

PERBANDINGAN EFISIENSI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC)* DARI EKSTRAK DAUN PACAR AIR, EKSTRAK BUNGA PACAR AIR MERAH DAN UNGU (*IMPATIENS BALSAMINA LINN*) SEBAGAI *DYE SENSITIZER*

Arni Alimuddin, Iswadi, dan Sahara¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
Email: arnialimuddin@gmail.com, wadi.phys.uin@gmail.com,
rarafis_uin@yahoo.co.id

Abstract: Research on Comparison Of Efficiency Dye Sensitized Solar Cell (Dssc) Of Henna Leaf Extract Water, Water Henna Flower Red And Purple (*Impatiens Balsamina Linn*) as a Dye Sensitizer in order to determine how much comparative efficiency of dye sensitized solar cell (DSSC) of water henna leaf extract, flower extract water henna red and purple as a dye sensitizer. The method used in this research is the method of Doctor Blade. Based on the results of measurements of I-V by using a source of light, the efficiency gained from henna leaf extract 0.008473333% water by absorption spectrum wavelengths are in the range of 245- 660.50 nm and an absorbance of 0.036. For efficient water henna red flowers of 0.007466667% of this extract is the wavelength range of 242.50 - 312 500 nm and absorbance of 4573, while for the water purple flowers girlfriend 0.004833333% efficiency results obtained in the wavelength range 238.50 - 350.50 nm and absorbance 4,617 , Henna leaf extract water as a dye sensitizer on sensitized dye solar cell (DSSC) have the highest efficiency.

Keywords: absorbance, doctor blade, DSSC, efficiency, henna plant water.

1. PENDAHULUAN

Dalam era modern ini manusia sudah sangat bergantung dengan adanya energi listrik namun karena semakin meningkatnya pemakaian sumber energi tersebut yang disebabkan pada sektor industri, transportasi, listrik rumah tangga, dan lain-lain yang mendorong perlu pencarian sumber energi alternatif yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut, di dunia sekarang ini terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarukan menjadi energi terbarukan, salah satu yang merupakan alternatif paling potensial adalah sel surya.

Sel surya bekerja menggunakan energi matahari dengan mengkonversi secara langsung radiasi matahari menjadi listrik. Proses sel surya DSSC sangat

berbeda dengan sel surya berbahan dasar silikon, pada sel surya yang menggunakan zat warna alami (*Dye*) sebagai penangkap cahaya foton, foton tersebut melekat dan bekerja pada permukaan partikel TiO_2 yang diserap oleh dye. Peran dye dalam hal ini sebagai donor elektron yang dibangkitkan ketika menyerap cahaya.

Tanaman pacar air (*Impatiens balsamina*) adalah tanaman yang menyukai tempat teduh dan lembab, memiliki banyak manfaat baik pada biji, bunga, daun maupun akarnya. Hal ini berkaitan dengan kandungan kimia yang terkandung didalamnya yaitu antocyanin, dekopinin, quereetin, pelargonidin, malvidin, kaemferol dan cyaniding monoglycoside, kandungan ini memegang peranan penting untuk pewarna alami yang digunakan sebagai *sensitizer* pada DSSC .

Telah dilakukan penelitian sebelumnya oleh Aidil Fitri, Meika (2009) tentang performansi *Dye Sensitized Solar Cell* pada kaca LCD dengan sensitizer dari bunga pacar air merah (*Impatiens Balsamina*) dengan efisiensi yang dihasilkan pada penggunaan kaca LCD dan TCO dalam penelitian ini masing- masing 0,002 % dan 0,028%.

Berdasarkan uraian di atas maka akan dilakukan perbandingan efisiensi DSSC dari ekstrak daun pacar air, ekstrak bunga pacar air merah dan ungu sebagai *dye sensitizer*.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu seberapa besar perbandingan efisiensi DSSC dari ekstrak daun pacar air, ekstrak bunga pacar air merah dan ungu sebagai *dye sensitizer*?

Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar perbandingan efisiensi DSSC dari ekstrak daun pacar air, ekstrak bunga pacar air merah dan ungu sebagai *dye sensitizer*.

2. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini berlangsung di Laboratorium Kimia Organik Fak. Saintek UINAM untuk pembuatan ekstrak kental dari tanaman pacar air, Laboratorium Kimia FMIPA UNHAS untuk pengujian UV-Vis, Laboratorium Mikrostruktur FMIPA UNM untuk uji morfologi sampel dengan menggunakan alat uji SEM dan Laboratorium Fisika Modern Fak. Saintek UINAM untuk pembuatan DSSC.

Alat

Alat uji yang akan digunakan pada penelitian ini adalah spektrometer UV-Vis (UV-2600 Shimadzu), SEM Vega3, tescan, multimeter, lux meter, termokopel, neraca analitik. Alat yang akan digunakan untuk membuat DSSC pada penelitian ini

adalah serangkaian alat destilasi (aerator, hot plate, selang dan labu erlenmeyer), ultrasonik cleaner (Krisbow 47 KHz), potensiometer 10 K, lampu halogen, labu takar, gelas kimia, cawan, kompor listrik, botol semprot, spatula, batang pengaduk, toples, penjepit kertas, selotip, kabel penghubung, korek api, pipet tetes, sendok sampel, batu didih, ember dan asbes.

Bahan

Bahan yang digunakan kaca ITO (Indium Tin Oxide), bubuk TiO_2 , daun dan bunga pacar air, larutan elektrolit, iodine dan kalium iodide (I⁻/KI), etanol (alkohol 96 %), aluminium foil, aquades (H_2O), kertas label, kertas saring, kain penyaring berwarna putih, lilin, carbon, tissue, cotton bud.

Prosedur Kerja

Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian, serta pembersihan alat-alat untuk ekstraksi dengan menggunakan alkohol sebelum digunakan agar lebih steril.

Ekstraksi Daun Pacar Air (*Impatiens Balsamina L.*) dan Bunga Pacar Air

Daun Pacar Air terlebih dahulu dicuci dengan menggunakan aquades lalu dikeringkan. Daun Pacar Air yang sudah kering, diremas hingga menjadi serbuk halus, serbuk daun pacar air ditimbang sebanyak 165 gram. Kemudian direndam menggunakan etanol 96% selama 24 jam. Selanjutnya disaring untuk mengambil filtratnya ke dalam botol menggunakan corong dan kain penyaring putih agar warna kain penyaring tidak ikut tercampur ke dalam maserat. Kemudian ampas dari hasil penyaringan tadi di maserasi kembali selama 5 hari. Maserat yang diperoleh diuapkan pada suhu 65°C dengan cara destilasi hingga akhirnya memperoleh ekstrak kental. Ekstrak kental yang diperoleh disimpan dalam cawan kemudian ditutup aluminium foil dan disimpan di dalam lemari asam. Ekstrak kental yang telah diuapkan ini kemudian ditimbang dan diperoleh ekstrak daun pacar air sebanyak 35 gram dengan perlakuan yang sama diperoleh ekstrak kental bunga pacar air merah sebanyak 35 gram dan bunga pacar air ungu sebanyak 17 gram. Kemudian dilakukan uji penyerapan panjang gelombang dan absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada masing-masing sampel.

Pembuatan Pasta TiO_2

Bahan TiO_2 yang akan dibuat pasta ditimbang menggunakan neraca digital. Pasta TiO_2 dibuat dari 4 sendok sampel bubuk TiO_2 kemudian ditambahkan 20 mL etanol ke dalam gelas kimia. Kemudian larutan TiO_2 ini dipanaskan menggunakan kompor listrik hingga mendidih. Kemudian larutan TiO_2 yang telah dipanaskan disaring menggunakan kertas saring sampai terbentuk pasta yang siap digunakan untuk deposisi.

Pembuatan Lapisan TiO₂

Kaca konduktif ITO yang telah dibersihkan dengan menggunakan alkohol, dilakukan pengujian resistansi dengan menggunakan multimeter untuk mengetahui arus dan tegangan awal sebelum pendeposisian. Pendeposisian TiO₂ dilakukan dengan metode *doctor blade*. Pada metode ini, sisi konduktif kaca ITO dibentuk area untuk pendeposisian TiO₂ berukuran 1,5 x 1,5 cm² diatas permukaan konduktif dengan sisi kaca ITO ditempel selotip sebagai pembatas sesuai dengan pola yang telah dibuat terlebih dahulu. Pasta TiO₂ yang akan digunakan dikocok terlebih dahulu kemudian dideposisikan diatas permukaan kaca ITO dan diratakan dengan menggunakan spatula. Kemudian lapisan didiamkan selama 5 menit setelah itu disintering dengan menggunakan hotplate dari temperatur rendah sampai pada temperatur 450 °C selama 30 menit.

Perendaman Lapisan TiO₂ dengan Dye

Lapisan TiO₂ yang telah dibuat dengan ukuran luas permukaan 1,5 x 1,5 cm² masing-masing direndam pada ekstrak dye daun pacar air, ekstrak bunga pacar air merah dan ekstrak bunga pacar air ungu dalam cawan petri selama 24 jam. Kemudian dikeringkan dan dilakukan uji karakterisasi SEM untuk mengetahui morfologi, porositas, komposisi senyawa dan ketebalan film katalis.

Pembuatan Elektroda Karbon

Kaca ITO terlebih dahulu disterilkan lalu diukur resistansinya kemudian dibakar pada api dari lilin sampai terbentuk lapisan karbon berwarna hitam. Pada sisi tepi kaca digosok menggunakan cutton bud untuk membuat batasan agar luasan karbon 1,5 x 1,5 cm².

Pembuatan Lapisan Sandwich DSSC

Lapisan DSSC dibuat dengan menyusun secara offset lapisan TiO₂ tersensitisasi dye dengan lapisan karbon (elektroda kerja dengan elektroda karbon). Kemudian dijepit dengan menggunakan penjepit kertas pada kedua sisinya.

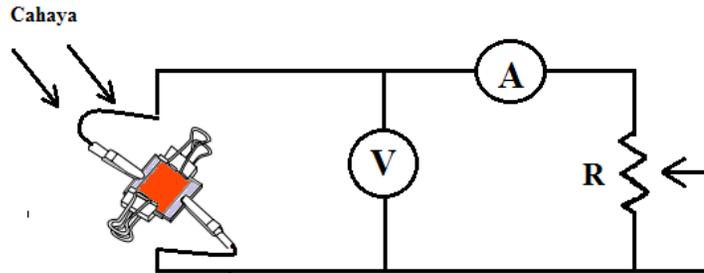
Pengetesan Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit yang digunakan yaitu pasangan redoks Iodine (I⁻) dan Triiodide (I₃⁻). Penetesan larutan elektrolit sebanyak 2 tetes pada elektroda kerja dan elektroda karbon yang telah tersensitisasi oleh dye setelah disusun menjadi lapisan *sandwich*.

Pengujian DSSC

Rangkaian DSSC yang terbentuk diuji arus dan tegangannya dengan menggunakan amperemeter dan voltmeter. Rangkaian pengukuran arus dan tegangannya seperti pada gambar 1 menggunakan potensiometer 10 K Ω yang diputar sehingga hambatannya bervariasi mulai dari 0 Ω sampai hambatan maksimumnya dimana DSSC dirangkai secara seri dengan amperemeter dan

potensiometer dan parallel terhadap voltmeter. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya matahari. Indikator lainnya yang perlu diukur yaitu intensitas cahaya (E) yang diukur dengan lux meter dan suhu diukur dengan termokopel.

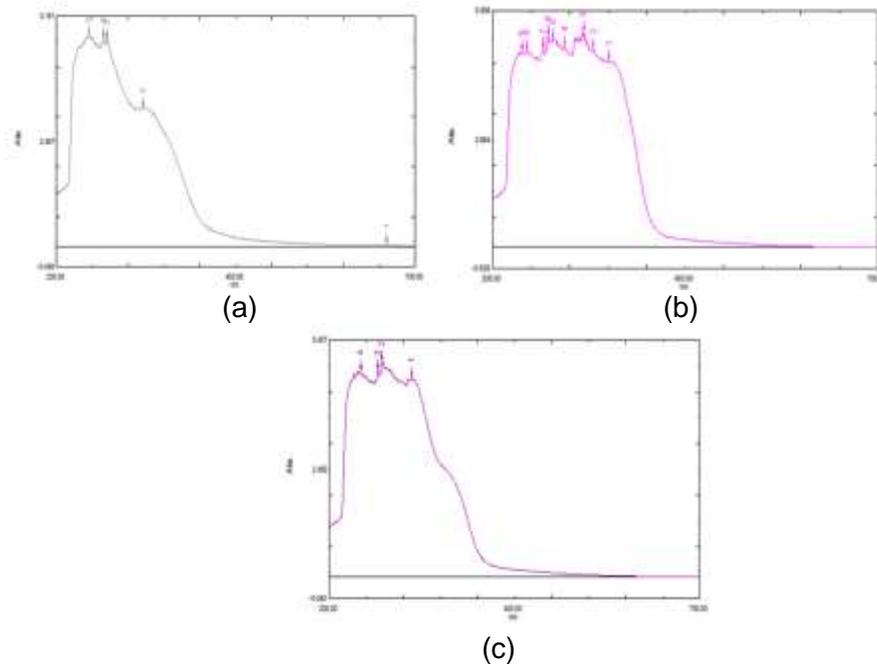


Gambar 1 : Rangkaian pengukuran arus dan tegangan DSSC

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisa Uji UV-Vis

Telah dilakukan pengujian ekstraksi menggunakan spectrophotometer UV Visible 2600 series untuk mengetahui daya absorpsi ekstrak daun dan bunga pacar air terhadap panjang gelombang tampak. Spektrum absorpsi diukur pada rentang 200-700 nm. Hasil uji terlihat pada grafik berikut :



Gambar 2. (a) Grafik hasil uji UV-Vis ekstrak daun pacar air, (b) Grafik hasil uji UV-Vis ekstrak bunga pacar air ungu (c) Grafik hasil uji UV-Vis ekstrak bunga pacar air merah.

Perbandingan dalam koefisien serap dari hasil pengujian spektrofotometer UV-Vis pada masing – masing ekstrak berbeda karena senyawa yang terkandung pada ekstrak daun pacar air dengan bunga pacar itu berbeda begitupun dengan warna ekstrak yang terserap. Pada ekstrak daun pacar air lebih banyak mengandung senyawa flavonoid sedangkan bunga pacar air lebih banyak mengandung antosianin senyawa inilah yang mampu menyerap cahaya matahari dengan baik yang menyebabkan warna merah, orange, ungu, dan biru.

Tabel dan Grafik Hasil Pengamatan

Sumber cahaya diarahkan tegak lurus ke permukaan sel, ketika cahaya matahari telah mengenai DSSC dan foton dari cahaya matahari diserap oleh larutan dye yang melekat pada permukaan partikel TiO_2 kemudian dikonversi menjadi energi listrik maka elektron didalamnya mendapatkan energi untuk dapat tereksitasi. Kemudian dilakukan pengukuran arus dan tegangan untuk menguji kemampuan DSSC ini dalam mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik.

Rangkaian pengukuran arus dan tegangannya terlihat seperti pada gambar 2.1 menggunakan potensiometer 10 K Ω yang diputar sehingga hambatannya bervariasi mulai dari 0 Ω sampai hambatan maksimumnya dimana DSSC dirangkai secara seri dengan amperemeter dan potensiometer paralel terhadap voltmeter. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya matahari. Selain mengukur arus dan tegangan juga dilakukan pengukuran terhadap Intensitas penyinaran dan suhu ruangan sebagai indikator.

Tabel 1. Parameter yang diukur untuk menghitung efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

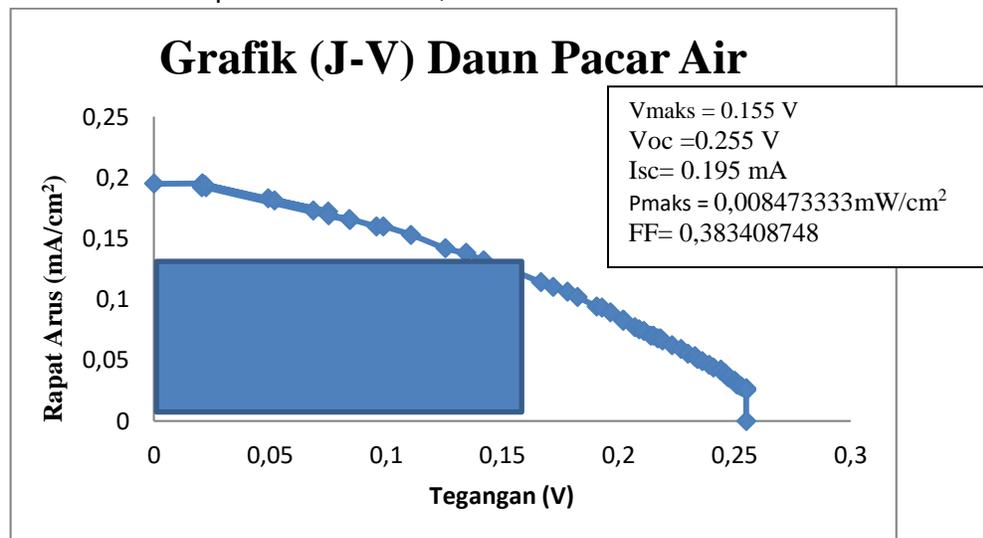
Sampel	A	P_{in}	E	Keadaan Cuaca	Suhu ($^{\circ}C$)	Pukul
	(cm_2)	(Mw/cm_2)	(Lux)			
DPA	2.25	100	91800	Cerah	32	11.54
BPAU	2.25	100	1031	Cerah	35	12.05
BPAM	2.25	100	1094	Cerah	34	13.02

Ket:

- DPA (Daun Pacar Air)
- BPAM (Bunga Pacar Air Merah)
- BPAU (Bunga Pacar Air Ungu)

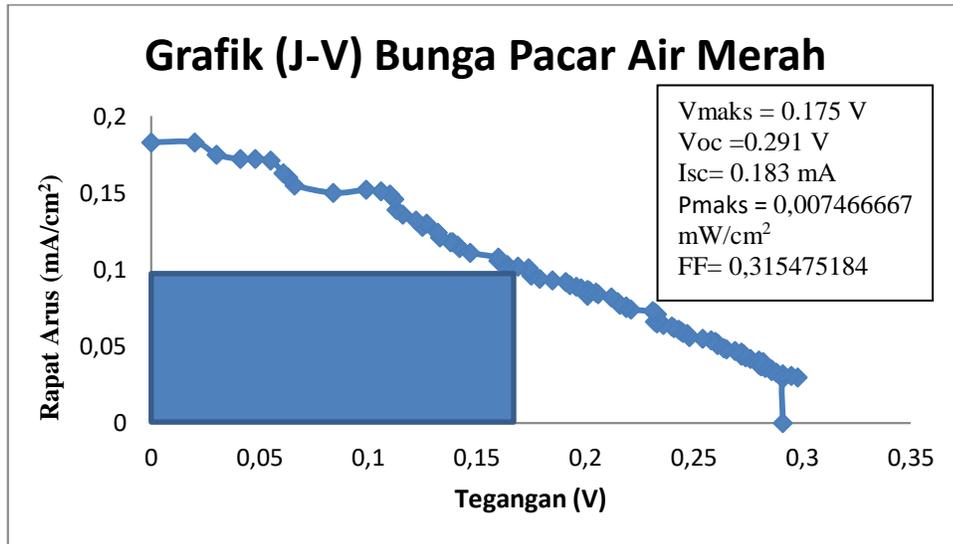
Ketika sel dalam kondisi *short circuit* tidak dihasilkan tegangan sehingga arus menjadi maksimum, maka sel akan menghasilkan arus short circuit (I_{sc}). Sedangkan Saat kondisi open circuit tidak ada arus yang mengalir sehingga tegangannya akan menjadi maksimum atau disebut dengan tegangan open circuit (V_{oc}). Titik pada grafik J-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (P_{maks}), diperoleh dengan cara mendapatkan luasan yang paling luas pada grafik J-V. Grafik hasil pengukuran arus dan tegangan pada DSSC terlihat pada grafik berikut :

- a. Grafik Hasil Pengukuran Arus Dan Tegangan DSSC Dari Ekstraksi Daun Pacar Air (*Impatiens Balsamina* L.) Dengan Menggunakan Sumber Cahaya Matahari
 Temperatur = 32 °C ; Waktu = 11: 54 WITA



Gambar 3. Grafik kerapatan arus dan tegangan daun pacar air

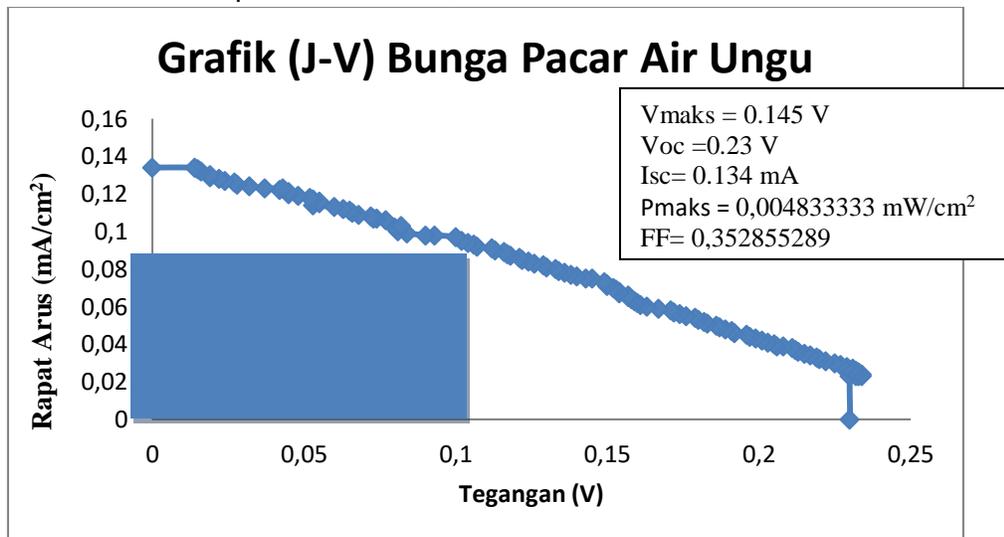
- b. Grafik Pengukuran Arus Dan Tegangan DSSC Dari Ekstraksi Bunga Pacar Air Merah (*Impatiens Balsamina* L.) Dengan Menggunakan Sumber Cahaya Matahari
 Temperatur = 34 °C ; Waktu = 13: 02 WITA



Gambar 4. Grafik kerapatan arus dan tegangan bunga pacar air merah

- c. Grafik Pengukuran Arus Dan Tegangan DSSC Dari Ekstraksi Bunga Pacar Air Ungu (*Impatiens Balsamina L.*) Dengan Menggunakan Sumber Cahaya Matahari

Temperatur = 32 °C ; Waktu = 12: 05 WITA



Gambar 5. Grafik kerapatan arus dan tegangan bunga pacar air ungu

Dari ketiga grafik di atas diperoleh nilai-nilai yang digunakan sebagai parameter dalam menghitung efisiensi DSSC terlihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Nilai dalam perhitungan efisiensi DSSC

Sampel	Vmaks (V)	Imaks (mA)	Voc (V)	Isc (mA)
DPA	0.155	0.123	0.255	0.195
BPAM	0.175	0.096	0.291	0.183
BPAU	0.145	0.075	0.23	0.134

Ket:

- DPA (Daun Pacar Air)
- BPAM (Bunga Pacar Air Merah)
- BPAU (Bunga Pacar Air Ungu)

Perhitungan efisiensi sel surya zat warna ekstrak daun pacar air, bunga pacar air merah dan bunga pacar air ungu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

Dimana :

η : Efisiensi (%)

P_{out} : daya yang dihasilkan sel (mW/cm²)

P_{in} : daya dari intensitas cahaya matahari (mW/cm²)

sehingga diperoleh hasil perhitungan efisiensi DSSC seperti pada tabel 3.3 berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Efisiensi DSSC Pada Daun Pacar Air, Bunga Pacar Air Merah Dan Bunga Pacar Air Ungu

Sampel	Voc (V)	Jsc (mA/cm ²)	FF	Efisiensi (%)
DPA	0.255	0,086666667	0,383408748	0,008473333
BPAM	0.291	0,081333333	0,315475184	0,007466667
BPAU	0.23	0,059555556	0,352855289	0,004833333

Ket:

- DPA (Daun Pacar Air)

- BPAM (Bunga Pacar Air Merah)
- BPAU (Bunga Pacar Air Ungu)

Tabel 3 di atas menunjukkan bahwa ekstrak daun pacar air mampu menghasilkan efisiensi yang lebih besar pada DSSC dibandingkan dengan kedua ekstrak bunga pacar air. Hal ini karena pada setiap daun tanaman mengandung klorofil yang memberi warna hijau pada tumbuhan. Klorofil merupakan komponen utama sebagai fotosensitizer pada proses fotosintesis dari tumbuhan hijau. Klorofil ini memiliki panjang gelombang maksimum pada 670 nm dan mampu bertindak sebagai penyerap energi matahari, sehingga klorofil merupakan komponen yang menarik sebagai bagian yang visible dari fotosensitizer. Semakin banyak cahaya yang diserap maka semakin banyak arus yang mampu dihasilkan dari sel surya ini karena terkait langsung dengan jumlah foton yang terlibat dalam proses konversi dan bergantung pada intensitas penyinaran serta kinerja dye yang digunakan.

Dye dari ekstrak bunga pacar air merah dan ungu mampu menghasilkan efisiensi yang cukup tinggi namun masih lebih rendah dibanding efisiensi daun pacar air hal ini karena bunga pacar air hanya mampu menyerap spektrum sinar UV. Efisiensi maksimum sel surya juga ditentukan oleh material yang digunakan, material yang baik yaitu jika mampu menyerap cahaya yang tinggi.

Perbandingan efisiensi yang dihasilkan dari ketiga sampel DSSC dari daun dan bunga pacar air dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Perbandingan Nilai Efisiensi Sel Surya

Efisiensi η (%)			
BPAM *	DPA	BPAM	BPAU
0,002	0,008473333	0,007466667	0,004833333

Ket :

- BPAM* = Hasil efisiensi penelitian terdahulu oleh Aidil Fitri, Meika (2009) dengan Bunga Pacar Air Merah sebagai sensitizer
- DPA = daun pacar air
- BPAM = bunga pacar air merah
- BPAU = bunga pacar air ungu

Secara keseluruhan kinerja sel surya belum cukup baik karena nilai efisiensi yang diperoleh masih dibawah 1%. Nilai efisiensi ini sangat rendah karena arus dan tegangan yang diperoleh masih kurang maksimal hal ini dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk kurang meratanya TiO_2 saat pendeposisian menyebabkan dye tidak

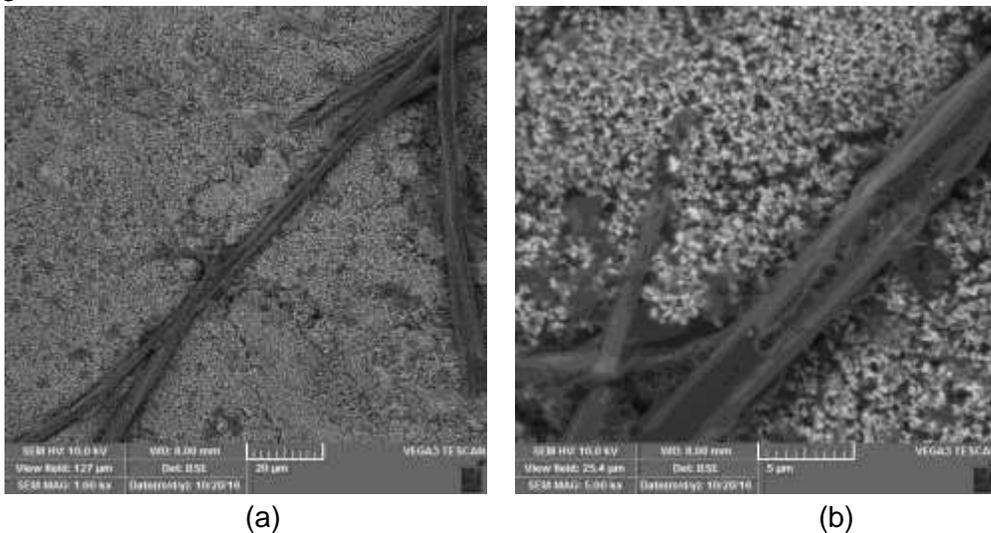
mampu melekat dengan baik sedangkan foton yang terlibat bergantung pada kinerja dye yang digunakan. Efisiensi yang di peroleh sel surya dengan dye dari daun dan bunga pacar air yang masih cukup rendah ini disebabkan karena kurang maksimalnya proses absorpsi cahaya oleh molekul zat warna.

Pada penelitian oleh Aidil Fitri, Meika (2009) tentang performasi *Dye Sensitized Solar Cell* pada kaca LCD dengan sensitizer dari bunga pacar air merah (*Impatiens Balsamina*) dengan efisiensi yang dihasilkan pada penggunaan kaca LCD dan TCO dalam penelitian ini masing- masing 0,002 % dan 0,028%, sedangkan pada penelitian kali ini pada sel surya dengan ekstrak bunga pacar air merah sebagai dye sensitizer diperoleh efisiensi sebesar 0,007466667 % perbedaan efisiensi yang diperoleh ini diperoleh oleh banyak faktor pula termasuk disebabkan oleh penggunaan elektrolit cair yang cepat menguap ketika suhu sel DSSC meningkat. Sehingga elektrolit tidak mampu menyediakan elektron pengganti oleh molekul dye yang teroksidasi. Berdasarkan data hasil pengukuran dapat dilihat arus mulai turun ketika dilakukan proses penyinaran yang lama saat pengambilan data. Hal ini menunjukkan bahwa sel surya dengan penggunaan elektrolit cair tidak mampu bekerja optimum dalam waktu yang lama.

Hasil pengujian SEM (*Scanning Electron Mikroskopy*)

Pada penelitian ini, pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan TiO_2 yang terlapisi dye. Pengujian ini menggunakan alat SEM tipe *Vega3 Tescan*. Pengujian dilakukan pada sampel TiO_2 yang dilapisi dye dari ekstrak daun dan bunga pacar air.

Hasil pengujian SEM pada daun bunga pacar air merah dapat dilihat pada gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5 : Hasil uji SEM pada permukaan TiO_2 yang dilapisi zat warna dari ekstrak bunga pacar air merah pada perbesaran (a) skala 20 μm dan (b) skala 5 μm

Pengukuran arus dan tegangan yang baik pada DSSC akan dihasilkan ketika dye yang melekat merata pada permukaan TiO_2 mampu menyerap energi foton yang banyak saat sinar matahari menimpa elektroda kerja pada DSSC tersebut. Pada gambar 3.5 (a) diatas menunjukkan morfologi sampel bunga pacar air merah pada perbesaran skala 20 μm penyebaran lapisan TiO_2 dan dye pada sampel bunga pacar air merah kurang merata, hal ini disebabkan karena teknik pelapisan TiO_2 yang kurang baik pada saat pendeposisian sehingga terlihat banyak celah.

Setelah gambar diperbesar pada skala 5 μm seperti gambar 3.5 (b) dapat terlihat dengan jelas banyaknya celah pada permukaan TiO_2 yang tidak dapat menyerap zat warna dari ekstrak bunga pacar air merah karena lebarnya pori partikel, nampak juga adanya bagian dye yang menggumpal hal ini diduga diakibatkan karena lamanya dye didiamkan sebelum diuji dan tidak meratanya lapisan TiO_2 pada kaca ITO. Hal ini mengurangi nilai efisiensi solar sel karena semakin banyak dye yang tidak terserap pada pori lapisan TiO_2 .

4. PENUTUP

Kesimpulan

Telah dilakukan penelitian tentang perbandingan efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dari ekstrak Daun Pacar Air, ekstrak Bunga Pacar Air Merah dan Ungu (*Impatiens Balsamina Linn*) sebagai *Dye Sensitizer*. Diperoleh hasil bahwa ekstrak daun pacar air memiliki efisiensi yang paling besar yaitu 0,008473333 % dengan spektrum serapan panjang gelombang terdapat pada rentang 245- 660.50 nm dan absorbansinya 0.036. Untuk efisiensi bunga pacar air merah sebesar 0,007466667 % ekstrak ini berada pada rentang panjang gelombang 242.50 – 312.500 nm dan absorbansi 4.573, sedangkan untuk bunga pacar air ungu diperoleh hasil efisiensi 0,004833333 % pada rentang panjang gelombang 238.50 – 350.50 nm dan absorbansi 4.617.

DAFTAR PUSTAKA

- Adfa, Morina. 2007. *Senyawa Antibakteri Dari Daun Pacar Air (Impatiens Balsamina L.)*, *Jurnal Gradien* Vol.4(1). Bengkulu: Jurusan Kimia, Universitas Bengkulu. Halaman 318-322.
- Aidil Fitri, Meika. 2009. *Performasi Dye Sensitized Solar Cell* pada kaca LCD dengan sensitizer dari bunga pacar air merah (*Impatiens Balsamina*). Universitas Diponegoro. Diponegoro.
- Hardeli, dkk. 2013. *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC) Berbasis Nanopori TiO_2 Menggunakan Antosianin dari Berbagai Sumber Alami*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung

- Maya Sukma Widya Kumara, dan Drs. Gontjang 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.* Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya
- O'regan and Gratzel, M, 1991, "A Low- Cost, High Efficiency Solar Cell Based On Dye-Sensitized Colloidal TiO₂ Films", Nature Vol. 353. Issue 6346, 737.
- Zamrani R.A. 2013. *Pembuatan Dan Karakterisasi Prototipe Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstraksi Kulit Buah Manggis Sebagai Dye Sensitizer Dengan Metode Doctor Blade.* Institut Teknologi Sepuluh Nopember:Surabaya. Jurnal sains dan seni pomits, vol. 1, no. 2