,84	679,84
8	691,98	691,98
9	740,54	740,54
10	752,68	740,54
11	752,68	740,54
12	752,68	752,68
13	752,68	752,68
14	752,68	752,68
15	752,68	740,54
16	740,54	740,54
Σ	700,32	708,67

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Profil absorpsi larutan *dye* kulit buah manggis.

Profil absorpsi cahaya dari pigmen antosianin larutan *dye* kulit buah manggis merupakan representasi yang menjelaskan bahwa larutan *dye* bekerja mengabsorpsi energi dari cahaya matahari pada gelombang yang tertera pada grafik. Pada penelitian ini, profil absorpsi cahaya dari pigmen antosianin larutan *dye* yang diekstrak dari 125 gram kulit buah manggis dianalisis menggunakan UV-Vis Spektrometer. Pada **Gambar 6** dapat dilihat terdapat puncak pada panjang gelombang 454.18 nm, hal tersebut menandakan bahwa pigmen antosianin yang ada pada kulit buah manggis dapat mengabsorpsi cahaya dengan panjang gelombang 454.18 nm. Dimana panjang gelombang ini masih berada dalam spektrum cahaya tampak. Pada bagian panjang gelombang kurang dari 454.18 nm juga terdapat beberapa puncak yang merupakan area radiasi ultraviolet dimana hampir semua benda gelap dapat menyerap radiasi ini.



Gambar 6. Profil absorpsi cahaya dari pigmen antosianin kulit buah manggis

4.2 Portable charger DSSC.

4.2.1 Pengujian langsung tegangan dan arus yang terukur dari portable charger surya dengan menggunakan multimeter.

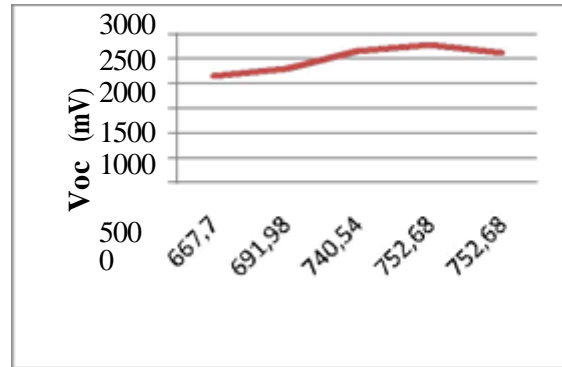
Sel surya yang telah *diassembly*, langsung

dilakukan pengujian kemampuan konversi energinya dengan memanfaatkan intensitas dari cahaya matahari, seperti terlihat pada **Gambar 7.**



Gambar 7. Pengujian *charger* sel surya dengan media cahaya matahari

Pengujian *portable charger* DSSC dilakukan di pantai Purus kota Padang, pengujian dilakukan selama ± 5 jam dimulai dari pukul 10.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB. Setelah dilakukan pengujian *portable charger* berhasil mengkonversi energi surya menjadi listrik, ditunjukkan dengan nilai tegangan pada multimeter sebesar 2789 mV atau 2,789 V dan menghasilkan arus sebesar 3.92 mA pada kondisi intensitas cahaya matahari cerah, Pada **Gambar 8.** diperlihatkan hubungan antara intensitas matahari dengan tegangan yang dihasilkan berdasarkan data yang diperoleh.



E globe (W/m²)

Gambar 8. Tegangan yang dihasilkan *portable charger*.

Pada **Gambar 4.3** tersebut dapat dilihat bahwa *charger* sel surya menghasilkan tegangan yang berfluktuasi, nilai tegangan terus meningkat seiring peningkatan intensitas cahaya matahari. Dapat dilihat dari grafik nilai puncak tegangan terjadi pada intensitas 752,68 W/m² yaitu 2,789 V. Namun dapat juga dilihat pada intensitas yang sama terjadi penurunan tegangan pada *charger* yaitu 2,621 V, hal tersebut dikarenakan oleh tidak stabilnya DSSC yang diaplikasikan pada *charger* tersebut, Ketidak stabilan ini terjadi disamping dikarenakan oleh fluktuasi intensitas matahari, juga dikarenakan proses pembuatan DSSC itu sendiri masih menggunakan metode dan peralatan yang terbatas, sehingga pembuatan DSSC tidak dapat dilakukan secara maksimal. Misalnya dalam perakitan DSSC, DSSC hanya disusun secara *sandwich* sehingga komponen dari DSSC masih terkontaminasi dengan udara. Dengan demikian kontaminasi dengan udara dapat menyebabkan reaksi redoks yang terjadi antara pasta TiO₂ dan elektrolit polimer padat banyak yang terbuang ke udara, dimana elektrolit yang mengandung iodine mempunyai sifat yang mudah tereduksi jika kontak dengan udara.

4.2.2 Analisa efisiensi portable charger.

Setelah dilakukan pengambilan data tegangan dan arus yang dapat dihasilkan oleh *portable charger*, selanjutnya ditentukan efisiensi dari *portable charger*. Perhitungan efisiensi tersebut dapat dilihat pada hal. 30 yaitu pada bagian **3.10.**

Berdasarkan perhitungan tersebut, dapat dilihat bahwa efisiensi yang dihasilkan oleh *portable charger* sebesar 1.996 %. Nilai ini diperoleh dari nilai tegangan maksimum yang didapat pada saat E_{glob} mencapai 752.68 W/m². Dari hasil tersebut dapat dilihat juga bahwa nilai

efisiensi yang dapat dicapai masih sangat rendah. Dalam hal ini, rendahnya efisiensi dapat diakibatkan oleh berbagai hal di antaranya :

1. Adanya kontaminasi dengan udara bebas mengakibatkan reaksi yang terjadi pada *portable charger* tidak dapat digunakan secara optimum untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik, tetapi banyak yang lepas ke udara bebas sebelum menghasilkan listrik.
2. Luas permukaan DSSC yang digunakan juga dapat mempengaruhi nilai efisiensi, karena pada dasarnya efisiensi juga akan meningkat seiring dengan penambahan luas permukaan yang terkena sinar matahari. Hal ini dapat terjadi karena nilai efisiensi sangat bergantung pada nilai tegangan dan arus yang dihasilkan DSSC, dan penambahan luas permukaan dapat meningkatkan nilai tegangan dan arus^[14].
3. Pada beberapa referensi, E_{glob} di tepi pantai seharusnya bisa mencapai 900 W/m^2 . Jika dibandingkan dengan E_{glob} pada pengujian ini yaitu 752.68 W/m^2 terdapat perbedaan yang signifikan. Hal ini dapat disebabkan oleh sudut datang sinar matahari yang tidak optimum saat mengenai DSSC. Sudut datang yang optimum adalah 90° ^[15].

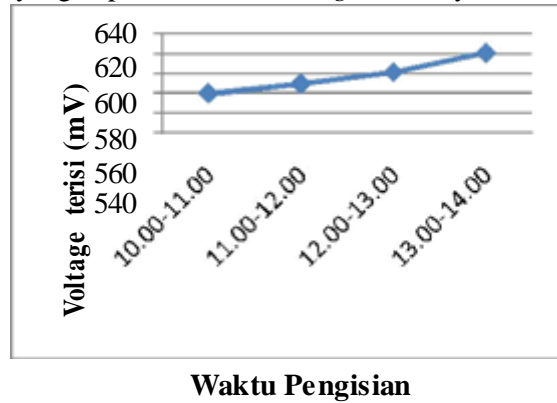
4.2.3 Pengujian *portable charger* pada baterai *rechargeable*.

Setelah dilakukan pengujian pada *portable charger*, pada hari kedua dan ketiga *charger* DSSC diaplikasikan untuk mengkonversi energi surya menjadi listrik dan digunakan untuk mengisi baterai *rechargeable*. Pada penelitian ini baterai yang digunakan ada 2 jenis, pertama baterai berukuran A2 dengan tipe NH-AA-B2C 1,2 V merk SONY yang biasanya digunakan pada *digital camera*, jam dinding serta mainan anak-anak, dan yang kedua baterai berukuran A3 dengan tipe AAAHR03 1,2 V merk energizer yang biasa digunakan pada *remote*, senter dan lain-lain. Pengisian baterai dilakukan secara langsung seperti yang terlihat pada **Gambar 9**.



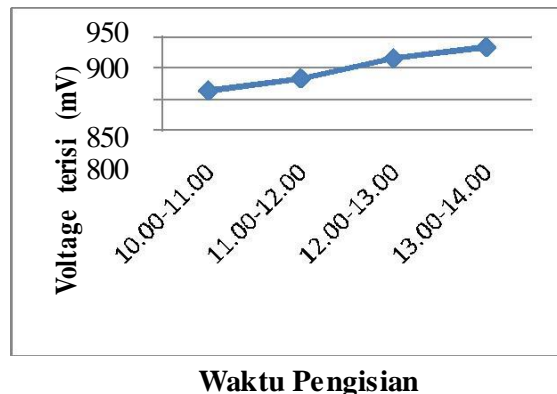
Gambar 9. Pengisian secara langsung pada baterai *rechargeable*

Pengisian dilakukan selama 4 jam dimulai dari pukul 10.00 WIB hingga pukul 14.00 WIB. Pada **Gambar 4.5** ditunjukkan grafik hubungan antara lama waktu pengisian terhadap tegangan yang dapat terisi oleh *charger* sel surya.



Gambar 10. Pengisian baterai A2

Dari **Gambar 10**, dapat dilihat pengisian baterai dimulai dari 580 mV setelah pengisian selama 4 jam baterai tersebut terisi menjadi 621 mV artinya *charger* sel surya tersebut dapat mengisi baterai sebesar 41 mV. Setelah itu pada hari ketiga pengisian baterai dilakukan pada baterai A3. Pada **Gambar 11**, ditunjukkan grafik pengisian baterai tersebut.



Gambar 11. Pengisian baterai A3

Pada awal pengisian baterai A3, baterai memiliki tegangan 864 mV saat diukur menggunakan multimeter. Sama halnya dengan

pengisian baterai yang dilakukan selama 4 jam, baterai A3 ini juga diisi menggunakan *charger* DSSC selama 4 jam dan tentunya pada lokasi yang sama yaitu di pantai Purus kota Padang. Dari grafik dapat kita lihat setelah 4 jam tegangan baterai terisi menjadi 934 mV, artinya *charger* yang digunakan mampu mengisi baterai sebesar 70 mV. Jika dibandingkan dengan baterai A2 yang hanya terisi sebanyak 41 mV, terlihat perbedaan dalam pengisian. Hal ini disebabkan oleh kapasitas dari 2 baterai tersebut berbeda, sehingga untuk mengisi baterai A3 jauh lebih cepat dan mudah dari pada baterai A2.

Dari **Gambar 11.** dapat dilihat, bahwa *portable charger* yang dibuat dapat berfungsi dalam pengisian baterai *rechargeable*. Sesuai data yang ada, pada baterai jenis A2 *portable charger* dapat mengisi sebesar 41 mV dan pada baterai A3 pengisian terjadi sebesar 70 mV.

Tetapi data tersebut menunjukkan bahwa pengaplikasian DSSC pada *portable charger* masih belum maksimal, hal tersebut dapat dilihat dari data pengecasan yang dilakukan selama 4 jam, pada kondisi langit cerah DSSC tersebut hanya mampu mengisi 70 mV atau 0.07 V. Ditinjau dari segi tegangan, alat ini telah mampu menghasilkan tegangan mencapai 2,789 V sementara arus yang mampu dihasilkan ialah sebesar 3.92 mA atau 0.00392 A. Karena arus yang kecil tersebutlah yang menyebabkan penggunaan alat ini dalam pengisian baterai belum begitu efektif. Selain itu, terlihat juga ada perbedaan nilai yang dapat diisi pada masing-masing baterai, dimana pada baterai A2 dapat diisi sebesar 41 mV dan baterai A3 sebesar 70 mV. Perbedaan ini dapat terjadi karena beberapa hal, seperti :

1. Ditinjau dari E_{glob} rata-rata, pada hari pengisian baterai A2 nilai E_{glob} rata-rata yang diperoleh ialah 700.32 W/m^2 sementara pada hari pengisian baterai A3 nilai E_{glob} rata-ratanya adalah 708.67 W/m^2 (perhitungan pada hal. 31). Dari data tersebut, terlihat bahwa pada pengisian baterai A3 nilai E_{glob} rata-rata lebih tinggi dibanding nilai E_{glob} rata-rata pada pengisian baterai A2. Selain itu pada tabel data pengisian baterai (terlampir) dapat dilihat bahwa intensitas cahaya matahari tertinggi adalah 752.68 W/m^2 . Intensitas ini

terjadi dengan selang waktu lebih lama pada pengisian baterai A3 daripada pengisian baterai A2, oleh sebab itu dengan lama waktu pengisian yang sama pengisian baterai A3 bisa lebih banyak daripada baterai A2.

2. Spesifikasi kapasitas arus dari masing-masing baterai juga mempengaruhi adanya perbedaan dalam pengisian baterai tersebut. Dimana baterai A2 kapasitas arusnya 4800 mAh sementara baterai A3 memiliki kapasitas arus sebesar 700 mAh. Pengaruhnya adalah semakin besar nilai kapasitas arus dari baterai maka pengisian baterai juga akan semakin lama sehingga dalam waktu 4 jam baterai A2 hanya dapat terisi sebesar 41 mV sementara baterai A3 dapat terisi sebesar 70 mV.

Oleh karena itu, agar pemanfaatan DSSC bisa lebih maksimal, dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk dapat mengoptimalkan arus yang dihasilkan agar dalam aplikasinya dapat lebih berdaya guna.

4.2.4 Pengujian baterai *rechargeable*.

Setelah pengisian, baterai yang telah diisi menggunakan *portable charger* pada motor mini 4WD dengan spesifikasi 1300 mA dan 13700 Rpm, dan berikut hasilnya:

Baterai A2 digunakan pada motor mini 4WD. Dalam pengujian baterai ini, baterai yang digunakan hanya baterai yang diisi menggunakan *portable charger* dan penggunaan hanya sebatas voltase yang dapat diisi menggunakan *portable charger*. Sesuai dengan data pengisian baterai, baterai A2 dapat terisi sebesar 41 mV. Setelah digunakan pada motor mini 4WD, motor tersebut dapat menyala selama 5 menit 37 detik.

Kemudian dilakukan pula pengujian baterai A3 untuk menyalakan motor mini 4WD, untuk baterai A3 akan digunakan sebanyak 70 mV. Setelah dilakukan uji coba, hasilnya motor dapat menyala selama 2 menit 19 detik.

Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat adanya perbedaan waktu. Perbedaan waktu yang terlihat yaitu baterai A3 dapat menyalakan motor tersebut dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan baterai A2, sementara jika dilihat voltase yang digunakan lebih besar voltase pada baterai A3. Hal ini terjadi karena kemampuan baterai itu sendiri, seperti yang telah diketahui baterai A3 memiliki kapasitas 700 mAh, sehingga jika digunakan pada motor dengan spesifikasi 1300 mA akan lebih singkat waktu

penggunaannya daripada baterai A2 yang memiliki kapasitas 4800 mAh [16].

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari rangkaian penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pada penelitian ini telah berhasil dilakukan pembuatan *portable charger* yang memanfaatkan *dye-sensitized solar cell* (DSSC) dengan menggunakan kombinasi bahan anorganik TiO₂ dengan bahan organik *dye* dari ekstraksi kulit buah manggis.
2. DSSC yang dibuat berhasil mengkonversi energi surya menjadi energi listrik dengan efisiensi *portable charger* sel surya DSSC sebesar 1.996 %.
3. Karakteristik-karakteristik yang menentukan performansi *portable charger* sel surya diantaranya struktur TiO₂, jenis *dye* (karakteristik absorpsi cahaya), susunan sumber tegangan.
4. Pada aplikasi *portable charger* nilai tegangan *open circuit* (V_{oc}) yang dihasilkan sebesar 2789 mV dan tegangan daya maksimum (V_{mpp}) yang dihasilkan sebesar 998 mV dengan arus *short circuit* (I_{sc}) yang dihasilkan sebesar 3,92 mA serta nilai arus daya maksimum (I_{mpp}) sebesar 0,02 mA.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Grätzel, Michael, 2003, *Dye-Sensitized Solar Cells*, journal of Photochemistry and Photobiology, Vol.4, 145-153.
- [2] Maddu, A. M. Zuhri. dan Irmansyah, 2007, *Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya TiO₂ Nanokristal Tersensitasi Dye*, Departemen FISIKA FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [3] Vandri, Webri, 2013, "[Performansi Prototipe Dye-sensitized Solar Cell \(dye sensitizer kulit manggis\) dengan hubungan variasi hambatan terhadap efisiensi konversi energi listrik dan perbandingan terhadap sel surya konvensional](#)", Skripsi Universitas Andalas.
- [4] Prasanta Kumar Das, Bang Geul, Sang-Bong Choi, Sang-Dong Yoo, Youn-II Park, 2011, *Photosynthesis-dependent anthocyanin pigmentation in arabidopsis*, Plant Signaling & Behavior 6:1.
- [5] Shah, A., et al., 1999, "*Photovoltaic Technology : The Case for Thin-Film Solar Cells*", *Science*, 30 July, 285, 692-8
- [6] <http://www.google.com/search/Gambar-dssc>
- [7] <http://cybermed.cbn.net.id/cbprt/cybermed/deta.aspx?x=Nutrition&y>.
- [8] J. M. R. C. Fernando, G. K. R. Senadeera, 2008, *Natural anthocyanins as photosensitizer for dye-sensitized solar devices*, *Current Science*, Vol. 95, No.5.
- [9] J. Halme, 2002, "*Dye sensitized Nanostructured and Organic Photovoltaic Cells : technical review and preeliminary test*", *Master Thesis of Helsinki University of Technology*.
- [10] Kay, A., Grätzel, M., 1996, "*Low cost photovoltaic modules based on dye sensitized nanocrystalline titanium dioxide and carbon powder*", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 44, 99-117.
- [11] *Annual World Solar Photovoltaic Industry Report, Marketbuzz 2007 report.*
- [12] *Global Market: Current & Next Generation Solar Cell & Related Material Market Outlooks, Research and Markets reports.*
- [13] Wolfbauer, G., et al., 2001, "*A channel flow cell system specifically designed to test the efficiency of redox shuttles in dye sensitized solar cells*", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 70, 85-101.
- [14] <http://teknologi.kompasiana.com/internet/2010/01/05/status-dan-tantangan-kedepan-dari-dye-sensitized-solar-cell-48526.html>.
- [15] Nerine J. Cherepy, Greg P. Smestad, Michael Grätzel, and Jin Z. Zhang, 1997, "*Ultrafast Electron Injection : Implications for a Photo electrochemical Cell Utilizing an Anthocyanin Dye-Sensitized TiO₂ Nanocrystalline Electrode*" *J. Phys. Chem. B*, 10, 9342-9351.