

Ekstrak Buah Murbei (*Morus*) sebagai *Sensitizer* Alami Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Substrat Kaca ITO dengan Teknik Pelapisan *Spin Coating*

Zid Latifataz Zahrok dan Gontjang Prajitno.

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: gontjangprajitno@gmail.com

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arus dan tegangan sel DSSC dengan dye yang diekstrak dari buah Murbei menggunakan substrat kaca ITO. Sel DSSC terdiri dari tiga komponen penting yaitu elektroda kerja, larutan elektrolit berupa I^-/I_3^- , dan elektroda karbon. Ekstrak dye yang dibuat dari buah murbei segar dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang 274 – 597 nm dengan dua daerah serapan maksimum yakni pada panjang gelombang 294 nm dan 510 nm. Lapisan nanopartikel TiO_2 pada kaca ITO menyebabkan banyak molekul dye yang menempel. Dye mengakibatkan sel dapat menyerap energi foton kemudian diubah menjadi arus dan tegangan. Karakterisasi dilakukan dengan sumber penyinaran cahaya matahari dan lampu halogen. Diperoleh data kualitas arus dan tegangan terhadap waktu dengan sumber cahaya matahari, kualitas arus dan tegangan terhadap waktu dengan sumber lampu halogen, pengaruh pembebanan terhadap kualitas arus dan pengaruh waktu pendinginan terhadap arus. Dengan penyinaran cahaya matahari Arus maksimum = 682 μA , Voc max = 419,8 mV. Dengan menggunakan sumber penyinaran lampu halogen Arus maksimum = 1283 μA . Voc maksimum = 580 mV.

Kata Kunci :DSSC, TiO_2 nanopartikel fase anatase, ekstrak dye buah murbei, spin coating.

I. PENDAHULUAN

MENURUT penelitian yang dilakukan oleh Universitas Roskilde Denmark cadangan energi yang ada saat ini adalah 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara [1]. Beberapa alternatif untuk memecahkan masalah kelangkaan tersebut muncul diantaranya penggunaan energi nuklir yang dapat dimanfaatkan sampai kelimbahnya. Namun pemanfaatan energi ini memiliki beberapa kekurangan yaitu biaya untuk mengoperasikan yang cukup besar.

Indonesia yang terletak di antara $6^\circ LU - 11^\circ LS$ dan $95^\circ BT - 141^\circ BT$ merupakan salah satu negara yang menerima panas matahari lebih banyak daripada negara lain, yaitu 4800 watt/m²/hari [2]. Untuk itu Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mengembangkan sumber energi terbarukan dibidang geotermal, energi nuklir terutama untuk peningkatan efisiensi sel surya.

Berdasarkan perkembangannya sel surya dibedakan menjadi tiga, yaitu pertama sel surya yang terbuat dari silikon kristal tunggal dan silikon multi kristal, yang kedua adalah sel surya tipe lapis tipis (thin film solar cell) dan yang ketiga adalah sel surya organik atau sel surya Perwarna Tersensitisasi atau juga disebut dengan *Dye Sensitized Solar Cell* [3]. Generasi ketiga dari sel surya ini atau yang disebut sebagai sel surya organik ini semakin marak digunakan

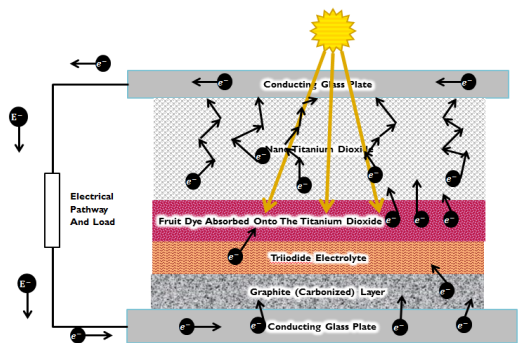
karena fabrikasinya yang mudah. Penelitian sel surya jenis organik ini diprakarsai oleh Michael Gratzel dan O'regan [4] sehingga disebut sebagai sel Gratzel. Sejak tahun 1991, penelitian mengenai fabrikasi dan pengujian bahan solar sel berbasis alam atau yang biasa disebut dengan *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* mulai berkembang pesat karena biayanya yang tidak terlalu besar dan bahan bakunya yang relatif mudah didapat karena banyak tersedia disekitar kita.

Semikonduktor TiO_2 memil iki sifat fotoaktif, tetapi hanya dapat mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang 360 – 380 nm [3]. Untuk meningkatkan daerah serapan tersebut harus disensitisasi dengan zat pewarna agar dapat menyerap cahaya pada rentang panjang gelombang yang lebih lebar. Pada aplikasi sel surya, TiO_2 yang digunakan umumnya berfase anatase yang memiliki energi gap 3,2 eV [5]. Dalam aplikas DSSC, TiO_2 yang digunakan harus memiliki permukaan luas agar dye yang terserap lebih banyak sehingga dapat meningkatkan arus keluaran sel surya. Untuk mendapatkan dimensi permukaan yang luas dapat dilakukan dengan cara membentuk bahan dalam bentuk lapisan tipis [6].

Ruthenium kompleks memiliki sifat fotovoltaiik yang baik dan menghasilkan efisiensi lebih dari 10 %. Tetapi sangat mahal dan tidak mudah dipreparasi sebagai material aktif pada sel surya. Sehingga diperlukan zat pewarna alami yang nilai serapannya tinggi untuk menggantikan ruthenium kompleks tersebut. Karakterisasi penting dari bahan dye yang digunakan yaitu mampu menyerap spektrum cahaya yang lebar dan cocok dengan pita energi TiO_2 [7]. Antosianin merupakan pigmen warna golongan flavonoid yang dapat digunakan sebagai sensitizer. Antosianin menyebabkan semua warna merah, orange, ungu dan biru pada tumbuhan (bunga, buah dan sayur) [8]. Warna tersebut dikarenakan susunan ikatan rangkap terkonjugasinya yang panjang, sehingga dari adanya susunan itu membuat zat antosianin mampu menyerap cahaya pada rentang cahaya tampak. Selain itu, penggunaan zat warna alami juga ramah lingkungan dan biaya produksinya relatif lebih murah.

Ketika cahaya berupa foton mengenai sel DSSC, energi dari foton tersebut akan diserap oleh ekstrak dye. Perbedaan level energi foton yang diserap bergantung pada dye yang digunakan. Dalam memilih dye dianjurkan menggunakan pigmen antosianin yang banyak. Molekul antosianin menyerap energi foton pada jarak sekitar 520 – 550 nm. Penyerapan energi foton menyebabkan elektron pada dye tereksitasi.

Dengan ukuran semikonduktor TiO_2 nanopartikel mengakibatkan dye yang melekat pada saat proses pewarnaan. Semakin banyak dye yang menempel akan



Gambar 1. Prinsip kerja DSSC [9]

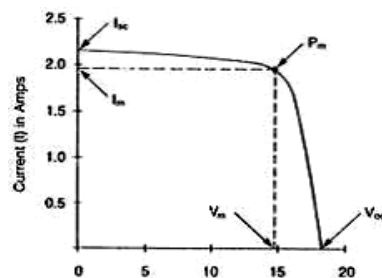
menghasilkan fotoelektron yang semakin banyak. Elektron tereksitasi tersebut kemudian diinjeksikan ke pita konduksi TiO₂ nanopartikel, sehingga TiO₂ bertindak sebagai semikonduktor tipe-n (seperti pada sel surya konvensional silikontipe-n). Foto elektron yang diinjeksikan bergerak sepanjang nanopartikel menuju ke pita konduksi paling atas (anoda). Dengan lapisan TiO₂ yang tipis (dalam ukuran mikro) elektron tereksitasi tidak membutuhkan perjalanan yang jauh untuk sampai ke anoda. Setelah fotoelektron mencapai anoda, fotoelektron berpindah melalui rangkaian listrik dan kelebihan energi tersebut diubah menjadi energi listrik oleh perangkat di rangkaian (beban). Jumlah elektron yang mengalir melalui beban perdetiknya dibaca sebagai arus dan energi yang dimiliki setiap elektron merupakan tegangan atau potensial listrik. Dengan adanya triiodin dari larutan elektrolit akan memberikan elektron untuk melengkapi kekurangan elektron pada molekul dye sehingga kembali pada keadaan semula [10].

Triiodid dari larutan elektrolit mengembalikan kehilangan elektron dengan berpindah ke katoda (kaca konduktif bagian bawah dari sell disebut juga *counter* elektroda atau elektroda pembanding). Elektron yang berpindah melalui rangkaian sampai pada *counter* elektroda dan bergabung kembali dengan triiodid larutan elektrolit yang teroksidasi. Triiodid larutan elektrolit berbentuk cair bertindak seperti katalis karena tidak dihabiskan dalam reaksi yang terjadi.

Beberapa sifat yang diharapkan terdapat pada molekul zat warna sebagai sensitizier meliputi:

- Pankromatis, yaitu mampu menyerap seluruh warna cahaya tampak.
- Memiliki gugus fungsi yang memungkinkan untuk terikat dengan pita konduksi material celah lebar (TiO₂).
- Mempunyai tingkat energi eksitasi yang bersesuaian dengan pita konduksi material celah lebar tidak terlalu jauh, sehingga meminimalkan kehilangan energi melalui mekanisme transisi radiasi transfer elektron.
- Memiliki potensial redoks tingkat energi dasar dan tingkat energi tereksitasi yang sesuai.
- Mempunyai potensial redoks yang cukup besar (positif) sehingga dapat diregenerasi melalui donasi elektron dan elektrolit redoks atau material konduktor hole.
- Mempunyai stabilitas kimia dan fisika khususnya kesetabilan terhadap panas [11].

Elektrolit yang biasa digunakan pada DSSC terdiri dari Iodine (I⁻) dan triiodide (I³⁻) sebagai pasangan redoks dalam pelarut. Karakteristik ideal dari pasangan redoks yang akan digunakan sebagai elektrolit dalam DSSC antara lain:



Gambar 2. Karakteristik I - V

- Potensial redoksnya secara termodinamika berlangsung sesuai dengan potensial redoks dari dye untuk tegangan sel yang maksimum
- Tingginya kelarutan terhadap pelarut untuk mendukung konsentrasi yang tinggi dari muatan pada elektrolit.
- Pelarut mempunyai koefisien difusi yang tinggi untuk transportasi massa yang efisien
- Tidak adanya karakteristik spektral pada daerah cahaya tampak untuk menghindari absorbs cahaya datang pada elektrolit.
- Kesetabilan yang tinggi baik dalam bentuk tereduksi maupun teroksidasi.
- Mempunyai reversibilitas yang tinggi.
- Inert terhadap komponen lain pada DSSC [12].

Ketika sel surya dikenai cahaya, maka akan memiliki karakteristik arus dan tegangan seperti pada gambar 2. Daya listrik yang dihasilkan sel surya ketika mendapat cahaya diperoleh dari kemampuan perangkat sel surya untuk memproduksi tegangan ketika diberi beban dan arus melalui beban pada waktu yang sama. Factor pengisian sel surya merupakan perbandingan antara daya keluaran maksimum terhadap daya teritisnya atau dapat dinyatakan sebagai:

$$F F = \frac{I_m a \times V_m a}{I_s c \times V_o c} \dots \dots \dots (1)$$

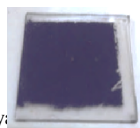
$$\eta(\%) = \frac{I_s c \times V_o c \times F F}{P_{i n}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan antara lain: DSSC dengan variasi pembebanan dengan ekstrak dye dari kulit buah manggis yang dilakukan oleh Fatimatuz Zahrok [13], DSSC dengan menggunakan ekstrak dye dari jahe merah yang dilakukan oleh Vitriani Ekasari [14], DSSC dengan menggunakan ekstrak dye dari ubi ungu yang dilakukan oleh Ice Trianiza [15].

II. METODE

A. Pembuatan Serbuk TiO₂ Nano Partikel Fase Anatase

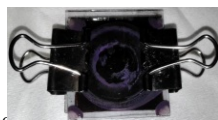
Sebanyak 20 ml HCl diencerkan dengan 50 ml aquades sambil distirrer pada kecepatan 800 rpm selama 15 menit. Kemudian ditambahkan 20 ml larutan TiCl₃ sedikit demi sedikit sambil tetap distirrer. Setelah seluruh larutan TiCl₃ dimasukkan dalam gelas beaker, larutan tersebut distirrer selama 30 menit. Kemudian, ditambahkan 50 ml larutan NH₄OH PA menggunakan pipet tetes. Setelah itu, larutan distirrer selama 60 menit hingga larutan berubah warna dari ungu kehitaman menjadi putih. Kemudian stirrer dimatikan dan campuran ditutup dengan aluminium foil. Larutan diendapkan selama 24 jam hingga terpisah antara suspensi TiO₂ dan pelarutnya.



Gambar 3. Elektroda kerja ITO yang terendam dalam dye.



Gambar 4. Pembuatan elektroda larbon (a) kaca ITO digoresi dengan karbon. (b) kaca ITO dibakar diatas lilin.



Gambar 5. Sandwich DSSC.

Dilakukan proses pencucian dengan menambahkan aquades sebanyak 200 ml lalu dibiarkan mengendap begitu seterusnya hingga pH=7. Kemudian endapan tersebut disaring dengan kertas saring sehingga didapatkan substrat TiO₂. Substrat tersebut TiO₂ dikalsinasi pada suhu 400°C selama 3 jam. Gumpalan TiO₂ hasil kalsinasi dihaluskan dengan mortar hingga berbentuk serbuk TiO₂ yang siap diuji XRD untuk mengetahui fasa dan ukuran kristal TiO₂ yang terbentuk.

B. Pembuatan Ekstrak Dye buah Murbei

Sebanyak 40 gram buah Murbei segar dihancurkan dalam beaker glass. Kemudian ditambahkan dengan 50 ml methanol, 8 ml asam asetat dan 42 ml aquades. Ekstrak didiamkan dalam wadah tertutup yang gelap atau telah dilapisi aluminium selama ± 24 jam. Campuran kemudian disaring dengan kertas saring. Cairan hasil filtrasi di uji UV-Vis untuk mengetahui besarnya absorbansi dan panjang gelombang yang diserap.

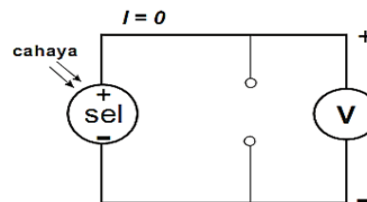
C. Pembuatan Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah pasangan redoks iodin dan iodide (I⁻/I³⁻). Pada pembuatan elektrolit gel ini digunakan bahan kimia antara lain Kalium Iodida (KI) dan Iodine 10% solution. Sebanyak 3 gram KI ditambah dengan 3 ml Iodine. Kemudian distirrer selama 30 menit. Campuran disimpan dalam wadah tertutup.

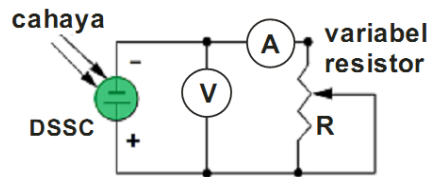
D. Pembuatan Elektroda Kerja

Substrat kaca ITO berukuran 2,5 x 2,5 cm dicuci dalam ultrasonic cleaner dengan alkohol 70% selama 30 menit. Setelah kering diukur resistansinya yang mana pada penelitian ini resistansinya antara 33 – 50Ω. Kacayang lebih resistif dilapisi pasta TiO₂ dengan metode spin coating. 1 gram serbuk TiO₂ dicampur dengan 4 ml asam asetat sambil distirrer dengan kecepatan 700 rpm selama 30 menit, kemudian ditambahkan 5 tetes Triton X-100 yang diteteskan menggunakan pipet berukuran 1 ml, sambil distirrer dengan kecepatan 700 rpm selama 30 menit. Pasta yang sudah jadi disimpan dalam botol tertutup.

Deposisi pasta TiO₂ pada kaca ITO dilakukan dengan metode spin coating. Pasta TiO₂ diteteskan secara merata diatas kaca ITO. Variasi kecepatan pemutar spin coating antara lain 550 rpm selama 40 detik lalu kecepatan dirubah menjadi 1500 rpm selama 40 detik, lalu dipercepat menjadi 2000 rpm selama 40 detik. Lalu diperlambat menjadi 1000 rpm selama 40 detik. Baru kemudian alat spin coating dimatikan. Kaca yang terdepositasi pasta TiO₂ kemudian di



Gambar 6. Rangkaian Pengujian Tegangan Open Circuit



Gambar 7. Skema Rangkaian Pengukuran Arus dan Tegangan

sintering pada suhu 350°C selama 10 menit. Kaca tersebut dibiarkan sehari untuk kemudian direndam didalam larutan dye selama 24 jam.

E. Pembuatan Elektroda Karbon (Elektroda Pembanding)

Elektroda pembanding atau elektroda karbon terbuat dari kaca ITO yang sebelumnya dicuci dan dibiarkan kering. Kemudian dilapisi dengan karbon dari pensil 8 B dan dibakar diatas lilin hingga terbentuk lapisan karbon berwarna hitam. Kaca tersebut kemudian disintering diatas hotplate dengan suhu 450° C agar ikatan antar karbon dan karbon dengan kaca semakin kuat

F. Pembuatan lapisan sandwich DSSC

Peletakan sandwich DSSC ini adalah elektroda karbon berada paling bawah kemudian ditetesi dengan larutan elektrolit baru ditutup dengan elektroda kerja.

G. Pengujian Karakteristik Arus dan Tegangan DSSC

Rangkaian yang digunakan untuk mengkarakterisasi DSSC yang telah dibuat terdiri dari dua potensiometer yang masing-masing bernilai 500kΩ. Rangkaian tersebut seperti gambar 6 dan gambar 7.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

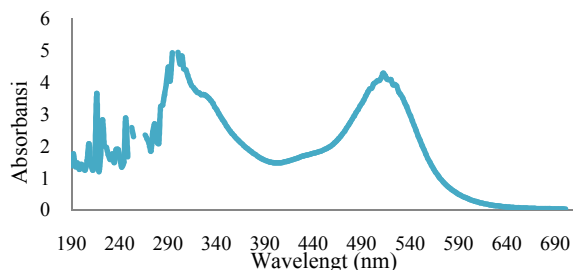
A. Hasil uji UV-Vis

Pengujian dilakukan di Lab Zat Padat Jurusan Fisika FMIPA ITS. Alat uji UV-Vis yang digunakan adalah Genesys. Grafik absorbansi ekstrak buah murbei yang telah diuji dengan UV-Vis Genesys dapat dilihat pada gambar 8.

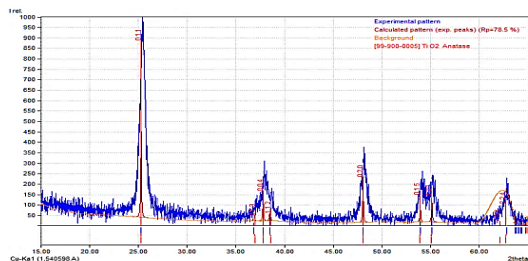
Terdapat dua puncak absorbansi, puncak pertama yakni absorbansi pada panjang gelombang 510 nm termasuk dalam panjang gelombang cahaya tampak dimana rentang panjang gelombangnya mulai dari 392 nm – 614 nm dengan absorbansi maksimum sebesar 4,143. Puncak absorbansi kedua berada pada daerah panjang gelombang sinar ultraviolet yakni pada rentang panjang gelombang 270 nm – 388 nm. Kemampuan terbaik dari dye ekstrak buah murbei adalah menyerap jenis cahaya yang berada pada panjang gelombang 510 nm dengan warna yang tampak adalah warna ungu kemerahan sedangkan cahaya yang diserap adalah cahaya hijau.

B. Hasil uji XRD TiO2

Karakterisasi serbuk TiO₂ menggunakan difraktometer PHILIPS PW 3050 Laboratorium Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya



Gambar 8. Grafik Hasil Uji UV-Vis Larutan Ekstrak Dye Buah Murbei Segar



Gambar 9. Grafik XRD Serbuk TiO₂ Diamati dengan Software Search Match2!

dianalisis pada sudut 15° – 65° karena fasa anatase biasanya muncul diantara sudut tersebut. Grafik uji XRD yang telah diolah dengan software MAUD dapat dilihat pada gambar 9.

Dari data hasil XRD tersebut diketahui bahwa fasa yang terbentuk dari serbuk TiO₂ yang telah dibuat dengan metode kopresipitasi adalah anatase. Hasil ini ditunjukkan dengan parameter-parameter data range = 15,010° – 65,007°, λ = 1,540600 Å, Figure of Merit (FoM) = 0,831479, space group = I 41/a m d, a = 3,7850 Å, c = 9,5140 Å, density = 3,891 g/cm³. Hasil pengolahan data XRD dengan menggunakan software MAUD menunjukkan bahwa ukuran partikel serbuk TiO₂ yang telah dibuat dengan metode kopresipitasi memiliki ukuran 10,9 nm.

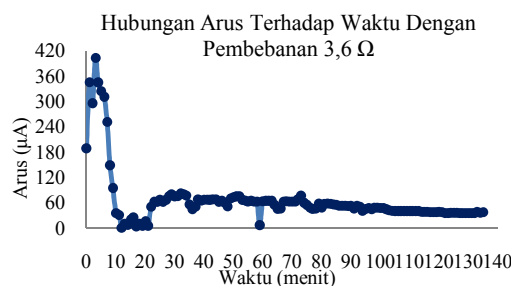
C. Karakterisasi Arus dan Tegangan

Sandwich DSSC dirangkai dengan sebuah rangkaian yang terdiri dari dua sirkuit. Sirkuit pertama merupakan rangkaian yang tidak diberi beban berupa potensiometer dan sirkuit kedua merupakan rangkaian yang diberi beban berupa dua potensiometer dengan hambatan maksimum setiap potensiometer sebesar 500 kΩ.

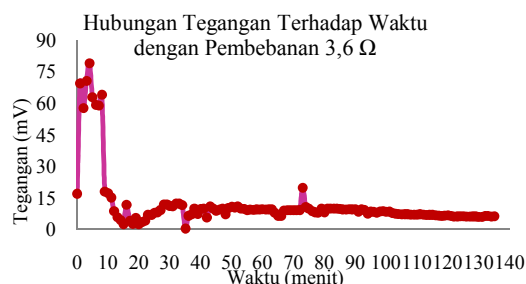
Ketika sel yang telah ditetesi dengan larutan elektrolit dihubungkan dengan multimeter yang berfungsi sebagai pembaca arus dan tegangan, maka pengukuran telah dimulai. Untuk membaca arus multimeter diatur pada μA, sedangkan untuk membaca tegangan diatur pada mV. Ketika sel DSSC ini disinari dan menghasilkan arus menunjukkan bahwa telah terjadi eksitasi pada elektron dye oleh foton-foton dari cahaya matahari.

Untuk mengetahui ketahanan arus dan tegangan terhadap waktu dilakukan pengukuran dengan menggunakan sumber cahaya lampu halogen dan cahaya matahari. Karakterisasi dilakukan dengan menguji ketahanan arus dan tegangan dengan menggunakan sumber penyinaran cahaya matahari, ketahanan arus dan tegangan dengan lampu halogen, ketahanan arus terhadap beberapa pembebanan dan pengaruh waktu pendinginan terhadap kualitas arus.

D. Pengukuran Arus dan Tegangan terhadap Waktu dengan Sumber Cahaya Matahari



Gambar 10. Grafik Hubungan Arus terhadap Waktu Tahan dengan Pembebanan 3,6Ω data data diambil pukul 13.00



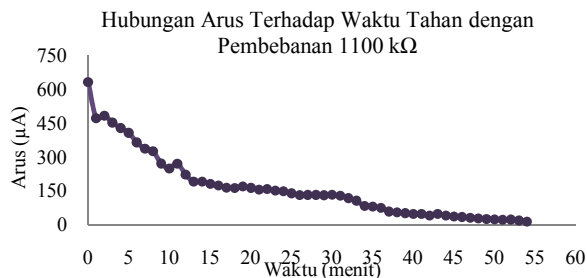
Gambar 11. Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Tahan dengan Pembebanan 3,6Ω data diambil pukul 13.00

Hasil pengukuran dengan menggunakan sumber penyinaran dari cahaya matahari dapat dilihat pada gambar 10 yaitu grafik hubungan arus terhadap waktu tahan dengan pembebanan 3,6 Ω. Gambar 11 yaitu grafik hubungan tegangan terhadap waktu tahan dengan pembebanan 3,6 Ω. Gambar 12 yaitu grafik hubungan arus terhadap waktu tahan dengan pembebanan 1100 kΩ. Gambar 13 yaitu grafik hubungan tegangan terhadap waktu tahan dengan pembebanan 1100 kΩ. Gambar 14 yaitu grafik tegangan open sirkuit (tanpa rangkaian luar).

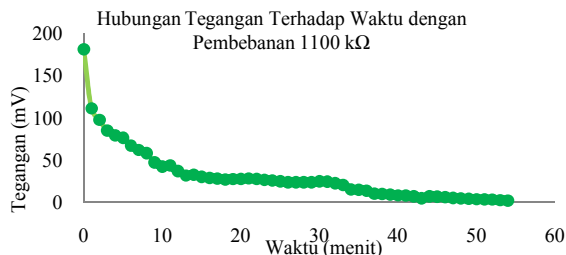
Pengukuran dengan sumber penyinaran cahaya matahari menunjukkan arus maksimum = 682 μA, Voc max = 419,8 mV. Arus tersebut terjadi ketika pembebanan maksimum. Semakin banyak antosianin dari dye maka akan semakin banyak elektron yang terlibat dalam proses konversi elektron. Semakin lama arus tersebut mengecil, saat hambatan semakin besar, elektron-elektron tidak dapat mengalir kembali ke rangkaian karena menumbuk muatan-muatan pada resistor. Sesuai dengan teori ketika hambatannya semakin besar tegangan juga semakin besar. Terbukti bahwa tegangan pada pembebanan 1100 kΩ bernilai 181,2 mV lebih besar dari tegangan ketika hambatannya 3,6 Ω. Tegangan open sirkuit diukur secara langsung sehingga arus yang muncul akibat adanya eksitasi oleh larutan dye terhadap semikonduktor TiO₂ secara langsung dialirkan melalui rangkaian. Regenerasi elektron oleh larutan elektrolit juga tidak terhambat oleh adanya pembebanan. Semakin tinggi arus maka tegangan juga akan semakin tinggi. Bersesuaian dengan hukum Ohm bahwa dengan hambatan yang sama jika arus semakin besar maka tegangan juga akan semakin besar. Faktor cuaca mempengaruhi intensitas penyinaran. Saat musim hujan intensitas penyinaran akan semakin kecil. Ketika matahari cerah maka intensitasnya juga semakin besar.

E. Pengukuran Arus dan Tegangan terhadap Waktu dengan Sumber Cahaya Lampu Halogen

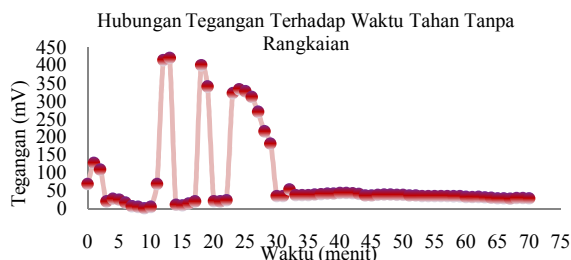
Dengan rangkaian pengukuran yang sama pada pengukuran menggunakan sumber cahaya matahari,



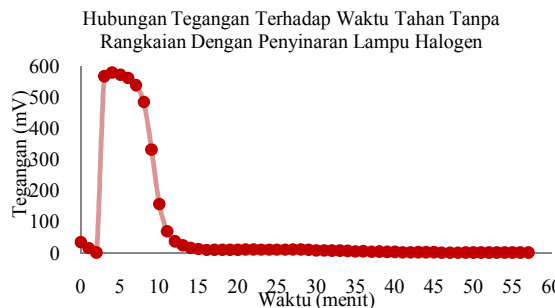
Gambar 12. Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu Tahan dengan Pembebanan 1100 kΩ data diambil pukul 13.40



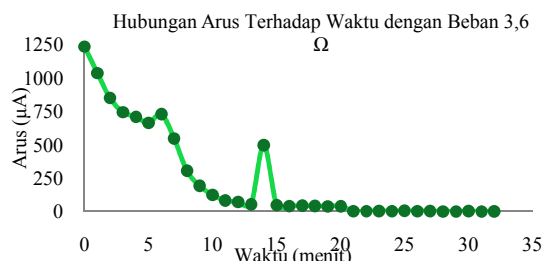
Gambar 13. Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Tahan dengan Pembebanan 1100 kΩ data diambil pukul 13.40



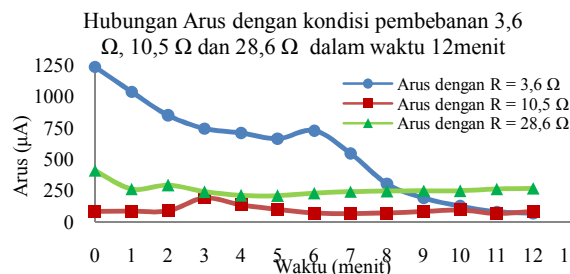
Gambar 14. Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Tahan Tanpa Rangkaian data diambil pukul 12.00



Gambar 15. Grafik Hubungan Tegangan Terhadap Waktu Tahan Tanpa Rangkaian Dengan Penyinaran Lampu Halogen



Gambar 16. Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu dengan Beban 3,6 Ω



Gambar 17. Grafik Hubungan Arus Terhadap Waktu dengan Beban 3,6 Ω, 10,5 Ω dan 28,6 Ω

penyinaran lampu halogen. didapatkan data berupa hubungan tegangan open circuit, hubungan arus terhadap waktu tahan dengan beban 3,6 Ω, dan 28,6 Ω, data berupa hubungan arus dengan kondisi pembebanan 3,6 Ω, 10,5 Ω dan 28,6 Ω, dan pengaruh lama waktu pendinginan sel sebelum pengambilan data terhadap kualitas arus

Berdasarkan gambar 15 tegangan open circuit tertinggi nilainya sebesar 580 mV yang terjadi pada menit ke-4. Stabil hingga menit ke-7 dengan tegangan 538 mV. Setelah menit ke-8 tegangan turun dengan drastis.

Berdasarkan gambar 16 dengan hambatan 3,6 Ω arus menunjukkan yang paling tinggi sebesar 1238 μA. Kemudian turun sedikit demi sedikit hingga bernilai 0 pada menit ke-32.

F. Hubungan Arus Terhadap Waktu Tahan dengan Beberapa Pembebanan

Dari beberapa pengukuran yang telah dilakukan, arus masih bernilai besar hingga 15 menit pengukuran. Jika diambil waktu pengukuran selama 12 menit dengan pembebanan 3,6 Ω, 10,5 Ω dan 28,6 Ω maka didapatkan grafik seperti pada gambar 17.

Dengan interval waktu yang kecil, arus yang dihasilkan oleh sel DSSC masih cukup besar. Dengan hambatan 3,6 Ω arus menunjukkan yang paling tinggi yakni 1238 μA. Namun arus dapat dikatakan stabil dengan pembebanan 28,6 Ω dengan batas pengambilan data tidak kurang dari 15 menit. Karena arus tidak stabil atau cenderung menurun setelah menit-menit berikutnya. Hal ini dikarenakan elektrolit yang

digunakan berupa elektrolit cair yang memiliki kelebihan dan kekurangan. Elektrolit berjenis cair cenderung lebih cepat

Pengukuran dengan sumber cahaya matahari menunjukkan waktu tahan dari sel DSSC dengan ekstrak buah murbei lebih lama jika dibandingkan dengan penyinaran menggunakan lampu hidrogen. Cahaya matahari yang bersifat polikromatis menunjukkan bahwa banyak panjang gelombang yang dibawanya. Cahaya matahari memiliki rentan panjang gelombang daerah serapan infrared, rentan panjang gelombang daerah cahaya tampak dan rentan panjang gelombang daerah ultraviolet. Sedangkan lampu halogen bekerja pada daerah cahaya tampak. Sementara itu, ekstrak dye dari buah murbei memiliki dua puncak daerah serapan yang berada pada cahaya tampak dan sinar ultraviolet dimana serapan teringginya berada pada daerah sinar ultraviolet. Ketidak stabilan arus dan tegangan yang terbaca ketika digunakan sumber cahaya matahari dan lampu halogen dapat disebabkan oleh penggunaan elektrolit berjenis cair yang cepat menguap ketika suhu sel DSSC meningkat.

Ketika dye yang tereksitasi tersebut meninggalkan molekul dye akan menciptakan hole atau molekul dye mengalami keadaannya lebih positif dari elektrolit iodide. Arus yang bernilai kecil atau drop muncul ketika elektron dari elektrolit belum mengisi hole pada molekul dye. Sehingga tidak terjadi regenerasi elektron. Ketika arus sudah muncul kembali menunjukkan bahwa regenerasi elektron oleh larutan elektrolit telah terjadi. Saat elektrolit kelebihan elektron terjadi reaksi oksidasi. Dengan terisinya hole pada molekul dye oleh elektron dari elektrolit, dye kembali siap menyerap foton dari cahaya matahari. Elektron dari dye yang

sampai pada elektroda karbon akan menembus kaca konduktif ITO dan dengan cepat akan sampai pada larutan elektrolit. Karena memberikan elektronnya pada molekul dye untuk mengisi hole, larutan elektrolit mengalami reaksi reduksi. namun secara cepat akan terisi kembali oleh elektron dari dye karena terdapat katalisator berupa lapisan karbon yang menyebabkan reaksi reduksi dan oksidasi ini terjadi secara cepat.

G. Perhitungan Efisiensi DSSC ekstrak dye buah Murbei

Untuk menghitung besarnya efisiensi dari sel surya DSSC digunakan persamaan 2.10 dan 2.11. Dengan menggunakan persamaan 2.10 akan didapatkan Fill Faktor. Kemudian hasil yang didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.10 digunakan pada persamaan 2.11 untuk mengetahui besarnya efisiensi dari sel surya DSSC yang telah dibuat.

Arus pada DSSC dengan menggunakan ekstrak dye buah murbei lebih besar dibandingkan dengan arus pada DSSC dengan ekstrak dye kulit manggis pada penelitian yang dilakukan sebelumnya. Hal ini dikarenakan kandungan antosianin dari buah murbei lebih banyak dari kandungan antosianin pada kulit buah manggis yakni 1993 untuk buah murbei dan 580 untuk kulit buah manggis. Ekstrak dye buah murbei yang bertugas menyerap energi foton dari sumber cahaya lebih banyak jika dibandingkan dengan ekstrak dye yang kandungan antosianinnya lebih sedikit sehingga elektron berhasil dibebaskan juga banyak.

Faktor yang dapat terjadi dan saling mempengaruhi dan berimbas pada kinerja sel surya DSSC diantaranya ukuran TiO₂, ketebalan lapisan TiO₂, larutan elektrolit dan dye yang digunakan. Salah satu dari faktor-faktor tersebut yang harus diwaspadai adalah pemilihan penggunaan larutan elektrolit terutama elektrolit berjenis cair. Larutan elektrolit merupakan bagian yang masih perlu dipelajari. Dengan menggunakan elektrolit berupa larutan munacl masalah yang dapat mempengaruhi kerja dari sel surya diantaranya kebocoran, penguapan dan terjadinya korosi pada counter-electrode. Faktor tersebut mempengaruhi performa sel dalam jangka panjang. Berdasarkan data hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat arus mulai turun secara drastis setelah melewati menit ke 10 dalam masa pengukuran. Hal ini menunjukkan jika sel surya dengan elektrolit berjenis cair bekerja optimum kurang dari 10 menit dan selebihnya elektrolit tersebut menurun kualitasnya. Adanya kebocoran juga mengakibatkan elektrolit yang terlibat dalam proses konversi berkurang jumlahnya.

Ketika suhu sel DSSC ini meningkat maka kualitas kerja dari iodin ini akan menurun. Proses penyinaran yang lama saat pengambilan data tentunya juga meningkatkan suhu dari sel itu sendiri. Karena selain energi yang diserap oleh dye diubah menjadi energi listrik juga menyebabkan energi lain berupa panas. Hal ini dibuktikan dengan ketika sel selesai disinari temperaturnya akan meningkat. Namun dalam penelitian ini tidak dilakukan pengukuran tentang peningkatan temperatur dari sel. Peningkatan suhu dapat diketahui dari sel yang telah disinari dengan waktu tertentu akan lebih panas jika dibandingkan dengan sel sebelum disinari. Peningkatan suhu menyebabkan elektrolit berjenis cair cepat menguap sehingga energi yang diserap oleh dye lebih besar dari energi pemulihnya yang berasal dari larutan elektrolit, larutan elektrolit berfungsi untuk meregenerasi agar dye kembali ke keadaan semula dalam waktu yang cepat dengan cara menangkap elektron yang berasal dari elektrolit. Penguapan dan adanya kebocoran menghambat proses

transfer elektron dari dye dan elektrolit sehingga arus yang dihasilkan oleh sel DSSC dari ekstrak buah murbei cepat menurun sehingga perhitungan untuk mendapatkan fill faktor dan efisiensi tidak dapat dilakukan.

IV. KESIMPULAN

Beberapa hal yang dapat disimpulkan dari penelitian yang telah dilakukan adalah

1. Puncak serapan dye ekstrak buah murbei:
 - Sinar UV dengan puncak di 294 nm
 - Cahaya tampak dengan puncak di 510 nm
2. Arus dan tegangan tertinggi:
 - Cahaya Matahari $I_{m a k \bar{5}} 682 \mu A, V_{o f f a k \bar{5}} 419,8 mV$
 - Lampu Halogen $I_{m a k \bar{5}} 1283 \mu A, V_{o f f a k \bar{5}} 580 mV$
3. Dengan elektrolit berjenis cair menghasilkan arus dan tegangan sel DSSC dengan ekstrak dye buah Murbei masih relatif stabil selama 10 menit

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Goentjang Prajitnoselaku dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan, saran serta diskusi sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anh, Quan Vo. 2006. "Degradation of the Solar Cell Dye Sensitizer N719 Preliminary Building of Dye-Sensitized Solar Cell". Thesis. Denmark: Roskilde University
- [2] Manan, S.. 2009. "Energi Matahari Sumber Energi Alternatif yang Efisien, handal dan ramah lingkungan di Indonesia". Program Diploma III Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang: tidak diterbitkan.
- [3] Ningsih, Rahmawati dan Hastuti, Erna. ". "Karakterisasi Ekstrak The Hitam dan Tinta Cumi-Cumi Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitisasi". UIN MALIKI: Malang.
- [4] O'regan dan Gratzel, M. 1991. "A. low -Cost High Efficiency Solar Cell Based On Dye Sensitized Colloidal TiO₂ Films". Nature Vol.353.Issue6346, 737.
- [5] Ensang, Timuda, dkk. 2010. Sintesis Partikel Nanocrystalline TiO₂ untuk Aplikasi Sel Surya Menggunakan Metode Sonokimia. Prosiding Pertemuan Ilmiah XXIV HFI Jateng dan DIY. Semarang. Hal: 104-109.
- [6] Dahlan, D., 2009, Elektrodeposisi of Cu₂O particles by Using Electrolyte Solution Containing Glucopone as Surfactant, Jurnal Ilmiah Fisika (JIF) ISSN 1979-4657.
- [7] Rahman, Hidayat. 2013. Pengaruh Pemberian Space (Bantalan) Untuk Mendapatkan Kestabilan Arus Dan Tegangan Prototipe DSSC Dengan Ekstraksi Kulit Buah Manggis (Garcinia Mangostana L.) Sebagai Dye Sensitizer. Jurnal Sains dan Seni POMITS. Jurusan Fisika.
- [8] Gratzel, M. 2003. Dye-sensitized Solar Cell. Japanese photochemistry association. Elsevier B. V.. 1389-5567
- [9] Gleue, Alan. 2008. Building The Gratzel Solar Cell. CEBC Summer Workshop. National Science Foundation
- [10] Etula, Jarko. 2012. Comparison Of Three Finnish Berries As Sensitizers in a Dye-Sensitized Solar Cell. European Journal For Young Scientists and Engineers
- [11] Halme, 2002, "Dye-sensitized nanostructured and organic photovoltaic cells : technical review and preliminary tests", Master's thesis, Departemen of Engineering Physics and Mathematics, Helsinki University of Technology, Espoo.
- [12] Sastrawan, R.. 2006. "Photovoltaic modules of dye solar cells", Disertasi University of Freiburg.
- [13] Zahroh, Fatimah. 2013. Pengaruh Pembebanan Pada Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) TiO₂ Orde Nano Dengan Metode Spin Coating Menggunakan Kulit Manggis Sebagai Dye Sensitizer. Jurusan Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- [14] Ekasari, Vitriany. 2013. "Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber officinale Linn Var. Rubrum) variasi Larutan TiO₂ berfase anatase dengan teknik pelapisan spin coating". Jurnal sains dan seni pomits, vol. 2, no. 1.
- [15] Ekasari, Vitriany. 2013. "Fabrikasi DSSC dengan Dye Ekstrak Jahe Merah (Zingiber officinale Linn Var. Rubrum) variasi Larutan TiO₂ berfase anatase dengan teknik pelapisan spin coating". Jurnal sains dan seni pomits, vol. 2, no. 1