

IDENTIFIKASI ZAT WARNA DARI PENCAMPURAN EKSTRAK DAUN, BUNGA, DAN BUAH TUMBUHAN TROPIS SEBAGAI BAHAN SENSITIZER PADA DYE SENSITIZED SOLAR CELL

Asis Munandar, Iswadi, dan Nurul Fuadi¹

¹Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
Email: azizmunandar25@gmail.com, wadi.phys.uin@gmail.com

Abstract: Research on Identification of Color Substance from Tropical Leaf Extract, Tropical Fruit and Flower Preparation as Sensitizer Material on Dye Sensitized Solar Cell, which aims to know the absorption wavelength on mixing of leaf extract, fruits and tropical flower plant as sensitizer material on Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) and to determine the value of constituent elements contained in the mixing of leaf extracts, fruits and flowers of tropical plants as a sensitizer material in Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). The method used in this research is direct meseration method to obtain extract from tropical plants. The result of the research shows that the highest peak is in absorbance and wavelength, in mixing flower of girlfriend of water and leaves of nail girlfriend with wavelength 232.00 nm with absorbance value 4,157, XRF test obtained element or composition of the highest in mixing sample of White Water Flower and Leaf Flower Soursop namely Potassium (K) with a value of 53.18 % can be concluded that there are some tropical plants that can be used as a dye for the manufacture of Dye Sensitized Solar Cell (DSSC).

Keywords: Tropical Plants, Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), Meseration, XRF, UV-Vis

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk serta peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi membuat kebutuhan energi juga akan semakin meningkat. Peningkatan ini tentunya akan menimbulkan permasalahan baru yaitu kekurangan sumber energi. Berdasarkan survey yang dilakukan oleh para ahli mengenai masalah terbesar yang akan dihadapi manusia untuk 50 tahun mendatang, ternyata energi menduduki peringkat pertama (Septina, 2007). Selama ini kebutuhan energi listrik masih mengandalkan bahan bakar fosil dan pembangkit listrik lainnya, sehingga berdampak semakin berkurangnya ketersediaan sumber daya energi fosil khususnya minyak bumi, namun disisi lain jumlah cadangan sumber energi fosil terus berkurang, sementara proses pembentukannya dibutuhkan waktu yang sangat lama bahkan bertahun-tahun (Septina, 2007).

Demi mencukupi kebutuhan energi tersebut, dilakukan berbagai alternatif diantaranya pemanfaatan energi terbarukan seperti energi surya, energi air, biomassa, panas bumi, energi angin dan energi samudera (Subodro, 2012).

Salah satu pemanfaatan dari energi terbarukan yakni melalui *solar cell* atau sel surya yang merupakan alternatif yang paling potensial. Hal ini dikarenakan jumlah energi matahari yang sampai ke bumi sangat besar, yaitu sekitar 700 Megawatt setiap menitnya. Bila dikalkulasikan, jumlah ini 10.000 kali lebih besar dari total konsumsi energi dunia (Zamrani dan Gontjang, 2013).

Dalam DSSC pewarna alami sebagai *sensitizer* memainkan peran kunci untuk menyerap foton dari sinar matahari atau lampu dan mengubahnya menjadi arus listrik. *Dye* dapat ditemukan diberbagai buah dan tumbuhan dengan harga *fabrikasi* lebih murah, dibandingkan penggunaan pewarna seperti kompleks logam dengan harga yang relatif mahal, sehingga *dye* yang gunakan dalam penelitian ini merupakan tumbuhan-tumbuhan tropis yang mudah didapatkan dengan harga yang relatif murah, yaitu daun pacar kuku, daun pacar air, daun sirsak, buah sirsak, daun puri malu, bunga putri malu, bunga pacar air merah dan bunga pacar air putih.

Berdasarkan uraian di atas maka hal tersebutlah yang melatar belakangi dilakukan penelitian ini untuk mengidentifikasi zat warna dari pencampuran ekstrak daun, buah, dan bunga tumbuhan tropis sebagai bahan *sensitizer* pada *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

2. KAJIAN PUSTAKA

Sel Surya

Sel surya adalah perangkat yang mengkonversi radiasi sinar matahari menjadi energi listrik. *Fotovoltaik* ini ditemukan oleh *Becquerel* pada tahun 1839, dimana *Becquerel* mendeteksi adanya tegangan foton ketika sinar matahari mengenai elektroda pada larutan elektrolit (Zulkipli, 2013). Panel surya tersusun dari sel surya yang kecil yang selanjutnya dibentuk dalam modul sehingga menjadi panel, yang dijual dalam berbagai bentuk, ukuran dan merek. Tiap panel terbentuk modul yang ukuran dan kemampuannya menyerap untuk menyerap radiasi matahari berbeda. Umumnya panel yang dijual di pasaran berdaya 20 Wp, 30 Wp, 50 Wp, 80 Wp dan 100 Wp. Wp (*Watt Peak*) adalah satu yang digunakan untuk menghitung daya serap panel terhadap panas matahari, selain daya dan ukuran, bahan silikon yang digunakan untuk membuat panel juga beragam (Zulkipli, 2013).



Gambar 1 Panel Surya (berbasis silikon)

Sumber : <http://grist.org/climate-energy/solar-panels-could-destroy-u-s-utilities-according-to-u-s-utilities/>

Pewarna Alami (Dye)

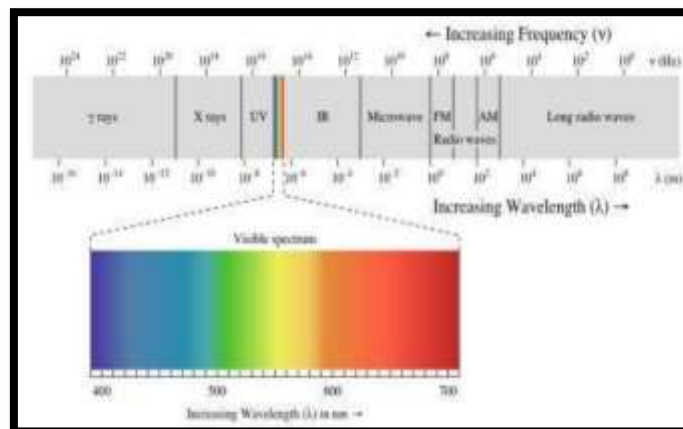
Pewarna alami (*dye*) merupakan molekul-molekul pigmen yang dihasilkan oleh bahan alam, berperan sebagai *sensitizer* untuk menyerap foton dari sinar matahari atau lampu dan mengubahnya menjadi arus listrik. Jenis-jenis pewarna seperti kompleks logam, dan organik dan alami biasanya digunakan sebagai *sensitizer* (Cari, dkk., 2013).

Sejauh ini, *dye* yang digunakan sebagai *sensitizer* dapat berupa *dye* sintesis maupun *dye* alami. *Dye* sintesis umumnya menggunakan organik logam berbasis ruthenium kompleks yang harganya cukup mahal, sedangkan *dye* alami dapat diekstrak dari bagian-bagian tumbuhan seperti daun, bunga atau buah. Pigmen tumbuhan yang digunakan sebagai fotosensitizer dapat berupa ekstrak klorofil (Hardeli, dkk., 2013), karoten atau antosianin (Akhiruddin Maddu, dkk. 2007).

Spektrum Cahaya

Pada tahun 1873, J. C. Maxwell secara teori menjabarkan kemungkinan adanya gelombang elektromagnetik di alam yang menjalar dengan kecepatan sebesar kecepatan cahaya. Secara eksperimen *Heinrich Hertz* pada tahun 1888, dengan memakai osilasi dipol listrik, berhasil memperoleh gelombang elektromagnetik, yakni gelombang mikro, yang ternyata dapat dipantulkan, dibiaskan, difokuskan dengan lensa dan seterusnya sebagaimana lazimnya cahaya. Sejak itu, cahaya diyakini sebagai gelombang elektromagnetik transversal. Elektromagnetik ialah gelombang medan listrik dan kuat medan magnet di setiap titik yang dilalui gelombang elektromagnetik itu berubah-ubah terhadap waktu secara periodis dan perubahan itu secara berturut-turut sepanjang arah menjalarnya gelombang (Soedjojo, 1992).

Cahaya tampak yaitu cahaya yang sensitif pada mata kita, pada kisaran 400 nm sampai 750 nm. Kisaran ini dikenal sebagai spektrum tampak, dan di dalamnya terdapat warna ungu sampai merah (Giancoli, 2001).

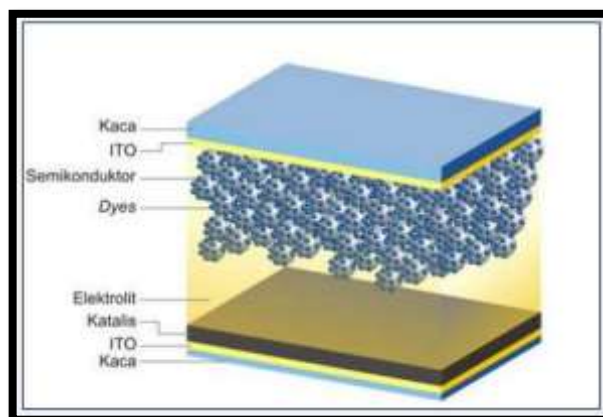


Gambar 2 Rentang spektrum gelombang elektromagnetik
 Sumber: <http://www.google.co.id>

Dye Sensitized Solar Cell

Dye Sensitized Solar Cell, sejak pertama kali ditemukan oleh Michael Gratzel pada tahun 1991, telah menjadi salah satu topik penelitian yang dilakukan intensif oleh peneliti di seluruh dunia. *Dye Sensitized Solar Cell* bahan disebut juga terobosan pertama dalam teknologi sel surya sejak sel surya silikon. Berbeda dengan sel surya konvensional, *Dye Sensitized Solar Cell* adalah sel surya fotoelektrokimia sehingga menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan (Halme, J. 2002).

Dye Sensitized Solar Cell merupakan suatu perangkat sel surya yang tersusun dari sepasang elektroda dan counter elektroda. Elektroda terbuat dari substrat kaca konduktif, yang telah dilapisi *transparent conductive oxide* (TCO), umumnya digunakan SnO₂. Pada elektroda dilapisi oleh layar oksida nanopartikel yang dilapisi oleh molekul *dye* (zat pewarna) sensitasi. Molekul *dye* berfungsi sebagai penangkap foton cahaya, sedangkan nanopartikel semikonduktor berfungsi menyerap dan meneruskan foton menjadi elektron. Pada *counter* elektroda diberi katalis, umumnya karbon atau platinum, berfungsi untuk mempercepat kinetika reaksi proses reduksi triiodide pada TCO. *Dye Sensitized Solar Cell* juga menggunakan media elektrolit sebagai medium transport muatan. Elektrolit yang umum digunakan pada *Dye Sensitized Solar Cell* terdiri dari iodine (I⁻) dan triiodide (I₃⁻) sebagai pasangan redoks dalam pelarut. Skematis susunan *sandwich layer* dari *Dye Sensitized Solar Cell* diilustrasikan pada **Gambar 1** berikut (Halme, J. 2002).



Gambar 3 Struktur *Dye Sensitized Solar Cell*

Sumber: <http://www.google.co.id>

Ekstraksi Maserasi

Maserasi adalah proses pengekstrak simplisia dengan menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruangan (kamar). Maserasi bertujuan untuk menarik zat-zat berkhasiat yang tahan pemanasan maupun yang tidak tahan pemanasan. Secara teknologi maserasi termasuk ekstraksi dengan prinsip metode pencapaian konsentrasi

pada keseimbangan. Maserasi dilakukan dengan beberapa kali pengocokan atau pengadukan pada temperatur ruangan atau kamar (Depkes RI, 2000).

Spektrofotometer UV-Vis

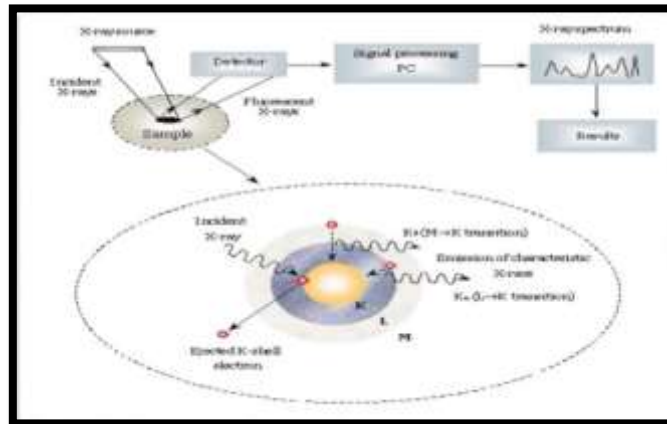
Spektrofotometri merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi materi dengan cahaya (Khopkhar, 2003). Prinsip dasar dari spektrofotometer UV-Vis adalah serapan cahaya. Apabila suatu cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian cahaya diserap molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul dan senyawa tersebut. Spektra UV-Vis berkaitan erat dengan tingkatan-tingkatan tenaga elektron (Sastrohamidjojo, 1991).

Spektrofotometri visible disebut juga spektrofotometri sinar tampak, yang dimaksud sinar tampak adalah sinar yang dapat dilihat oleh mata manusia. Cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah cahaya dengan panjang gelombang 400-800 nm dan memiliki energi sebesar 299–149 kJ/mol. Energi yang dimiliki sinar tampak mampu membuat elektron tereksitasi dari keadaan dasar menuju kulit atom yang memiliki energi lebih tinggi atau menuju keadaan tereksitasi (Seran, 2011)

X-Ray Fluorescence (XRF)

Analisis *X-Ray Fluorescence* (XRF) merupakan analisis suatu bahan dengan menggunakan peralatan spektrometer yang dipancarkan oleh sampel dari penyinaran sinar-X. Sinar-X yang dianalisis berupa sinar-X karakteristik yang dihasilkan dari tabung sinar-X, sedangkan sampel yang dianalisis dapat berupa sampel padat pejal dan serbuk. Dasar analisis alat *X-Ray Fluorescence* (XRF) adalah pencacahan sinar-X yang dipancarkan oleh suatu unsur akibat pengisian kembali kekosongan elektron pada orbital yang lebih dekat dengan inti atom (kulit K) oleh elektron yang terletak pada orbital yang lebih luar. Kekosongan elektron ini terjadi karena eksitasi elektron. Pengisian elektron pada orbital K akan menghasilkan spektrum sinar-X deret K, pengisian elektron pada orbital berikutnya menghasilkan spektrum sinar-X deret L, deret M, deret N dan seterusnya (Sumantry, 2002).

Spektrum sinar-X yang dihasilkan selama proses diatas menunjukkan puncak (peak) karakteristik yang merupakan landasan dari uji kualitatif untuk unsur-unsur yang ada pada sampel. Sinar-X karakteristik diberi tanda sebagai K, L, M, N dan seterusnya untuk menunjukkan dari kulit mana unsur itu berasal. Penunjukkan alpha (α), beta (β) dan gamma (γ) dibuat untuk memberi tanda sinarX itu berasal dari transisi elektron dari kulit yang lebih tinggi. Oleh karena itu, $K\alpha$ adalah sinar-X yang dihasilkan dari transisi elektron kulit L ke kulit K (Sumantry, 2002).



Gambar 4 Prinsip kerja alat *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Sumber: <http://www.google.co.id>

3. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada Juli sampai September 2017. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Organik dan Laboratorium Fisika Modern FST-UINAM, Laboratorium Kimia Terpadu dan di Laboratorium Science Building FMIPA-UNHAS.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah Spektrometer UV-Vis, XRF (*X-Ray Fluorescence*), neraca digital, gelas kimia, gelas beker, cawan, spatula, kain penyaring berwarna putih, endok sampel, corong, penutup tabung, batang pengaduk, pipet tetes, pipet volume, bulp, tabung reaksi, rak tabung. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah, daun pacar kuku, daun pacar air, bunga pacar air putih, bunga pacar air merah, daun dan bunga putri malu, daun dan buah sirsak, aluminium foil, selotip, etanol 96%, aquades, *tissue*, kertas label, kertas saring.

Prosedur Kerja

Persiapan Alat dan Bahan

Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian seperti daun pacar kuku, daun pacar air, bunga pacar air putih, bunga pacar air merah, daun putri malu, bunga putri malu, buah sirsak, daun sirsak, masing-masing sekitar 20 gram, larutan etanol 96 % 4 liter, aquades 2 liter.

Tahap Pembuatan Ekstrak Bahan

- Mencuci daun pacar kuku, daun pacar air, bunga pacar air putih, bunga pacar air merah, daun putri malu, bunga putri malu, daun sirsak dan buah sirsak dengan menggunakan air.
- Menghancurkan daun pacar kuku, daun pacar air, bunga pacar air putih, bunga pacar merah, daun putri malu, bunga putri malu, daun sirsak dan buah sirsak dengan menggunakan cawan dan alu menjadi bagian yang lebih kecil sampai menjadi serbuk.

- c. Menimbang serbuk daun pacar kuku, daun pacar air, bunga pacar air putih, bunga pacar air merah, daun putri malu, bunga putri malu, daun sirsak dan buah sirsak, hasil timbangan seberat 20 gram.
- d. Memasukkan serbuk dari masing-masing sampel ke dalam toples untuk dimaserasi dengan cara direndam menggunakan etanol 96% selama 24 jam.
- e. Menyaring hasil rendeman untuk memperoleh filtratnya dengan menggunakan kain penyaring dan corong ke dalam botol dan diberi label sebagai maserat hari pertama.
- f. Mengulangi tahap maserasi kembali pada ampas daun pacar kuku, bunga pacar air merah, bunga pacar air putih, daun putri malu, bunga putri malu, daun sirsak dan buah sirsak dengan penambahan etanol dilakukan selama 3 hari sehingga di peroleh hasil ekstrak yang banyak.

Tahap Pencampuran Ekstrak Bahan

- a. Mencampurkan 2 ml bunga pacar merah, bunga pacar putih, daun pacar air, daun pacar kuku, daun putri malu, bunga putri malu, daun sirsak dan buah sirsak untuk pencampuran semua sampel.
- b. Mencampurkan 2 ml bunga pacar merah dan 2 ml daun putri malu, lalu dihomogenkan.
- c. Melakukan hal yang sama pada sampel lainnya.

Pengujian UV-VIS

- a. Mengambil 1 ml *dye* kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 9 ml etanol lalu dihomogenkan (pengenceran 10kali).
- b. Mengambil kembali 1 ml *dye* yang telah diencerkan 10 kali dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan etanol 9 ml lalu dihomogenkan (pengenceran 100 kali).
- c. Memasukkan etanol ke dalam kuvet I sebagai pembacaan blangko.
- d. Memasukkan *dye* yang telah diencerkan ke dalam kuvet II sebagai sampel uji.
- e. Memasukkan kedua kuvet ke dalam alat uji dan dilakukan pengujian.
- f. Cara yang sama diatas dilakukan untuk sampel-sampel lainnya

Pengujian X-Ray Fluorescence

Sebelum dilakukan pengukuran sampel maka terlebih dahulu dilakukan kalibrasi pengukuran dan kalibrasi energi, selanjutnya dilakukan pengukuran. Kalibrasi energi bertujuan agar unsur yang terkandung dalam suatu bahan tetap pada energinya, sementara kalibrasi pengukuran bertujuan untuk mengetahui penyimpangan pengukuran dari alat. Menyiapkan sampel, kemudian memasukkan sampel kedalam alat uji XRF, kurang lebih 15 menit hasil pengujian XRF dapat terlihat pada monitor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Ekstrak Sampel

Pada penelitian ini telah dilakukan yaitu pembuatan ekstrak secara langsung pada tumbuhan tropis, sebagai fotosentizer dengan menggunakan

metode maserasi kemudian dilakukan perendaman selama 24 jam. Berikut adalah hasil ekstrak secara langsung tumbuhan tropis.

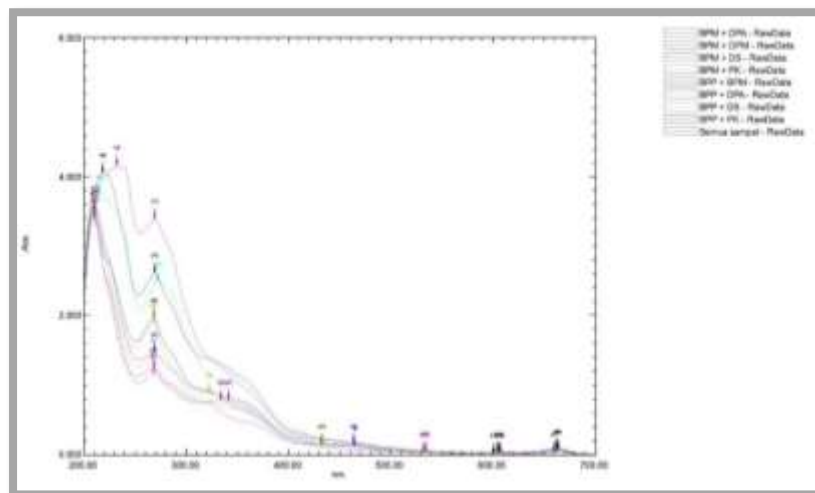


Gambar 5 Hasil ekstraksi sampel

Hasil Uji UV-Vis

Larutan *dye* dibuat dari ekstrak tumbuhan tropis yang dapat menyerap dan meneruskan spektrum cahaya tampak. Sebelum melakukan pembacaan, alat tersebut dikalibrasi dengan memasukkan etanol 96 % pada kuvet kemudian pelarut tersebut dikalibrasi menjadi nol.

Telah dilakukan pengujian ekstraksi menggunakan spectrophotometer UV Visible 2600 series untuk mengetahui daya absorbansi hasil ekstrak daun, bunga dan buah tumbuhan tropis setelah satu dan yang lainnya terhadap panjang gelombang tampak. Spektrum absorbansi diukur pada rentang 200-700 nm. Hasil pengujian terlihat pada grafik berikut:



Gambar 6 Grafik penggabungan semua sampel

Grafik di atas menunjukkan hasil gabungan hamparan spektrum pada UV-Vis dimana hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang. Dari hasil penggabungan UV-Vis terlihat puncak tertinggi terdapat pada absorbansi dan

panjang gelombang, pada pencampuran bunga pacar air putih dan daun pacar kuku dengan panjang gelombang 232.00 nm dengan nilai absorbansi 4.157, tertinggi kedua yaitu semua sampel dengan panjang gelombang 218.00 nm dengan nilai absorbansi 4.051 pada pencampuran ekstrak bunga pacar air merah dan daun pacar kuku dengan panjang gelombang 215.00 nm dengan nilai absorbansi 3.738, dari ketiga hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pencampuran ekstrak tumbuhan tropis bunga pacar air putih dan daun pacar kuku dapat dijadikan sebagai *dye* untuk pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC).

Hasil Uji X-Ray Fluorescence (XRF)

Setelah dilakukan pengujian sampel UV-Vis selanjutnya dilakukan pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)* untuk mengetahui kandungan unsur yang terkandung dalam hasil ekstrak pencampuran daun, bunga dan buah tumbuhan tropis. Hasil uji *X-Ray Fluorescence (XRF)* dapat dilihat pada pada tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian *X-Ray Fluorescence (XRF)*

Nama Unsur	Sampel Penelitian			
	Semua sampel (%)	Pencampuran bunga pacar air putih dan daun sirsak (%)	Pencampuran bunga pacar air merah dan daun pacar air (%)	Pencampuran bunga pacar air putih dan daun putri malu (%)
K	11.92	53,18	37.08	Ada
In	1,35	0,853	3,03	-
Cl	-	29,11	19.50	-
Ca	-	7,96	-	-
Co	-	3.78	-	-
Ti	-	2.72	-	-
Nb	-	1.16	4.28	-
Mo	-	0.74	2.65	-
Sb	-	0.62	2.09	-
Sn	-	0.60	2.16	-
Pb	-	-	9.96	-
U	-	-	7.21	-
Rb	-	-	3.36	-
Ru			1.74	

Tabel di atas menunjukkan hasil dari ke empat sampel yang diuji XRF yaitu pencampuran bunga pacar air putih dan daun sirsak, ekstrak bunga pacar air merah dan daun pacar air, ekstrak bunga pacar air putih dan daun putri malu, dan semua sampel. pada pencampuran bunga pacar air putih dan daun sirsak unsur yang terkandung adalah Kalium (K) Klorin (Cl), Kalsium (Ca), Kobalt (Co), Thallium (Ti), Niobiurn (Nb), Indium (In), Molibdenum (Mo), Stibium (Sb), dan Stannum/Timah (Sn). Unsur atau komposisi yang tertinggi adalah Kalium (K) dengan nilai 53,18 % sedangkan unsur atau komposisi yang terendah yaitu Stibium (Sn) dengan nilai 0,60%.

Pada pencampuran ekstrak bunga pacar air merah dan daun pacar air, bahwa unsur yang terkandung dalam ekstrak semua sampel adalah kalium (K) Klorin (Cl), Timbal (Pb), Uranium (U), Niobium (Nb), Rubidium (Rb), Indium (In), Molibdenum (Mo), Stibium (Sb), Stannum/ Timah (Sn). Unsur atau komposisi yang tertinggi adalah Kalium (K) dengan nilai 37,08 % sedangkan unsur atau komposisi yang terendah yaitu Plutonium (Pu) dengan nilai 1,74%.

Pada ekstrak semua sampel unsur yang terkandung di dalamnya adalah kalium (K) dan indium (In) dengan komposisi atau unsur tertinggi adalah Kalium (K) senilai 11,92 m/m% dan komposisi atau unsur terendah adalah Indium (In) senilai 1,35 m/m%.

Berdasarkan hasil pengujian XRF diperoleh unsur atau komposisi yang tertinggi pada sampel bunga pacar air putih mix daun sirih yaitu Kalium (K) dengan nilai 53,18 m/m% maka unsur tersebut dapat dijadikan sebagai sebagai dye untuk pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka kesimpulan yang dapat diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengujian UV-Vis dapat dilihat bahwa ekstrak pencampuran bunga pacar air putih dan daun pacar kuku dapat dijadikan sebagai dye untuk pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell*, karena memiliki nilai absorpsi tertinggi yaitu 4,157 dan berada pada panjang gelombang 232,00 nm.
2. Hasil pengujian XRF diperoleh kandungan unsur Kalium (K) sebesar 53,18 %, Klorin (Cl) sebesar 29,11 %, dan Indium (In) sebesar 3,03 %, maka kandungan unsur tersebut dapat dijadikan sebagai dye untuk pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell*.

Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini maka saran untuk peneliti selanjutnya adalah melakukan penelitian dengan bahan yang sama, dengan pencampuran yang bervariasi, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan substrat atau kaca ITO dengan resistansi 100 Ω . Selain itu peneliti selanjutnya juga dapat melakukan pengujian XRD dengan terlebih dahulu memadatkan ekstrak dari sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Cari, dkk. *Studi Pengaruh Konsentrasi Poly (3-Hexylthiophene) (P3HT) Terhadap Peningkatan Efisiensi Dye Sensitized Solar Cel*. Seminar Nasional 2nd Lontar Physic Forum 2013. ISBN: 978-602-8047-80-7: Lpf1331-1.2013.
- Giancoli, Douglas, C. *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Erlangga: Jakarta. 2001.
- Halme, J. *Dye Sensitized Nanostructured and Organic Photovoltaics Cells: Technical Review and Preliminary Test*. Master Thesis. Helsinki University of Technology. Espoo. 2002.

- Hardeli, dkk. *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Nanopori TiO₂ Menggunakan Antosianin Dari Berbagai Sumber Alami*. Padang: FMIPA Universitas Lampung. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. 2013.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. *Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty. 1991.
- Setiana, Shella. *Pengaruh Konsentrasi Mordankapur Dengan Zat Warna Daun Pacar Kuku (Lawsonia Inermis) Kering Terhadap Pewarna Kain Knit Cotton Dengan Teknik Tie Dye*. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya. E-Journal. Volume 04 Nomor 03 Tahun 2015, Edisi Yudisium Periode Agustus 2015, Hal 38-43. 2015.
- Soedjo, Peter. *Azas-azas Ilmu Fisika Jilid 3 Optika*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. 1992.
- Zulkipli. *Perencanaan Pemanfaatan Energi Surya Sebagai Energ Alternatif Untuk Kebutuhan Listrik Pada KLM*. Makassar: Jurusan Perkapalan, Universitas Hasanuddin, 2013. Vol. VII. 2013.