

# Pemanfaatan Ekstrak Kulit Buah Kasturi Sebagai *Dye Sensitizer Solar Cell*

Ice Trianiza S.Si.,M.T

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik

UNIVERSITAS ISLAM KALIMANTAN MUHAMMAD ARSYAD ALBANJARI

Jl. Adhyaksa No. 2 Kayu Tangi Banjarmasin 70123

e-mail: ice\_trianiza@uniska-bjm.ac.id

**Abstrak** – Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh pemberian space (bantalan) untuk mendapatkan kestabilan arus dan tegangan prototipe DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) dengan ekstraksi kulit buah kasturi (*Mangifera Kasturi*) sebagai dye sensitizer. Penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe DSSC yang dapat mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik dengan  $TiO_2$  sebagai bahan semikonduktor. Pengujian dilakukan menggunakan lampu halogen dengan jarak sel 5cm dari lampu. DSSC dengan bantalan terbukti lebih stabil dalam arus dan tegangan serta memiliki rentang ketahanan yang lebih lama. Efisiensi DSSC dengan space (bantalan) didapatkan nilai sebesar 1,42% dan DSSC tanpa space (bantalan) didapatkan nilai sebesar 1,62%.

**Kata kunci** – Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), Buah Kasturi (*Garcinia mangostana L.*), Sel Surya

## I. PENDAHULUAN

BERANJAK dari permasalahan semakin menipisnya energi dunia berbahan minyak bumi yang masih menjadi energi paling utama bagi manusia, maka melihat kondisi demikian munculah berbagai ide-ide penciptaan energi alternatif masa depan sebagai ganti alternatif dari energi utama berbahan minyak bumi. Matahari merupakan sumber energi alam paling besar yang tak akan habis, Sehingga mengkaji hal itu maka munculah ide pembuatan energi alternatif berbahan surya (sinar matahari). Sel surya merupakan solusi yang tepat untuk dijadikan sebagai penghasil energi alternatif masa depan.

Melihat ruang lingkup yang lebih kecil yakni negara Indonesia, Kebutuhan masyarakat akan energi listrik semakin meningkat, namun jumlah energi listrik yang dapat dipasang negara belum terlihat mengalami kenaikan pasokan yang signifikan, bahkan mungkin pasokan energi listrik tidak sebanding dengan kebutuhan masyarakat akan listrik sendiri. Hal ini bisa dilihat dan dibuktikan dari adanya program pemadaman listrik bergilir di beberapa daerah-daerah di Indonesia. Hal ini dilakukan pemerintah untuk menghemat pasokan energi Listrik negara yang semakin menipis. Jika dilihat dari kondisi geografis Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa yang hampir sepanjang tahun mendapat penyinaran matahari, maka pada masa mendatang energi surya akan diperhitungkan untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif bahkan mungkin diperhitungkan untuk menjadi sumber energi primer di Indonesia.

Efek *photovoltaic* pertama kali ditemukan becquerel pada tahun 1893. Becquerel mendeteksi adanya tegangan foto ketika sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit. Pada tahun 1954, trio Bell Laboratories, Chapin, Fuller dan Perarson, menemukan sebuah fenomena p-n

*junction* yang dapat mengubah radiasi sinar matahari menjadi tenaga listrik pertama kalinya dan material yang dipergunakan yaitu berupa silikon (Si).

Sel surya berbasis silikon merupakan jenis sel surya yang banyak digunakan saat ini. Walaupun sel surya sekarang didominasi oleh bahan silikon, namun masalah mahalnya biaya produksi dan proses fabrikasinya yang tidak sederhana menjadi salah satu kendala. Disamping itu sel surya konvensional jenis silikon ini memiliki keterbatasan suplai bahan baku silikonnya. Hal ini dapat dimengerti karna harga silikon semakin meningkat seiring dengan permintaan industri semikonduktor yang semakin meningkat pula. Ditambah lagi dengan suplai bahan baku silikon yang terbatas.

Melihat selama ini pembuatan sel surya berbahan silikon kurang dinilai kurang efisien dalam proses fabrikasi dan kurang terjangkau dalam harganya. Maka munculah ide-ide kreatif untuk membuat berbagai sel surya alternatif berbahan *dye sensitized* yang diharap bisa lebih efisien dan terjangkau dari sel surya berbahan silikon. Sebelumnya pada tahun 1991 Gratzel dan Brian O'Regan sudah memperkenalkan sel surya yang menggunakan gabungan material semikonduktor organik dengan semikonduktor anorganik yang dikenal dengan nama *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC).

Karakterisasi penting dari bahan dye yang digunakan yaitu mampu menyerap spektrum cahaya yang lebar dan cocok dengan pita energi  $TiO_2$ . Tumbuhan mengandung senyawa antosianin yang ternyata mampu dijadikan *sensitizer*. Antosianin merupakan senyawa yang berperan untuk menentukan warna pada tumbuhan yang biasa terkandung pada bunga, buah, dan daun tumbuhan hijau. Warna diberikan oleh antosianin berkat susunan ikatan rangkap terkonjugasinya yang panjang, sehingga dari adanya susunan itu membuat zat antosianin mampu menyerap cahaya pada rentang cahaya tampak. Kasturi (*Mangifera Kasturi*) merupakan salah satu buah yang mengandung antosianin paling banyak pada bagian kulitnya, sehingga bisa dimanfaatkan sebagai *dye-sensitizer* pada sel surya jenis DSSC.

Keuntungan yang paling nampak dalam penggunaan sel surya DSSC adalah antara lain proses fabrikasinya yang mudah dan sederhana tanpa menggunakan alat yang canggih dan mahal sehingga biaya pembuatan akan dapat lebih terjangkau. Bahan dasar DSSC-pun mudah diperoleh. Sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan sel surya tersintesis *dye* (DSSC) menggunakan ekstraksi kulit kasturi (*Garcinia mangostana L.*) yang diharapkan dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif tenaga surya masa depan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi Surya

Energi surya adalah radiasi yang diproduksi oleh reaksi fusi nuklir pada inti matahari. Matahari mensuplai hampir semua panas dan cahaya yang diterima bumi untuk digunakan makhluk hidup. Energi surya sampai ke bumi dalam bentuk paket-paket energi yang disebut foton.

Energi surya merupakan sumber energi yang tak habis-habisnya berpotensi memenuhi sebagian besar energi masa depan dengan konsekuensi minimal yang merugikan lingkungan. Energi surya sampai kebumi dalam bentuk paket-paket energi yang disebut foton.

Parameter penting yang berkaitan dengan sel surya sebagai perangkat yang mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi listrik antara lain intensitas radiasi, yaitu jumlah daya matahari yang mengenai permukaan per luasan dan karakteristik spektrum cahaya matahari. Intensitas radiasi matahari diluar atmosfer bumi sebesar 1365 W/m<sup>2</sup>. Setelah disaring oleh atmosfer bumi, beberapa spektrum cahaya hilang dan intensitas puncak radiasi menjadi sekitar 1000 W/m<sup>2</sup>. Intensitas sinar matahari ke bumi bervariasi karena orbit bumi mengitari matahari adalah elips Energi solar atau radiasi cahaya terdiri dari biasan foton-foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Perbedaan tingkat energi dari foton cahaya inilah yang akan menentukan panjang gelombang dari spektrum cahaya. Ketika foton mengenai permukaan suatu sel surya, maka foton tersebut dapat dibiarkan, diserap, ataupun diteruskan menembus sel tersebut. Foton yang terserap oleh sel surya inilah yang akan memicu timbulnya energi listrik [1].

B. Sel Surya

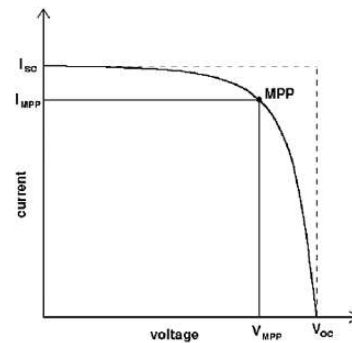
Sel surya merupakan suatu peralatan yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik melalui efek fotovoltaik[2]. Peralatan ini dibuat dari bahan semikonduktor yang merupakan suatu zat padat dengan nilai resistivitas dari bahan konduktor dan lebih kecil dari pada bahan isolator. Efek fotovoltaik merupakan peristiwa terciptanya suatu muatan didalam bahan akibat penyerapan cahaya dari bahan. Prinsip dari sel surya adalah pembagian spektrum cahaya matahari dalam dua bagian atau lebih. Kemudian bagian tersebut diserap oleh beberapa sel surya yang memiliki celah pita energi yang berbeda. Prinsip tersebut dapat dilakukan dengan cara lain yaitu membuat tumpukan sel surya. Tumpukan tersebut terdiri dari sel surya yang paling atas harus memiliki celah pita energi terbesar yang dibuat transparan terhadap spektrum panjang gelombang yang tidak diserapnya sehingga dapat lolos dan diserap oleh sel surya dibawahnya yang memiliki celah energi yang lebih kecil[1].

Perkembangan sel surya ini sampai kepada generasi ketiga yang dikembangkan oleh Michael Gratzel pada tahun 1991. Sel surya yang dikembangkan oleh Gratzel dinamakan sel surya pewarna tersensitisasi atau *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)[3].

C. Performasi Sel Surya

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus

melalui beban pada waktu yang sama. Kemampuan ini dipresentasikan dalam kurva arus-tegangan (I-V) yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2.1 Karakteristik Kurva I-V pada Sel Surya

Ketika sel dalam kondisi *short circuit*, arus maksimum atau arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) dihasilkan, sedangkan pada kondisi *open circuit* tidak ada arus yang dapat mengalir sehingga tegangannya maksimum, disebut tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ). Titik pada kurva I-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (MPP). Karakteristik penting lainnya dari sel surya yaitu *fill factor* (FF), dengan persamaan,

$$FF = \frac{V_{MPP} I_{MPP}}{V_{oc} I_{sc}} \quad (2.1)$$

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

$$P_{max} = V_{oc} I_{sc} FF \quad (2.2)$$

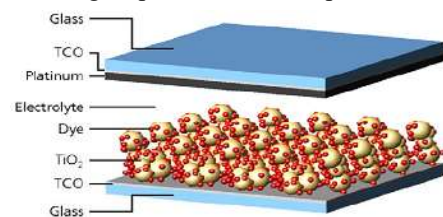
Sehingga efisiensi sel surya yang didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan dari sel ( $P_{MAX}$ ) dibagi dengan daya dari cahaya yang datang ( $P_{cahaya}$ ):

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{cahaya}} \quad (2.3)$$

Nilai efisiensi ini yang menjadi ukuran global dalam menentukan kualitas performasi suatu sel surya.

D. Antosianin

Antosianin (bahasa Inggris: *anthocyanin*, dari gabungan kata Yunani: *anthos* = “bunga”, dan *cyanos* = “biru”) adalah pigmen larut air yang secara alami terdapat pada berbagai jenis tumbuhan[1]. Sesuai namanya, pigmen ini memberikan warna pada bunga, buah, dan daun tumbuhan hijau, dan telah banyak digunakan sebagai pewarna alami pada berbagai



produk pangan dan berbagai aplikasi lainnya[1]. Warna diberikan oleh antosianin berkat susunan ikatan rangkap terkonjugasinya yang panjang, sehingga mampu menyerap cahaya pada rentang cahaya tampak. Sitem ikatan rangkap terkonjugasi ini juga yang mampu menjadikan Antosianin sebagai antioksidan dengan mekanisme penangkapan radikal. Antosianin merupakan sub-tipe senyawa organik dari keluarga flavonoid, dan merupakan anggota kelompok senyawa yang lebih besar yaitu polifenol. Beberapa senyawa antosianin yang paling banyak ditemukan adalah pelargonidin, peonidin, sianidin, malvidin, petunidin, dan delphinidin.

Vakuola (*vaccus* – kososng) adalah rongga-rongga yang terbentuk didalam lumen sel ketika sel bertambah besar dan sel bertambah tua. Berisi cairan vakuola, yaitu suatu larutan cair berbagai bahan organik dan anorganik, gula, protein, lemak, minyak, gas dan garam-garam yang kebanyakan merupakan bahan cadangan makanan atau hasil sampingan metabolisme. Vakuola ini umumnya tidak berwarna, tetapi mungkin berpigmen kebiru-biruan atau kemerah-merahan tergantung lingkungannya. Pigmen ini termasuk zat kimia kelompok antosianin dan terdapat pada bagian tumbuhan seperti akar, daun atau bunga.

Antosianin adalah metabolit sekunder dari famili flavonoid, dalam jumlah besar ditemukan dalam buah-buahan dan sayur-sayuran. Antosianin adalah suatu kelas dari senyawa flavonoid, yang secara luas terbagi dalam polifenol tumbuhan. Flavonol, flavon-3-ol, flavon, flavanon dan flavanonol adalah kelas tambahan flavonoid yang berbeda dalam oksidasi dari antosianin. Larutan pada senyawa flavonoid adalah tak berwarna atau kuning pucat.

Antosianin adalah senyawa flavonoid dan merupakan glikosida dari antosianidin yang terdiri dari 2-phenyl benzopyrylium (Flavium) tersubstitusi, memiliki sejumlah gugus hidroksil bebas dan gugus hidroksil termetilasi yang berada pada posisi atom karbon yang berbeda. Seluruh senyawa antosianin merupakan senyawa turunan dari kation flavilium. Pada umumnya seluruh antosianin memiliki struktur dasar kation flavilium ( $AH^+$ ).

Sebagian besar tumbuhan memiliki kandungan antosianin terbesar pada bagian buahnya. Sebagian tanaman lain, seperti teh, kakao, sereal, buncis, kubis merah dan petunia juga memiliki kandungan antosianin pada bagian tubuh selain buah.

**E. Dye-Sensitized Solar Cell**

*Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC), sejak pertama kali ditemukan oleh profesor 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 [4].

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 nanokristal pori  $TiO_2$ , molekul *dye* yang teradsorpsi di permukaan  $TiO_2$  dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif.

Gambar 2.2 Komponen dan Struktur *Dye-Sensitized Solar Cell*

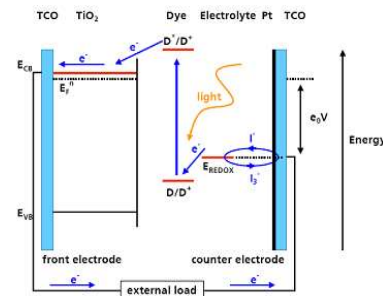
Pada bagian atas sel surya merupakan *glass* yang sudah dilapisi oleh TCO (*Transparent Conducting Oxide*), yang berfungsi sebagai elektroda dan *counter*-elektroda. Pada TCO *counter*-elektroda dilapisi katalis untuk mempercepat reaksi redoks dengan elektrolit. Pasangan redoks yang umumnya dipakai yaitu  $I^-/I_3^-$  (iodide/triiodide).

pada permukaan elektroda dilapisi oleh nanokristal pori  $TiO_2$  yang mana *dye* teradsorpsi di  $TiO_2$ . Jumlah pori yang lebih banyak dengan pengaturannya dalam struktur nano, memungkinkan *dye* yang teradsorpsi lebih banyak menghasilkan proses absorpsi cahaya yang lebih efisien. *Dye* yang umumnya digunakan yaitu jenis ruthenium complex.

**F. Prinsip Kerja Dye-Sensitized Solar Cell**

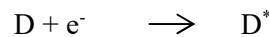
Foton (sinar matahari) yang terabsorpsi oleh *dye* akan mengalami eksitasi elektron pada *dye*. Kejadian ini memberikan energi yang cukup kepada elektron untuk pindah menuju *conduction band* dari  $TiO_2$ . Akibatnya elektron mengalir menuju elektroda, rangkaian listrik sampai *Counter* elektroda. Elektrolit membawa elektron-elektron kembali ke *dye* yang berasal dari *counter* elektroda (CE).

*Dye* yang digunakan pada DSSC umumnya berupa *dye* sintetik Ruthenium kompleks. Ruthenium kompleks memiliki kemampuan berikatan baik dengan semikonduktor karena memiliki ikatan carboxylate. Ikatan tersebut memberikan efek elektron yang mengalir baik tanpa harus melakukan lompatan dan hambatan dalam proses pengalirannya. Awal penemuan DSSC oleh Michael Gratzel, digunakan *dye* sintetik ruthenium kompleks tipe N3 yang menghasilkan efisiensi konversi energi sebesar 7,9%.

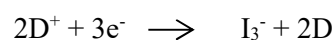


Gambar 2.3 Skema Kerja dari DSSC

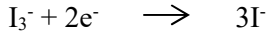
Pada dasarnya prinsip kerja dari DSSC merupakan reaksi dari transfer elektron. Proses pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi elektron pada molekul *dye* akibat absorpsi foton. Elektron tereksitasi dari *groundstate* (D) ke *excited state* ( $D^*$ ).



Elektron dari *excited state* kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* ( $E_{CB}$ ) titania sehingga molekul *dye* teroksidasi ( $D^+$ ). Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit ( $I^-$ ) maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh *dye* yang teroksidasi.



Setelah mencapai elektroda TCO, elektron mengalir menuju counter-elektroda melalui rangkain eksternal. Dengan adanya katalis pada *counter*-elektroda, elektron diterima oleh elektrolit sehingga hole yang terbentuk pada elektrolit ( $I_3^-$ ), akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berekombinasi dengan elektron membentuk iodide ( $I^-$ ).



Iodide ini digunakan untuk mendonor elektron kepada dye yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus transport elektron. Dengan siklus ini terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik.

G. Deskripsi Buah Kasturi

Kasturi (*Garcinia mangostana L.*) adalah sejenis pohon hijau abadi dari daerah tropika yang diyakini berasal dari kepulauan Nusantara. Tumbuh hingga mencapai 7sampai 25 meter. Buahnya juga disebut kasturi, berwarna merah keunguan ketika matang, meskipun ada pula varian yang kulitnya berwarna merah. Buah kasturi ini mengandung antioksidan dan antiinflamasi. Kadar antioksidan buah kasturi diyakini sebagai kadar antioksidan tertinggi didunia. [5]

Klasifikasi ilmiah

- Kerajaan : *Plantae*
- Divisi : *Mangnoliophyta*
- Kelas : *Mangnoliopsida*
- Ordo : *Malpighiales*
- Famili : *Clusiaceae*
- Genus : *Garcinia*
- Spesies: : *G. Mangostana*

Nama Binomial : *Garcinia Mangostana L.*[5]

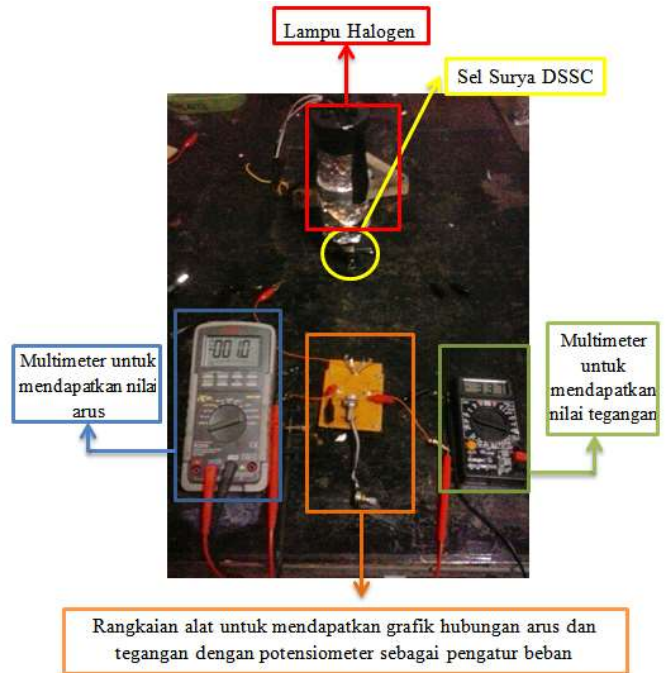
Buah kasturi merupakan buah yang mempunyai banyak keunggulan dibandingkan buah lainnya. Bagian kulit buah kasturi dapat dimanfaatkan sebagai penghasil zat warna alami yang dapat digunakan sebagai pewarna makanan, juga dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan, antidiare dan antikanker. Penampilan buah kasturi yang berwarna ungu menunjukkan adanya pewarna alami yang terkandung didalamnya. Salah satu senyawa flavonoid yang terkandung dalam kulit buah kasturi adalah antosianin. [6]

III. METODOLOGI PERCOBAAN

A. Langkah-langkah Utama Penelitian

1. Preparasi larutan *dye* dari ekstrak kulit buah kasturi sebagai *dye sensitizer*.
2. Preparasi elektrolit yakni larutan elektrolit pasangan redoks iodine dan Iodide ( $I/I_3^-$ ).
3. Preparasi pasta  $TiO_2$  yakni bubuk  $TiO_2$  dicampur dengan asam asetat dan triton-x.

4. Preparasi elektroda kerja yaitu pasta  $TiO_2$  dideposisikan pada substrat kaca ITO (*Indium Tin Oxide*) dengan metode *Spin-Coating*.
5. Preparasi elektroda pembanding yaitu lapisan karbon yang dideposisikan pada substrat kaca ITO (*Indium Tin Oxide*).
6. Preparasi peralatan uji karakterisasi I-V DSSC
7. Pembuatan sandwich DSSC (dengan bantalan) dan uji karakterisasi I-V dari DSSC yang telah dibuat.



Gambar 3.1 Rangkaian alat untuk uji arus dan tegangan

Pengambilan data dilakukan menggunakan lampu halogen 50W dengan jarak 5cm antara sel surya dari lampu. Penelitian menggunakan variasi sel surya DSSC dengan *space* (bantalan) dan dengan tanpa *space* (bantalan) diukur terhadap waktu. Diukur juga hubungan antara arus dan tegangan.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

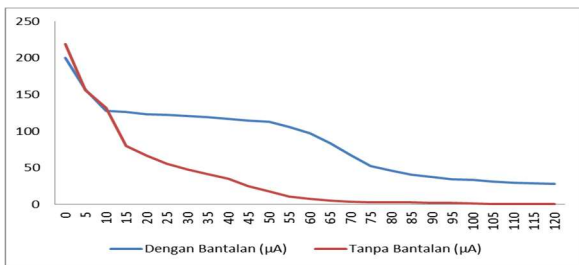
A. Kemampuan Absorbansi Panjang Gelombang Dye Ekstrak Kulit Kasturi

Gambar 4.1 Grafik absorbansi ekstrak kulit kasturi (50gr kulit kasturi + 105ml aquades) terhadap panjang gelombang

Dari grafik hasil uji absorbansi ditunjukkan bahwa kemampuan absorbansi *dye* ekstrak kulit kasturi mampu menangkap rentang panjang gelombang yang sangat lebar. Tampak grafik terputus-putus pada rentang 193,96nm hingga 267,71nm, selanjutnya grafik menunjukkan tanpa adanya putus-putus pada rentang 268,25nm hingga 1110,08nm.

Hal ini menunjukkan bahwa *dye* dari kulit buah kasturi adalah mampu menangkap cahaya dengan rentang panjang gelombang yang lebar.

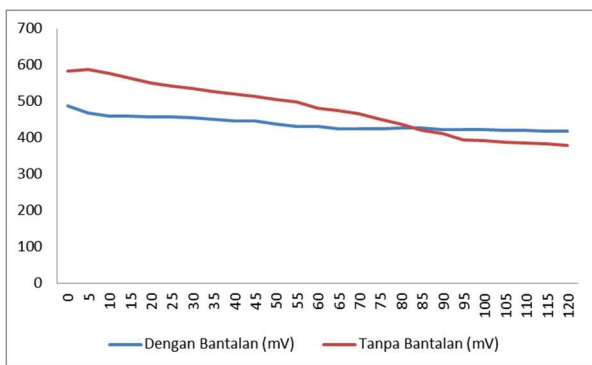
**B. Grafik Perbandingan Arus pada DSSC dengan dan Tanpa Space (bantalan)**



Gambar 4.2 Grafik perbandingan hasil arus DSSC tanpa dan dengan *space* (bantalan) dalam 2 jam diambil dalam selang waktu 5 menit

Grafik di atas menunjukkan perbandingan hasil penelitian DSSC dengan dan tanpa *Space* (bantalan) di ambil dalam lama waktu 2 jam dan selang pengambilan data adalah setiap 5 menit. Pada grafik terlihat bahwa DSSC dengan penambahan *space* (bantalan) lebih stabil arusnya dari pada DSSC yang dengan tanpa *space* (bantalan). Selain itu tampak juga DSSC dengan *space* (bantalan) memiliki ketahanan arus yang lebih lama terhadap waktu.

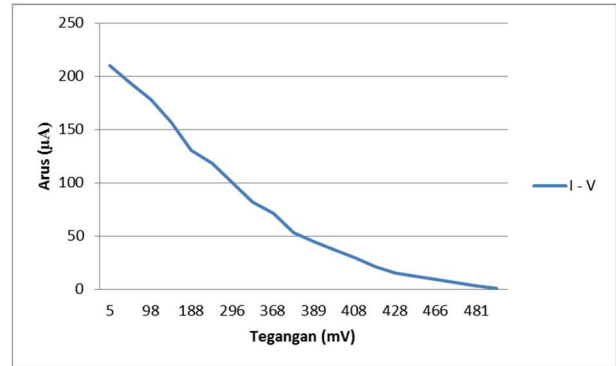
**C. Grafik Perbandingan Tegangan pada DSSC dengan dan Tanpa Space (bantalan)**



Gambar 4.3 Grafik perbandingan hasil tegangan DSSC tanpa dan dengan *space* (bantalan) dalam 2 jam diambil dalam selang waktu 5 menit

Jika pada grafik sebelumnya tampak bahwa arus pada DSSC dengan *space* (bantalan) adalah lebih stabil, maka pada grafik di atas juga tampak bahwa tegangan pada DSSC dengan *space* (bantalan) juga memiliki kestabilan yang lebih baik daripada tegangan yang dihasilkan oleh DSSC dengan tanpa *space* (bantalan). Terlihat dari grafik biru yakni DSSC dengan *space* (bantalan) yang nampak datar. Berbeda dengan grafik merah yakni DSSC dengan tanpa *space* (bantalan) yang tampak mengalami penurunan yang lebih tajam.

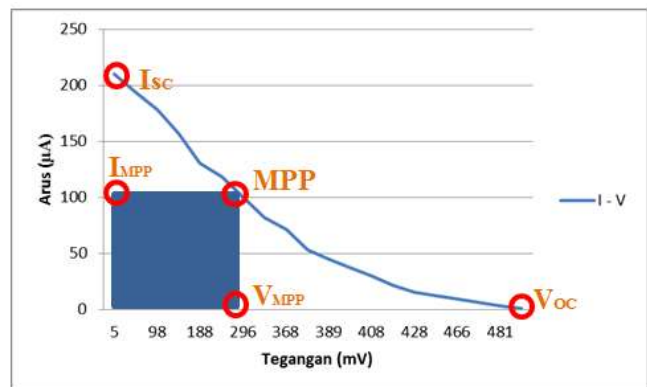
**D. Data Hasil Pengukuran Hubungan Arus dan Tegangan Dari DSSC dengan Space (Bantalan)**



Gambar 4.4 Grafik hubungan arus dan tegangan pada DSSC dengan *space* (bantalan)

**E. Perhitungan Efisiensi Sel Surya DSSC**

Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya tersebut untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama. Kemampuan ini dipresentasikan dalam kurva arus-tegangan (I-V) yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Karakteristik Kurva I-V pada Sel Surya dengan *space* (bantalan)

Ketika sel dalam kondisi *short circuit*, arus maksimum atau arus *short circuit* ( $I_{sc}$ ) dihasilkan, sedangkan pada kondisi *open circuit* tidak ada arus yang dapat mengalir

sehingga tegangannya maksimum, disebut tegangan *open circuit* ( $V_{oc}$ ). Titik pada kurva I-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (MPP) diperoleh dengan cara mendapatkan luasan paling luas yang didapat dari perkalian arus dan tegangan tiap titik dan dicari luasan paling luas yang didapat. Karakteristik penting lainnya dari sel surya yaitu *fill factor* (FF).

Sebelum melakukan perhitungan, maka dilakukan dahulu pengukuran intensitas dari lampu halogen yang digunakan dalam penelitian. Dan kita dapatkan nilai intensitas halogen sebesar 1.040 lux. Permukaan DSSC yang dalam penelitian ini adalah sebesar  $4\text{cm}^2$  Selanjutnya dilakukan konversi dari intensitas ke daya yakni dari satuan lux ke satuan watt. Namun untuk mengubah menjadi satuan watt maka dilakukan konversi dari satuan lux ke satuan lumen (lm) dengan perhitungan seperti berikut[7]:

$$\Phi_{V(lm)} = E_{v(lx)} \times A_{(m^2)}$$

Maka,

$$\Phi_{V(lm)} = 1.040 \text{ lux} \times 0,04\text{m}^2$$

$$\Phi_{V(lm)} = 41,6 \text{ lm}$$

Selanjutnya dari hasil lumen yang didapat maka dilakukan konversi dari satuan lumen ke satuan watt dengan perhitungan sebagai berikut[8]:

$$P_{\text{halogen}} = \Phi_{V(lm)} / \eta_{(lm/W)}$$

Dengan  $\eta_{(lm/W)}$  adalah *luminous efficacy*, dan *luminous efficacy* pada lampu halogen adalah sebesar 20 lm/W [9].

Maka,

$$P_{\text{halogen}} = 41,6 \text{ lm} \times 20$$

$$P_{\text{halogen}} = 2,08 \text{ watt}$$

Perhitungan Performansi DSSC dengan *Space* (bantalan)

Perhitungan nilai *Fill Factor*,

$$FF = \frac{V_{MPP} I_{MPP}}{V_{OC} I_{SC}}$$

$$FF = \frac{296 \times 0,1002}{492 \times 0,2101}$$

$$FF = 0,2869$$

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

$$P_{\text{max}} = V_{OC} I_{SC} FF$$

$$P_{\text{max}} = 492 \times 0,2101 \times 0,2869$$

$$P_{\text{max}} = 29,6566 \text{ mW}$$

Sehingga efisiensi sel surya yang didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan dari sel ( $P_{\text{MAX}}$ ) dibagi dengan daya dari cahaya yang datang ( $P_{\text{cahaya}}$ ) atau disini adalah menggunakan  $P_{\text{halogen}}$ :

$$\eta = \frac{P_{\text{max}}}{P_{\text{cahaya}}}$$

$$\eta = \frac{0,0296}{2,08}$$

$$\eta = 0,0142$$

Maka efisiensi sel surya yang didapatkan adalah:

$$0,0142 \times 100 = 1,42 \%$$

#### F. Pembahasan.

Berdasarkan data yang didapatkan sel surya DSSC dengan *space* (bantalan) mampu bertahan jauh lebih lama dalam menghasilkan arus dan juga tegangan yang stabil dibanding dengan sel surya DSSC tanpa *space* (bantalan). Sel surya DSSC mampu bertahan hingga 5 jam dan masih ada arus yang dihasilkan sebesar  $14,3\mu\text{A}$  dengan tegangan sebesar  $393\text{mV}$ . Hal ini menunjukkan hasil yang sangat baik dibandingkan dengan sel surya DSSC biasa tanpa *space* (bantalan) yang sudah meniadakan arus di angka  $0\mu\text{A}$  dengan tegangan  $385\text{mV}$  pada menit ke 110. Sel surya variasi tanpa *space* (bantalan) hanya mampu bertahan dalam waktu yang lebih singkat dikarenakan karena kemungkinan banyaknya larutan elektrolit yang tergenet keluar dari sel DSSC saat dilakukan penjepitan di kedua sisi sel. Sehingga larutan elektrolit yang ada hanyalah tinggal sedikit dan begitu cepat menguap karena tanpa adanya penutup yang menghambat penguapan ditambah lagi penguapan yang lebih cepat diakibatkan oleh panas saat penyinaran oleh lampu halogen.

Pada penelitian ini yang paling ditekankan adalah kemampuan sel DSSC untuk bisa bertahan lama dan stabil dalam menghasilkan arus dan tegangan dengan memberikan *space* (bantalan) pada susunan DSSC. Meskipun arus juga tegangan yang dihasilkan dari DSSC dengan *space* (bantalan) tidak dapat mencapai angka tertinggi yang didapat oleh arus dan tegangan dari DSSC tanpa *space* (bantalan) namun DSSC dengan *space* (bantalan) terbukti mampu bertahan jauh lebih lama dan stabil dalam menghasilkan arus dan tegangan hingga 5 jam dan belum mendapatkan nilai 0 pada arus dan tegangan. DSSC tanpa *space* (bantalan) mendapatkan arus tertinggi pada  $218,3\mu\text{A}$  dan tegangan tertinggi pada  $584\text{mV}$ , sedangkan DSSC dengan *space* (bantalan) hanya mampu mendapatkan arus tertinggi pada  $200,2\mu\text{A}$  dan tegangan tertinggi pada  $488\text{mV}$ . DSSC tanpa *space* (bantalan) mampu menghasilkan nilai arus dan tegangan tertinggi yang lebih tinggi dari nilai arus dan tegangan tertinggi DSSC dengan *space* (bantalan) adalah dikarenakan proses reaksi pada DSSC tanpa *space* (bantalan) terjadi lebih cepat karena kedua permukaan elektroda kerja  $\text{TiO}_2$  dan elektroda karbon langsung saling bertempelan tanpa ada penghalang berupa *space* (bantalan). Namun tujuan penelitian ini dalam pemberian *space* (bantalan) untuk mendapatkan kestabilan DSSC telah tercapai terbukti dengan arus dan tegang yang didapatkan lebih lama dan stabil.

Dilakukan juga pengukuran untuk mendapatkan grafik hubungan antara arus dan tegangan. Pengukuran dilakukan secara bersamaan antara arus dan tegangan dengan menggunakan rangkaian alat yang telah dibuat sebelumnya. Pengukuran dilakukan dengan cara mengubah nilai beban berupa potensiometer dari posisi didapatkannya

arusmaksimum dengan tegangan minimumhinggadidapatkan pada posisi arus minimum dengan tegangan maksimum. Data diambil secara random pada titik-titik tertentu arus dan tegangan tiap perubahan hambatan yang dilakukan. Data dicatat dan didapatkan grafik hubungan I-V.

## V. KESIMPULAN

Dari ini maka didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Sel DSSC yang telah dibuat dengan  $\text{TiO}_2$  sebagai bahan semi konduktor dan ekstraksi kulit buah kasturi sebagai *dye sensitizer* terbukti berhasil mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Dibuktikan dengan adanya tegangan dan arus yang ditimbulkan dari sel DSSC yang telah dibuat.
2. DSSC telah diuji efisiensinya dan sudah didapatkan juga grafik hubungan I-V. Nilai efisiensi yang didapatkan adalah sebesar 0,0592%DSSC telah diuji efisiensinya dan sudah didapatkan juga grafik hubungan I-V. Nilai efisiensi yang didapatkan DSSC dengan bantalan adalah sebesar 1,42%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Lang, KR (2003), *The Cambridge Guid to The Solar System*, Cambridge: Cambridge University Press, hlm. 183, ISBN 97805218130668.
- [2] O'regan dan Gratzel, M. "A Low-Cost, High Efficiency Solar Cell Based On Dye-Sensitized Colloidal Tio2 Films". *Nature* Vol. 353. Issue 6346, 737. 1991.
- [3] Septina, Wilman. Dkk, (2007), "Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-Inorganik (*Dye-sensitized Solar Cell*)", Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [4] <http://solarsystem.nasa.gov/planets/profile.cfm> (Diakses pada 25 Mei 2011).
- [5] <http://id.wikipedia.org/wiki/Kasturi> (Diakses pada 8 Januari 2013).
- [6] Supiyanti, Wiwin. dkk, (2010), "Uji Aktivitas Antioksidan Dan Penentuan Kandungan Antosianin Total Kulit buah kasturi (*Garcinia Mangostana L.*)", Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Yayasan Pharmasi, Semarang.
- [7] <http://www.rapidtables.com/calc/light/how-lux-to-lumen.htm>
- [8] <http://www.rapidtables.com/calc/light/how-lumen-to-watt.htm>.
- [9] <http://www.rapidtables.com/calc/light/lumen-to-watt-calculator.htm>.