

# Pengaruh Temperatur Kalsinasi pada Kaca FTO yang di-coating ZnO terhadap Efisiensi DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*) yang Menggunakan Dye dari Buah Terung Belanda (*Solanum betaceum*)

Akbar Nur Prasatya dan Diah Susanti

Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*E-mail:* santiche@mat-eng.its.ac.id

**Abstrak**—Penelitian mengenai dye sensitized solar cell dilakukan dengan dye dari ekstrak buah terung belanda sebagai sumber energi alternatif dari tenaga surya. Dye sensitized solar cell (DSSC) dibuat dengan menggunakan semikonduktor ZnO yang dilapiskan pada kaca konduktif Fluorine Doped Tin Oxide (FTO) dan dikalsinasi dengan variasi temperatur 500°C, 550°C, dan 600°C, dengan waktu tahan 30 menit pada tiap temperaturnya. Lapisan ZnO pada substrat dikarakterisasi dengan menggunakan SEM dan XRD. Luas permukaan aktif diukur dengan pengujian BET. Hasil SEM menunjukkan ukuran bentuk partikel ZnO berupa hexagonal. Hasil XRD menunjukkan struktur kristal ZnO adalah Wurtzite. Luas permukaan aktif dibandingkan dengan hasil kelistrikan DSSC, yang selaras meningkat dari temperatur 500°C ke 550°C, namun menurun pada 600°C. Densitas arus dan voltase maksimum diperoleh pada variasi temperatur 550°C yaitu sebesar 0,591 mA/cm<sup>2</sup> dan 1140 mV. Efisiensi maksimum yang diperoleh sebesar 0,150%. Karena sampel 550°C memiliki luas permukaan aktif paling besar 146,185 m<sup>2</sup>/gr.

**Kata Kunci**—*dye sensitized solar cell*, temperatur kalsinasi, terung belanda, ZnO, waktu tahan kalsinasi.

## I. PENDAHULUAN

ENERGI surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini. Salah satu aplikasi energi surya adalah pemanfaatannya dalam konversi energi cahaya menjadi listrik yaitu dengan sel surya. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan, mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun [1]. Pengembangan sel surya menjadi sebuah tuntutan ketika manusia dihadapkan pada berbagai kerusakan lingkungan akibat penggunaan bahan bakar fosil dan *global warming*.

Perkembangan yang menarik dari teknologi sel surya saat ini salah satunya adalah sel surya yang dikembangkan oleh Gratzel. Sel ini sering juga disebut dengan sel Grätzel atau dye sensitized solar cells (DSSC) atau sel surya berbasis pewarna tersensitisasi (SSPT). DSSC merupakan salah satu

kandidat potensial sel surya generasi mendatang, hal ini dikarenakan tidak memerlukan material dengan kemurnian tinggi sehingga biaya proses produksinya yang relatif rendah.

*Dye Sensitized Solar Cell* yang biasa disingkat DSSC, memiliki potensial tinggi untuk terus dikembangkan menjadi sel surya generasi mendatang. Hal ini dikarenakan tidak memerlukan material dengan kemurnian tinggi, sehingga biaya produksi relatif rendah. Pada DSSC, absorpsi cahaya dan separasi muatan listrik terjadi pada proses yang terpisah, tidak seperti sel surya silikon yang seluruh prosesnya melibatkan silikon saja dan tidak terpisah. Pada DSSC, absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul *dye*, dan separasi muatan dilakukan oleh inorganik semikonduktor nanokristal yang mempunyai band gap lebar. Semikonduktor dengan *band gap* lebar akan memperbanyak elektron yang mengalir dari pita konduksi ke pita valensi, yang membuat ruang reaksi fotokatalis dan absorpsi oleh *dye* akan menjadi lebih banyak, sehingga spektrum menjadi lebih lebar.

Sejauh ini *dye* yang digunakan sebagai sensitizer dapat berupa *dye* sintesis maupun *dye* alami. *Dye* sintesis umumnya menggunakan organik logam berbasis ruthenium kompleks, *dye* sintesis ini cukup mahal. Selain itu, *dye* berbasis ruthenium kompleks mengandung logam berat, yang sangat tidak baik untuk lingkungan [2].

ZnO (Zinc Oxide) adalah semikonduktor yang memiliki *band gap* yang cukup lebar yaitu 3,37eV sehingga sesuai untuk diaplikasikan sebagai sel surya [3,4]. Sedangkan bahan yang digunakan dapat dipilih dari bahan-bahan alami, seperti daun, bunga atau buah yang diekstrak. Ekstrak *dye* atau pigmen tumbuhan yang digunakan sebagai fotosensitizer berupa ekstrak klorofil, karoten, atau antosianin [5]. Serta menganalisa pengaruh temperatur terhadap luas permukaan aktif, morfologi lapisan, dan ukuran kristal ZnO demikian juga pada efisiensi DSSC itu sendiri. Dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur kalsinasi morfologi lapisan ZnO, ukuran kristal ZnO dan luas permukaan aktif

## II. PROSEDUR EKSPERIMEN

### A. Alat dan Bahan

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi substrat kaca *Fluorine Doped Tin Oxide* (FTO),  $ZnCl_2$ ,  $NH_3$ , *acetonitrile*, KI,  $I_2$ , asam asetat, aseton, lapisan Pd/Au, Aquades, dan buah terung belanda. Peralatan yang digunakan antara lain multimeter digital, *hot plate with magnetic stirrer*, gelas beaker 25ml dan 100 ml, pipet tetes, spatula, botol tetes, *glass stirring rod*, timbangan digital, kertas tisu, kain kassa, filter, mortar, furnace, dan *spin coater*.

### B. Preparasi Lapisan Oksida ZnO

Bahan dasar dari lapisan oksida DSSC ini adalah semikonduktor  $ZnCl_2$  3,5 gram yang dicampur dengan  $NH_3$  3,6 ml di dalam *beaker glass*. Campuran ini kemudian dimasukkan dalam autoclave dan dimasukkan dalam muffle furnace untuk dipanaskan pada temperatur  $100^\circ C$  selama 24 jam.

### C. Preparasi Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit dilakukan dengan cara melarutkan campuran antara 0,8 gram KI 0,5 M ke dalam larutan *acetonitrile* sebanyak 10 ml yang kemudian diaduk merata. Selanjutnya ditambahkan 0,127 gram  $I_2$  ke dalam larutan tersebut sampai ketiga bahan tersebut terlarut dengan sempurna. Kemudian larutan disimpan dalam botol tertutup.

### D. Preparasi Larutan Dye Ekstrak Buah Terung Belanda

Buah terung belanda digerus dengan menggunakan mortar. Setelah itu, ekstrak buah terung belanda dilarutkan dengan campuran 25 ml *aquades*. Ekstrak kemudian disaring dengan kain kassa agar diperoleh larutan *dye*-nya saja.

### E. Deposisi Lapisan Oksida ZnO

Deposisi  $TiO_2$  pada FTO dilakukan dengan menyiapkan kaca FTO yang telah dicuci bersih dengan etanol. Selanjutnya, FTO dibersihkan dengan kertas tisu dan diletakkan di atas mesin *spin coating* dengan posisi sisi konduktif menghadap ke atas. Kemudian, pasta ZnO yang telah siap diteteskan sebanyak 3 tetes ke atas kaca konduktif. *Spin coating* dilakukan dengan putaran 500 rpm selama 30 detik dan 500 rpm selama 90 detik.

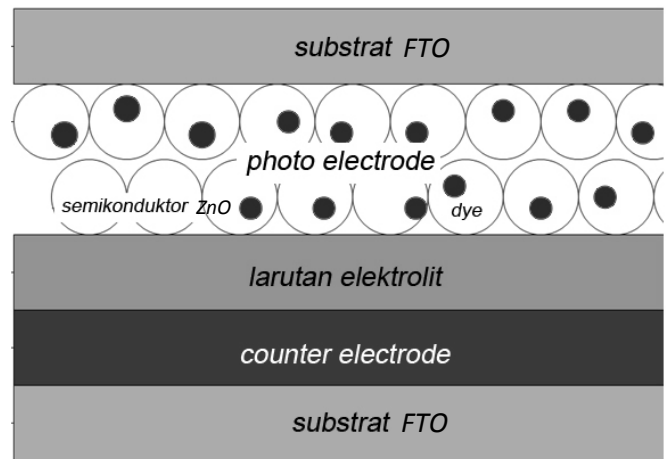
### F. Proses Kalsinasi Lapisan Oksida

Proses kalsinasi ini dilakukan dengan variasi temperatur yaitu  $500^\circ C$ ,  $550^\circ C$ , dan  $600^\circ C$  dengan waktu tahan masing-masing adalah 30 menit. Hal ini dimaksudkan agar molekul oksida saling mengikat sempurna dan molekul pelarut seperti etanol dapat menguap dan membentuk nanopori. Kemudian lapisan ZnO yang sudah dikalsinasi didiamkan hingga temperatur kamar.

### G. Sensitisasi Lapisan Oksida

Sensitisasi lapisan oksida dilakukan dengan mencelupkan lapisan oksida pada FTO yang telah dikalsinasi ke dalam *dye* larutan buah terung belanda. Kemudian, FTO diletakkan dengan posisi lapisan oksida menghadap ke atas dan didiamkan selama dua jam. Sehingga, larutan *dye* menyerap sempurna ke dalam lapisan oksida.

### H. Preparasi Counter Electrode



Gambar. 1. Skema lapisan sandwich DSSC.

*Counter electrode* di-sputtering dengan mesin *sputter coater* untuk didapatkan penyebaran yang merata lapisan Pd/Au pada kaca FTO selama 30 menit.

### I. Perakitan Dye Sensitized Solar Cell

Perakitan *Dye Sensitized Solar Cell* dapat dilakukan dengan langkah-langkah seperti di bawah ini :

1. Satu buah FTO dengan lapisan oksida ZnO dan *counter electrode Pd/Au* ditumpuk dengan permukaan yang saling berhadapan. Kemudian, FTO disusun membentuk sebuah struktur *sandwich*.
2. *Offset* diberikan pada ujung masing-masing elektroda sebesar 0,5 cm untuk kontak elektrik.
3. Kedua pinggir sel DSSC yang tidak diberi *offset* dijepit dengan klip agar prototipe melekat sempurna.
4. Larutan elektrolit triiodida diteteskan 2-3 tetes di kedua ujung *offset* prototipe DSSC. Larutan elektrolit akan terserap kedalam lapisan oksida.
5. DSSC siap untuk diuji kelistrikannya.
6. Pembuatan DSSC kedua dilakukan dengan langkah 1 sampai 4, kemudian dibungkus plastik (*plastic wrapper*) sebelum dijepit.

Gambar. 1. merupakan skema lapisan sandwich DSSC.

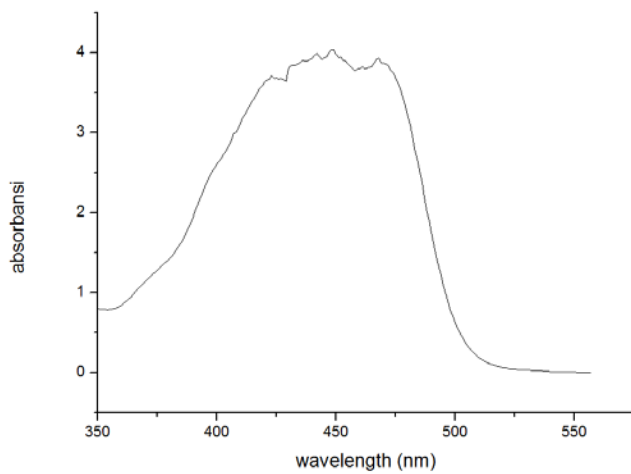
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengujian UV-VIS

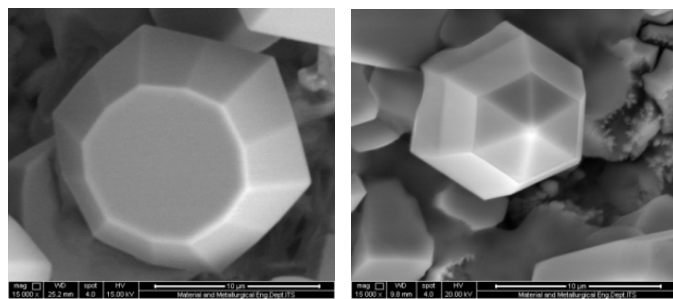
Pengujian UV-VIS bertujuan untuk mengetahui panjang gelombang ( $\lambda$ ) dan nilai absorbansi (A) dari suatu larutan, dengan cara menembakkan sinar ultraviolet (UV) pada larutan.

Gambar 2 menunjukkan nilai absorbansi daging buah terung belanda adalah 4.036, sedangkan nilai panjang gelombangnya adalah 499 nm.

Nilai absorbansi pada daging terung belanda yang tinggi ini menunjukkan tingginya konsentrasi larutan dye dalam menyerap radiasi energi yang diberikan. Dalam penelitian ini, tentunya nilai absorbansi yang tinggi ini dapat semakin banyak menyerap foton sinar matahari. Artinya, semakin banyak pula foton yang bisa dieksitasi untuk dikonversikan oleh sel surya menjadi energi listrik.



Gambar. 2. Grafik panjang gelombang vs absorbansi buah terung belanda.



(a) (b) (c)

Gambar. 3. Hasil SEM ZnO pada temperatur kalsinasi (a)500°C, (b)550°C dan (c)600°C dengan perbesaran 20.000x.

Nilai absorbansi yang dihasilkan daging buah terung belanda ini cukup tinggi bila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, yaitu Nadeak, dkk [6] mendapatkan nilai absorbansi sebesar 3,300 dengan dye dari ekstrak daging buah naga merah, penelitian Fitria [7] yang mendapatkan nilai absorbansi sebesar 3,009 dengan dye dari ekstrak kulit buah naga merah, serta penelitian yang dilakukan Nafi' [8] yang menghasilkan nilai absorbansi daging buah terung belanda sebesar 3.720. Hal ini dikarenakan konsentrasi larutan dye buah terung belanda pada penelitian ini lebih pekat.

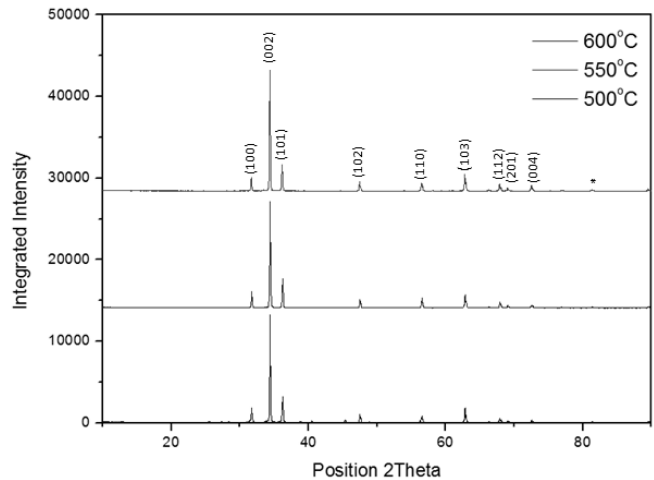
**B. Morfologi Lapisan ZnO**

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi dan ukuran partikel dari lapisan oksida ZnO.

Tabel 1. Hasil perhitungan ukuran partikel ZnO

T	T	Luas Perm. Aktif	Ukuran Partikel	Ukuran Kristal	V Max	J Max	$\eta$
(°C)	(menit)	(m <sup>2</sup> /gr)	( $\mu$ m)	(Å)	(mV)	(mA/cm <sup>2</sup> )	(%)
500	30	14,672	5,909-11,308	1296,32	723	0,375	0,0602
550	30	148,185	4,857-7,774	585,32	1140	0,591	0,1497
600	30	20,820	4,618-9,248	938,62	746	0,386	0,0639

**C. Hasil X-Ray Diffraction**



Gambar. 4. Pola XRD pada lapisan ZnO yang telah dikalsinasi 30 menit dengan (a) 500°C; (b) 550°C; (c) 600°C \*Kaca FTO.

Gambar. 3. menunjukkan morfologi permukaan lapisan ZnO. Bentuk partikel ZnO yaitu hexagonal, dengan ukuran yang bervariasi. Serta dapat dilihat adanya celah pada permukaan ZnO, celah inilah yang nantinya akan mengabsorpsi molekul dye terung belanda. Semakin banyak celah yang terbentuk, maka akan semakin banyak larutan dye yang diserap. Dengan harapan, semakin banyak sinar matahari yang diserap, dan energi listrik yang dihasilkan menjadi semakin besar pula.

Ukuran partikel ZnO dihitung dengan cara melakukan perbandingan manual dengan skala yang tertera pada hasil SEM. Tabel 1. menunjukkan adanya perbedaan ukuran partikel pada tiap variasinya. Variasi 550°C mempunyai ukuran partikel terkecil. Dengan semakin kecilnya ukuran partikel, maka lapisan ZnO dapat menyerap larutan dye semakin banyak [7].

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dan tingkat kristalinitas dari lapisan ZnO. Gambar. 4. menunjukkan hasil XRD dari lapisan ZnO dengan variasi temperatur kalsinasi. Variasi temperatur dan waktu tahan kalsinasi tidak begitu memberikan pengaruh terhadap ukuran kristal ZnO karena pola XRD yang dihasilkan hampir sama secara keseluruhan pada masing-masing variasi.

Untuk mengetahui struktur kristal ZnO, maka dilakukan analisis menggunakan *software* PCPDFWin, dimana pola

XRD pada Gambar. 4 sesuai dengan kartu JCPDF nomor 80-0075.

Ukuran kristal ZnO pada setiap variabel dihitung untuk mengetahui tingkat kristalinitas tiap variabel. Ukuran kristal dihitung menggunakan persamaan Scherrer sebagai berikut:

$$D = \frac{0.9 \lambda}{B \cos \theta} \tag{1}$$

dimana:

- D = ukuran kristal (Å),
- λ = panjang gelombang radiasi (Å),
- B = Full Width at Half Maximum (rad),
- θ = sudut Bragg (°)

Tabel 1 juga menunjukkan hasil perhitungan ukuran kristal pada tiap-tiap variasi. Dapat dilihat bahwa ukuran kristal ZnO pada setiap variasi hampir sama, yaitu sekitar 1296,32Å. Namun ukuran kristal terbesar yaitu pada variasi 550°C dan waktu tahan 30 menit.

Berdasarkan tabel 1 terlihat ukuran kristal pada masing-masing temperatur kalsinasi menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Hasil dari perhitungan ukuran kristal dapat dilihat bahwa pada temperatur 500°C, ukuran kristal menjadi lebih besar daripada variasi temperatur 550°C, namun kembali menjadi besar ukurannya pada temperatur 600°C. Hal ini karena pada temperatur 500°C masih belum membentuk partikel *hexagonal* secara sempurna. Pada temperatur tersebut masih daerah transisi seperti ditunjukkan pada kurva DTA/TGA, sehingga pada temperatur 550°C ukuran partikelnya mengecil karena energi yang diberikan dalam bentuk kenaikan suhu digunakan untuk membentuk partikel *hexagonal* yang sempurna dan kristalin.

**D. Hasil Breuner Emmet Teller**

Pengujian Breuner Emmet Teller (BET) dilakukan untuk mengetahui luas permukaan aktif dari serbuk ZnO<sub>2</sub>. Tabel 2. menunjukkan hasil uji BET serbuk ZnO pada setiap variasi. Pada variasi temperatur 550°C, mempunyai nilai luas permukaan aktif yang paling besar. Nilai ini akan dibandingkan dengan hasil performa kelistrikan DSSC.

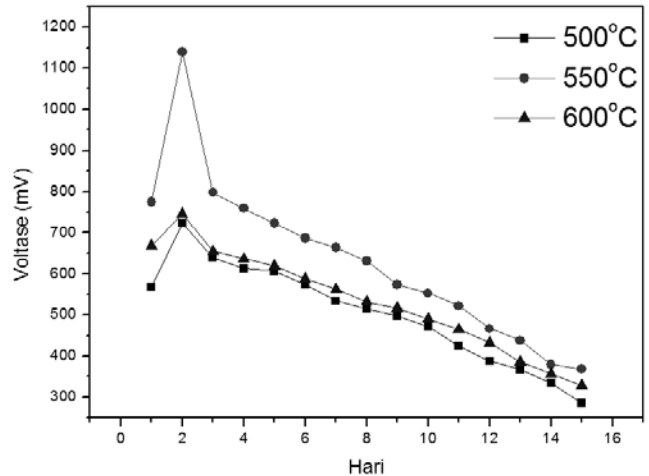
**E. Pengujian Voltase**

Pengujian voltase dilakukan dengan cara memapar DSSC pada sinar matahari dan dihubungkan dengan multimeter digital. Pengujian dilakukan selama lima belas hari. Gambar. 5. menunjukkan hasil uji voltase pada DSSC.

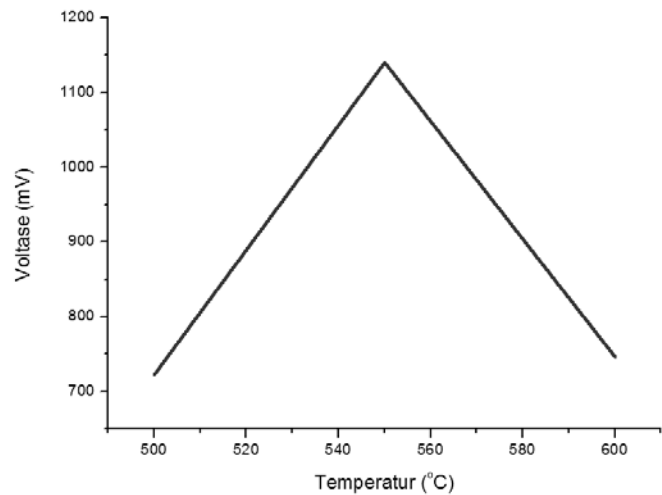
Hasil uji voltase menunjukkan bahwa pada hari pertama, voltase masih rendah, dikarenakan larutan *dye* belum sepenuhnya terserap pada lapisan ZnO. Begitu pula yang terjadi pada larutan elektrolit. Sedangkan dari hari kedua hingga hari kelima belas. Voltase terus menurun karena DSSC dipapar sinar matahari, sehingga disinyalir terjadinya penguapan pada larutan elektrolit ataupun larutan *dye* [7]. Hal ini yang menyebabkan menurunnya nilai voltase hingga hari kelima belas.

Tabel 2.  
Luas permukaan aktif pada sampel uji ZnO

Temperatur (°C)	Luas Permukaan Aktif (m <sup>2</sup> /g)
500	14,672
550	146,185
600	20,820



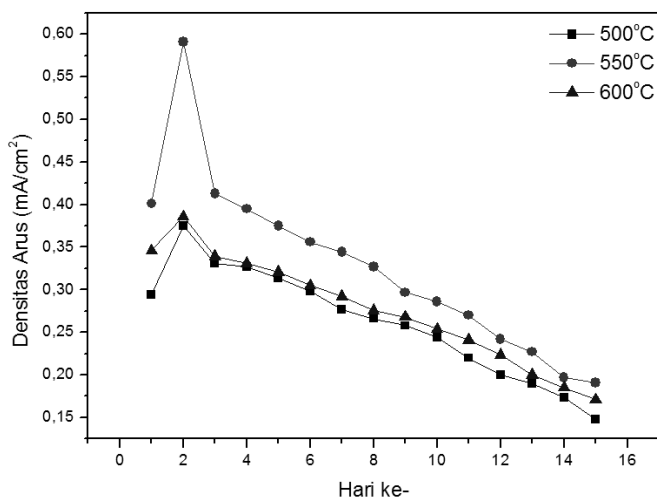
Gambar. 5. Grafik hubungan antara variasi temperatur terhadap voltase DSSC ekstrak terung belanda, (a) 500°C 30 menit; (b) 550°C 30 menit; (c) 600°C 30 menit.



Gambar. 6. Grafik perbandingan voltase DSSC terhadap variasi temperatur kalsinasi.

Gambar. 6 menunjukkan grafik perbandingan voltase tertinggi dari masing-masing variasi. Dapat terlihat bahwa voltase tertinggi diperoleh pada variasi 550°C, 30 menit, yaitu senilai 1140 mV.

Tabel 2. dan gambar. 6. mempunyai *trend* yang sama. Hal ini membuktikan bahwa nilai voltase DSSC yang dihasilkan berbanding lurus dengan luas permukaan aktifnya. Selain itu, dapat dikatakan juga bahwa performa DSSC dari temperatur 500°C terus meningkat hingga 550°C, lalu menurun pada 600°C. Artinya, performa DSSC terus meningkat seiring naiknya variasi temperatur kalsinasi. Namun, temperatur 600°C performanya menurun.



Gambar. 7. Grafik hubungan antara variasi temperature dan hari pengujian terhadap densitas arus DSSC ekstrak terung belanda, (a) 500°C; (b) 550°C; (c) 600°C dengan waktu tahan kalsinasi 30 menit.

F. Pengujian Densitas Arus

Pengujian densitas arus dilakukan dengan cara yang sama dengan uji voltase. Pengujian dilakukan selama lima belas hari. Gambar. 7. menunjukkan hasil uji densitas arus pada DSSC.

Dari Gambar 7 dapat diketahui bahwa nilai debsitas arus paling tinggi dimiliki oleh DSSC dengan waktu tahan kalsinasi 550°C, yaitu dengan nilai sebesar. 0,591 mA/cm<sup>2</sup>. Secara umum dapat dilihat pada Gambar 7 bahwa densitas arus dari DSSC ekstrak buah terung belanda terlihat fluktuatif. Namun dapat dilihat dengan seksama bahwa nilai densitas arus memiliki nilai terendah pada hari terakhir, pada setiap variasi. Sedangkan memiliki nilai tertinggi pada hari ke-2 pada setiap variasi, dan terus mengalami penurunan nilai seiring bertambahnya hari.

G. Perhitungan Efisiensi

Efisiensi yaitu persentase perbandingan daya yang dihasilkan DSSC dibandingkan dengan daya yang dihasilkan matahari untuk menyinari bumi. Perhitungan efisiensi menggunakan persamaan (2) dan (3) di bawah ini.

$$\eta = \frac{P_{max}}{P_{input}} \times 100\% \tag{2}$$

$$P_{max} = V_{max} \times J_{max} \tag{3}$$

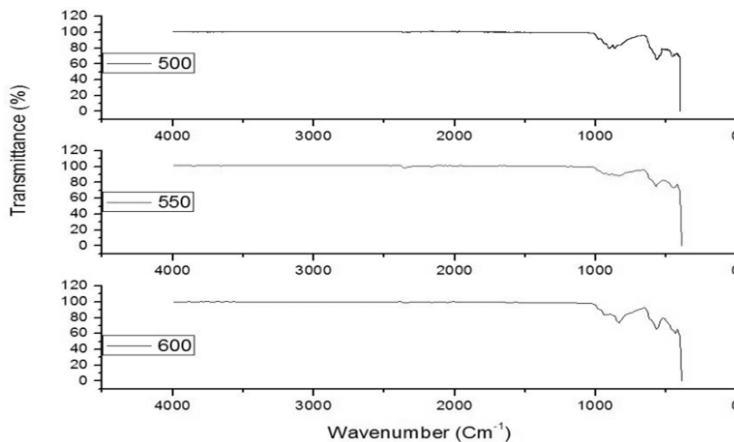
Dimana:

- $\eta$  : efisiensi (%)
- P max : daya maksimum DSSC (mW/cm<sup>2</sup>)
- V max : voltase maksimum DSSC (Volt)
- J max : densitas arus maksimum DSSC (mA/cm<sup>2</sup>)
- P input : daya sinar matahari di Surabaya (mW/cm<sup>2</sup>)

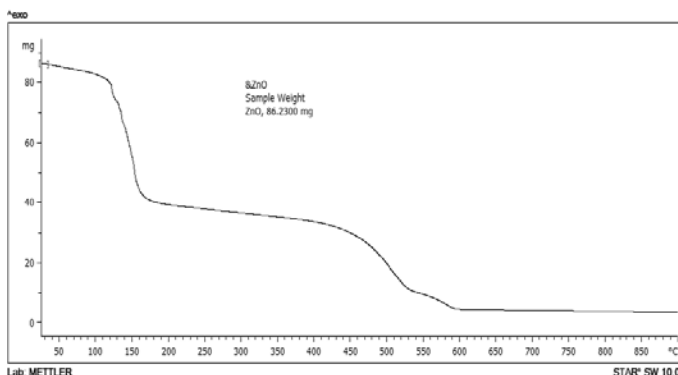
Nilai P input didapatkan daya sinar matahari yang menyinari Indonesia bagian barat (termasuk Surabaya) yaitu senilai 450 mW/cm<sup>2</sup>.

Tabel 1 diatas juga menunjukkan nilai efisiensi DSSC yang didapatkan dari setiap variasi temperatur dan waktu tahan. Dapat dilihat bahwa DSSC yang mempunyai nilai

efisiensi tertinggi yaitu DSSC dengan variasi temperatur 550°C dan waktu tahan 30 menit, yaitu 0,14972%



Gambar. 8. FTIR ZnO temperatur kalsinasi 500°C, 550°C, 600°C.



Gambar. 9. Uji TGA ZnO.

Nilai efisiensi yang dicapai pada penelitian kali ini lebih tinggi daripada penelitian sebelumnya, yaitu Nadeak, dkk [4] yang mempunyai nilai efisiensi tertinggi 0,0383% dan Nafi' dkk [8] yang mempunyai nilai efisiensi sebesar 0,469%.

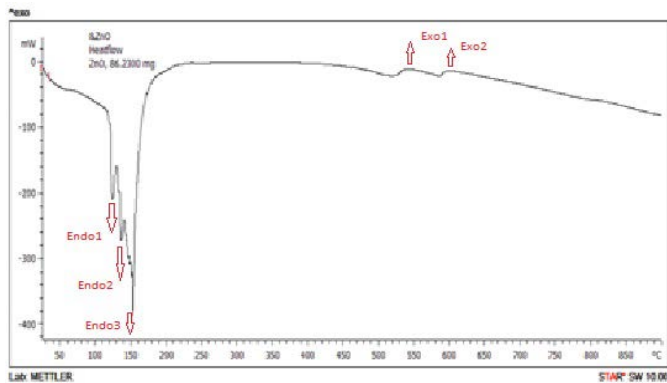
H. Uji FTIR

Karakterisasi dengan spektroskopi inframerah bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam suatu senyawa. Dalam penelitiannya terbukti terbentuk ZnO pada kisaran gelombang antara 400-500 cm<sup>-1</sup> [9]. Palomino (2012) juga mendapati bahwa ZnO terbentuk pada lekukan 486,08 cm<sup>-1</sup> [10].

Hasil FTIR pada Masing-masing sampel ditunjukkan oleh gambar 9. Dalam penelitian ini untuk masing-masing temperatur 500°C, 550°C dan 600°C juga menunjukkan terbentuknya peak pada 439,76 cm<sup>-1</sup>, 442,25 cm<sup>-1</sup> dan 433,33 cm<sup>-1</sup> yang merupakan peak ZnO. Namun pada temperatur kalsinasi 550°C dan 600°C terjadi lekukan khususnya pada gelombang 2357,72 cm<sup>-1</sup> dan 2356,76 cm<sup>-1</sup>. Lekukan ini merupakan bidang vibrasi dari gugus (CO<sub>2</sub>) pada kisaran 2380 cm<sup>-1</sup> sesuai dengan data penelitian FTIR material Zink Oksida (ZnO) oleh Maciel dkk., (2012) [11].

I. Uji DTA/TGA

Thermogravimetric Analysis (TGA) adalah pengukuran perubahan massa yang terjadi akibat dari perubahan temperatur. TGA dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan massa sampel (weight loss).



Gambar. 10. Uji DTA ZnO.

Pada kurva TGA di atas seperti pada gambar 10 dapat dilihat adanya pengurangan persen massa dari sampel ZnO dilihat dari garis yang menurun yang terjadi sebanyak 5 kali. Yang pertama terjadi pada temperatur kamar hingga temperatur 120°C yaitu sebesar 7,2% akibat adanya proses penguapan zat-zat yang mempunyai boiling point yang rendah, termasuk air [12]. Kemudian yang kedua terjadi pada temperatur 120°C-185°C disini terjadi penurunan massa yang sangat besar yaitu 48,4% akibat adanya proses penguapan zat-zat volatile dan air yang terikat secara fisik. Yang ketiga terjadi pada temperatur 185°C-450°C disini merupakan proses lanjutan dari penurunan yang kedua yang merupakan penguapan air yang terikat secara kimia, beserta zat-zat volatile yang lain dan presentasinya sebesar 11,6%. Yang keempat terjadi pada temperatur 450°C-550°C sebesar 23,2% dan yang kelima pada temperatur 550°C-600°C sebesar 6,96% dimana merupakan proses kristalin ZnO terlihat dari garis yang mulai landai/datar, hingga temperatur 600°C ke atas tidak terjadi penurunan lagi yang significant atau hampir sama sekali tidak terjadi pengurangan massa ZnO karena telah terbentuk kristal.

Pada pengujian DTA ini kita lihat bahwa terdapat 3 lekukan endotermik pada temperatur 120°C, 130°C, dan 150°C yang merupakan puncak-puncak endotermik seperti pada gambar.10. Puncak endotermik ini menandakan adanya penyerapan energi sehingga sampel mengalami proses penguapan yaitu pelepasan kandungan air dan juga unsur-unsur *volatile*. Kemudian pada daerah temperatur 500°C-600°C terdapat lekukan exotermik dimana temperatur sampel lebih tinggi daripada temperatur pembandingnya sehingga menandakan adanya pelepasan energi pada sampel dan sama seperti pada kurva TGA pada gambar.9 dimana pada temperatur ini ZnO telah berbentuk kristalin hingga temperatur diatas 600°C sama seperti kurva uji TGA tidak terjadi penurunan dan kenaikan yang signifikan. Sehingga dari hasil pengujian DTA/TGA ini yang dijadikan dasar untuk menentukan variasi temperatur kalsinasi penelitian ini yaitu sebesar 500°C, 550°C, dan 600°C

#### IV. KESIMPULAN

*Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dapat difabrikasi menggunakan semikonduktor ZnO dan *dye* dari ekstrak terung belanda. DSSC dapat mengkonversi energi cahaya matahari

menjadi energi listrik. Voltase maksimum yang dihasilkan yaitu 1140 Mv, densitas arus maksimum sebesar 0,591 mA/cm<sup>2</sup> dan efisiensi 0,14972%.

pada temperatur 550<sup>0</sup>C merupakan temperatur optimum untuk menghasilkan performa DSSC yang maksimal.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] M.S.W. Kumara, G. Prajitno. "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". Tugas Akhir S1. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (2012)
- [2] K. Wongcharee, V. Meeyoo, S.Chavadej.2007. "Dye-sensitized solar cell using natural dyes extracted from rosella and blue pea flowers". *Solar Energy Materials and Solar Cells* 91.page, 566-571.
- [3] P.C.Kao, S.Y. Chu, B.-J. Li, H.-H. Chang, Y.-C.Fang, R.-C.Chang .2009." Low temperature solution-synthesis protoluminescence properties ZnO nanowires". *J.Alloys Compd.*467.page, 342-246
- [4] Q.Zhang, K.Yu, W.Bai, Q.Wang,. F.Xu, Z.Zhu, N.Dai, Y.Sun.2007. Synthesis, optical and field emission properties of three different ZnO nanostructures,. *Mater.Lett.*61.page, 3890-3892
- [5] A.Maddu, Zuhri, dan Irmansyah, "Penggunaan ekstrak antosianin kol merah sebagai fotosensitizer pada sel surya TiO<sub>2</sub> nanokristal tersensitisasi dye," *Makara, Teknologi*, Vol 11, No. 2.page, 78-84
- [6] S.M.R.Nadeak dan D. Susanti. "Variasi temperatur dan waktu tahan kalsinasi terhadap unjuk kerja semikonduktor TiO<sub>2</sub> sebagai dye sensitized solar cell (DSSC) dengan dye dari ekstrak buah naga merah," Tugas Akhir S1, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, ITS, Surabaya, Indonesia (2012).
- [7] J.Fitiria, A.I.Dalimunte, F.R.Abadi, S.M.R.Nadeak,T. Apriliani. "Studi Pemanfaatan Kulit Buah Naga sebagai Materi Sel Surya dengan Metode *Dye Sensitized Solar Cell*". Laporan PKMP Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS (2012)
- [8] M.Nafi',D. Susanti."Aplikasi Semikonduktor TiO<sub>2</sub> Dengan Variasi Temperatur Dan Waktu Tahan Kalsinasi Sebagai *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) Dengan *Dye* Dari Ekstrak Buah Terung Belanda (*Solanum betaceum*)". Tugas Akhir S1. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Teknik Material dan Metalurgi (2013)
- [9] C.H.Yulianti, R. Ediati, D. Prasetyoko. "Sintesa Karakterisasi Nanopartikel ZnO Sebagai Support Katalis" Tugas Akhir S1. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
- [10] A.G.P.Palomino.2006. "Room-Temperature Synthesis and Characterization of Highly Monodisperse Transition Metal-Doped ZnO Nanocrystals". *Physics*. University of Puerto Rico, Physics, Puerto Rico
- [11] A.V.Maciel, A.E. Job, W.N. Mussel, V.M.D. Pasa. 2012. "Pyrolysis and Auto-gasification of Black Liquor in Presence of ZnO: An Integrated Process For Zn/ZnO Nanostructure Production and Bioenergy Generation". *Biomass and Bioenergy* 46,page 538-545.
- [12] H.C.Cheng,F.C. Chen,C.Y.Tsay,J.P. Leu.2008. "High Oriented ZnO Film by sol-gel and Chemical bath deposition". *Journal of alloys and compounds*.page,146-149