

**EKSTRAKSI SENYAWA TURUNAN ANTRAKUINON DARI KULIT
AKAR MENGGKUDU (*Morinda citrifolia L.*) ASAL PULAU TIMOR
APLIKASI DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) BERBASIS
SEMIKONDUKTOR SiO₂**

Amita walburga Bui, Titus Lapailaka

Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Email : walburga190699@gmail.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian dengan judul Ekstraksi Senyawa Turunan Antrakuinon Dari Kulit Akar Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) Asal Pulau Timor Untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Semikonduktor SiO₂. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rendemen ekstrak metanol kulit akar mengkudu dan mengetahui kinerja senyawa ekstrak metanol kulit akar mengkudu sebagai pewarna pada sel surya. Metode yang digunakan adalah metode ekstrak dengan cara maserasi terhadap kulit akar mengkudu menggunakan pelarut metanol, Ekstrak kulit akar mengkudu menggunakan pelarut metanol diperoleh hasil rendemen sebesar 20 %.. Ekstrak metanol kulit akar mengkudu sebagai pewarna pada DSSC dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan efisiensi sebesar 0,196%.

Kata kunci: *kulit akar mengkudu, DSSC, SiO₂, Metanol dan morindon.*

PENDAHULUAN

Ketersediaan energi di dunia semakin lama semakin menipis, termasuk ketersediaan sumber energi yang masih tergantung pada sumber bahan bakar fosil. Cadangan sumber energi fosil di seluruh dunia terhitung sejak 2002 yaitu 40 tahun untuk minyak, 60 tahun untuk gas alam dan 200 tahun untuk batu bara [16]. Untuk mencukupi kebutuhan energi tersebut, dilakukan berbagai energi alternatif diantaranya pemanfaatan energi terbarukan seperti energi surya, biomassa, panas bumi, energi air dan energi samudera [18].

Prinsip kerja dari sel surya yaitu mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan bantuan semikonduktor dan zat warna. Bahan semikonduktor yang biasanya digunakan berupa TiO₂, ZnO, SiO₂ dan SnO₂. Menurut Aprilla dan Haris (2016), terdapat beberapa metode yang dipakai untuk preparasi elektroda SiO₂ diantaranya *slip casting*, *spin coating*, *spray coating* dan *doctor blade*. *Doctor blade* merupakan salah satu metode yang sangat mudah penggunaannya, peralatannya murah dan ukuran ketebalan dari semikonduktor dapat dikontrol [1].

DSSC merupakan teknologi sel surya yang sedang banyak dikembangkan saat ini, hal ini karena DSSC tidak memerlukan bahan semikonduktor dengan kemurnian yang tinggi sehingga proses produksi yang murah dan biaya produksi yang relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan sel surya jenis lainnya. Sehingga DSSC sangat potensial untuk dijadikan sebagai sel surya generasi mendatang.

Pada dasarnya prinsip kerja DSSC merupakan suatu siklus transfer elektron oleh komponen-komponen DSSC [8]. Komponen penyusun DSSC terdiri dari gelas transparan konduktif, semikonduktor, pewarna, elektrolit, dan katalis counter elektrode. Pada DSSC, absorpsi cahaya dan transfer muatan listrik terjadi pada proses yang terpisah. Absorpsi cahaya dilakukan oleh molekul zat warna dan transfer muatan oleh semikonduktor anorganik nanokristal yang memiliki celah pita lebar sebesar 3,2 eV (energi celah). Salah satu semikonduktor yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai sel material DSSC adalah SiO₂. SiO₂ merupakan salah satu bahan semikonduktor yang memiliki band gap yang lebar dan mampu memberikan efisiensi yang baik, memiliki fase Kristal yang reaktif terhadap cahaya, bersifat inert, tidak berbahaya dan murah [4].

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

Penggunaan SiO₂ dalam DSSC harus memiliki permukaan yang luas, sehingga Dye yang terabsorpsi lebih banyak meningkatkan arus. Selain elektroda Zat warna juga memiliki peran yang sangat besar dalam meningkatkan efisiensi DSSC yang berfungsi untuk mengabsorpsi cahaya.

Zat warna yang efisien digunakan adalah ruthenium kompleks. Namun jenis ini sulit disintesis karena harganya yang mahal dan masih mengandung logam berat. Sehingga dilakukan alternatif lain yaitu menggunakan zat warna alami sebagai pewarna yang ramah dan baik bagi lingkungan, mempunyai nilai pencemaran yang relatif rendah, mudah terdegradasi secara biologis, dan tidak beracun [3]. Zat warna alami ini terdapat pada buah-buahan, daun, bunga, kulit, biji dan akar. Dye alami ini terdapat dari hasil ekstraksi dari bahan alam seperti teh hijau, kol merah, buah manggis, blacbarry mengkudu, dan mangga [11].

Pada penelitian ini peneliti menggunakan ekstrak akar mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) sebagai Dye atau pewarna. Kulit akar mengkudu dapat mengandung senyawa morindon dan morindin yang dapat digunakan sebagai sumber zat pewarna untuk tekstil [19]. Morindon dan morindin merupakan turunan dari antrakuinon [5]. Kedua senyawa ini dapat digunakan untuk mewarnai kain. Kedua senyawa ini juga dapat menghasilkan warna yang berbeda-beda yang mana senyawa morindon menghasilkan warna kuning, sedangkan pada senyawa morindin menghasilkan warna merah. Berdasarkan uraian di atas maka perlu untuk mengekstraksi Senyawa Turunan Antrakuinon Dari Kulit Akar Mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) Asal Pulau Timor Untuk Aplikasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Berbasis Semikonduktor SiO₂.

METODE

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain blender, gelas beker, kolom, pengaduk, neraca analitik, corong, kertas saring, termometer, penjepit, mortar, tanur, statif, penjepit, pipet, tabung reaksi, multimeter, lampu halogen 10 W, batang magnet, spektrofotometer UV-Vis, *hot plate* dan *stirrer*.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu SiO₂, kulit akar Mengkudu dari Desa Makir Kab. Belu, NTT, akuades, metanol, *polyvinyl alcohol* (PVA), asetonitril, grafit, kaca ITO, isolasi, aluminium *foil*, tisu, kertas label, silika gel, kertas saring, *n*-heksana dan etil asetat.

Prosedur Kerja Persiapan sampel

Sampel akar Mengkudu diambil, kemudian dicuci dengan air untuk menghilangkan zat-zat pengotor. Selanjutnya dibilas dengan akuades dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama satu hari. Kemudian sampel digerus bagian kulit akarnya, dijemur dibawah sinar matahari dan dihaluskan dengan blender.

Ekstraksi zat warna

Ekstraksi zat warna pada kulit akar Mengkudu dilakukan maserasi dengan rasio 3 kali selama 1 minggu. Sebanyak 100 gr sampel dimaserasi dengan metanol sebanyak 1 Liter dan disaring. Proses ini diulang hingga filtratnya berwarna bening. Semua filtrat yang diperoleh digabungkan dan dipekatkan dengan *rotary evaporator*. Setelah diperoleh ekstrak metanol, dihitung rendemen dan kemudian dipisahkan dengan kolom kromatografi.

Pemisahan Dengan Kolom Kromatografi. KLT Dan Uji Fitokimia

Sebanyak 200 gram silika diambil dan dioven pada suhu 105⁰C selama 24 jam. Kemudian dirangkai kolom kromatografi. Tabung kolom yang digunakan dicuci kemudian dikeringkan, selanjutnya dimasukan kapas secukupnya. Dimasukan silika sampai mencapai ¾ panjang kolom. Selanjutnya dituangkan silika ke dalam Erlenmeyer dan dicampurkan dengan etil asetat sampai berbentuk bubuk.

Bubur silika dituangkan ke dalam kolom sampai bagian atas merata dan dibukakan sehingga jarak silika dan pelarut sekitar 1 cm. Ekstrak kental metanol hasil evaporasi dimasukan ke dalam kolom secara merata dan dialiri eluen etil asetat : *n*-heksan (1:4) serta dibuka kran. Hasil kolom ditampung pada tabung reaksi berdasarkan urutan penomoran. Uji KLT dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor retensi. Selanjutnya diuji fitokimia dengan basa KOH 10 %. Sampel dengan warna noda dan faktor retensi yang sama di gabung dan dievaporasi. Kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis serta dihitung rendemen.

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

Pembuatan elektrolit

Elektrolit yang digunakan ialah Iodida/Triiodida dengan cara mencampurkan 0,83 gram KI dengan 10 mL asetonitril lalu diaduk. Setelah itu ditambahkan 0,127 gram I₂ dan diaduk hingga Homogen.

Pembuatan elektroda lawan karbon

Sebagai sumber karbon digunakan grafit dari baterai. Grafit digerus dengan menggunakan mortarsampai halus. Kemudian ditimbang sebanyak 0,5 gram serbuk PVA dicampur dengan 4,5 mL akuades dan dipanaskan pada suhu 80 °C sampai tercampur sempurna. Selanjutnya ditambahkan 4,5 gram grafit karbon, hasil campuran kemudian dilapisi pada bagian konduktif kaca dengan ukuran 2 x 2,5 cm dan dipanaskan dengan menaikkan suhu secara perlahan sampai 450 °C selama 15 menit.

Preparasi pasta SiO₂

Sebanyak 0,5 gram PVA dicampur dengan 4,5 mL akuades kemudian dipanaskan pada suhu 80 °C diaduk dengan teratur, kemudian dimasukkanserbuk SiO₂ 4,5 gram dan dilakukan pengadukan sampai tercampur sempurna.

Perakitan DSSC (Maryani dkk.,2012)

Kaca ITO dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan metanol, setelah itu dikeringkan selama 15 menit pada suhu 100 °C. Dibuat ukuran 2,5 x 2,5 cm untuk 2kaca, dilakukan perekatan dengan isolasi pada sisinya sehingga tersisa 2 x 2,5 cm ditengah substrat. Kemudian, Substrat dilapisi dengan pasta SiO₂ sampai rata dengan metode *doctor blade*. Selanjutnya, dikeringkan dengan *hot plate* pada suhu 300-450°C selama 1 jam. Substrat kemudian direndam pada pewarna selama 2 jam. Lapisan SiO₂ ditutup dengan elektroda lawan karbon dan dijepit kedua sisinya dengan struktur *sandwich*. Elektrolit diteteskan pada celah kedua kaca secara merata dan siap diukur.

Pengujian DSSC [7]

Sel surya yang dihasilkan diukur karakteristik arus dan tegangan (I-V) dengan merangkainya dengan sebuah multimeter. Nilai arus dan tegangan sel surya diukur pada setiap posisi potensio stat yang divariasikan mula mula pada resistansi maksimum hingga nilai minimumnya. Hasil pengukuran yang diperoleh dibuat kurva I-V untuk menentukan performa energi sel surya. Dari kurva I-V diperoleh data *Open Circuit Voltage* dan *Short Circuit*. Data tersebut digunakan untuk menghitung nilai *Fill Factor* (FF) dan Efisiensi (η)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan Sampel

Sampel akar mengkudu diambil dan dicuci untuk menghilangkan kotoran- kotoran yang berupa tanah, debu, batu dan pengotor yang lainnya yang dapat mengganggu dalam proses ekstraksi. Kemudian sampel akar mengkudu yang sudah dicuci dijemur dibawah sinar matahari selama 1 hari untuk mengurangi kadar air yang akan mengganggu hasil maserasi. Setelah itu sampel dibilas menggunakan akuades tujuannya untuk menghilangkan sisa-sisa pengotor yang masih tersisa disaat pencucian sebelumnya dan dikeringkan kembali pada suhu ruang untuk mengurangi kadar air saat pencucian dan pembilasan serta kadar air yang berasal dari sampel agar mikroorganisme tidak dapat tumbuh dan berinteraksi dengan senyawa yang terkandung dalam sampel. Setelah kering sampel diblender sampai menjadi serbuk untuk memperluas permukaan sehingga mempercepat proses ekstraksi.

Ekstraksi Zat Warna

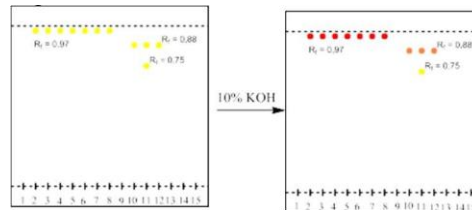
Hasil maserasi menghasilkan filtrat yang berwarna merah. Terjadinya perubahan warna ini dikarenakan adanya komponen yang telah larut dalam pelarut metanol. Kemudian hasil filtrat yang diperoleh dapat dipisahkan dari pelarutnya dengan rotary evaporator dengan suhu 60 °C. dan diperoleh hasil berupa ekstrak kental yang berwarna merah kehitaman dengan berat 20 gr. Maka hasil rendemen yang diperoleh yaitu 20 % terhadap berat sampel.

Pemisahan Dengan Kolom Kromatografi, KLT dan Uji Fitokimia

Hasil pada kolom kromatografi mulai dari tabung dengan larutan yang berwarna bening, kuning sampai coklat. Adanya perubahan warna karena menunjukkan pemisahan yang terjadi pada sampel. Untuk menggabungkan fraksi yang samadan memastikannya maka diuji dengan KLT dan uji fitokimia.

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

Hasil uji dengan KLT dapat dilihat pada gambar 1 di bawah

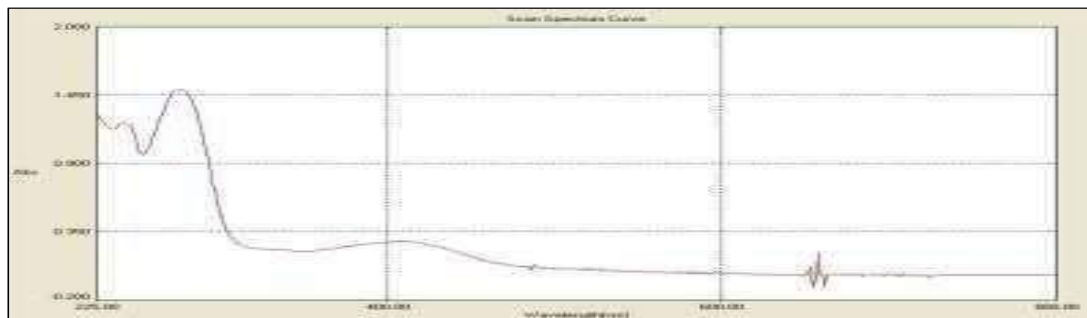


Gambar 1. Hasil KLT ekstrak metanol kulit akar mengkudu

Berdasarkan gambar 1 di atas dapat dilihat bahwa pada tabung 2-9 menunjukkan adanya noda yang berwarna kuning dengan jarak yang ditempuh noda 3,3 cm dan eluen 3,4 cm, dengan nilai retensi (R_f) sebesar 0,97. Sedangkan pada tabung 11-13 terdapat noda dengan jarak 3 cm yang mempunyai nilai R_f 0,88. Pada tabung reaksi 12 menunjukkan noda ganda yang terdapat 2 senyawa dalam reaksi tersebut. Pada tabung 2-9 dan 11-13 menunjukkan reaksi positif adanya senyawa yang diduga antrakuinon. Selanjutnya uji fitokimia memberikan hasil positif yang berwarna merah setelah menyempatkan larutan KOH 10%.

Hasil Karakterisasi Dengan UV-Vis

Hasil karakterisasi sampel ekstrak metanol kulit akar mengkudu dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini



Gambar 2. Spektra UV-Vis ekstrak metanol kulit akar mengkudu

Berdasarkan gambar di atas terdapat 2 puncak pada konsentrasi 0,0012% yaitu dengan puncak pertama pada panjang gelombang 274 nm dengan nilai absorbansi sebesar 1,494 dan pada puncak kedua dengan panjang gelombang 409 nm dengan nilai absorbansinya sebesar 0,273. Serapan antrakuinon pada spektrofotometer UV- Vis terletak pada daerah panjang gelombang 267-450 (Sudarsono dan Aini, 1997). Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa diduga adanya senyawa turunan antrakuinon pada sampel yaitu morindon.

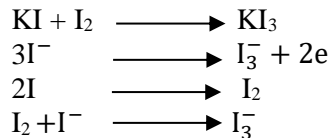
Hasil Preparasi DSSC

Preparasi pada kaca ITO dengan mengukur bagian konduktivitas dan nilai hambatan. Nilai hambatan yang digunakan pada kaca adalah untuk katoda 62Ω dan untuk anoda 78Ω . Ukuran kaca menjadi 2 cm x 2,5 cm karena bagian konduktif sudah diisolasi sebagai pembatas sehingga luas permukaan menjadi 5 cm^2 . Kemudian pada bagian ini dilapisi dengan pasta SiO_2 yang menggunakan metode doctor blade. Metode ini merupakan metode yang paling mudah untuk membuat pasta merata dengan baik dan benar. Selanjutnya dipanaskan dengan menaikkan suhu secara perlahan-lahan sampai suhu mencapai 450°C . Pada suhu ini Terjadi perubahan warna pada pasta SiO_2 yang mana dari wana putih-coklat-hitam-putih. Terjadi perubahan warna ini karena senyawa lain yang telah diuapkan atau Adanya pengotor berupa pelarut. Setelah itu kaca direndam pada zat warna ekstrak kulit akar mengkudu selama 2 jam. Tujuan melakukan perendaman dalam waktu yang lama agar dapat menyebabkan dye yang terikat pada ekeltroda SiO_2 lebih besar. Semakin banyak pewarna yang terikat pada elektroda SiO_2 maka semakin banyak pula energi foton yang terserap dalam elektroda SiO_2 . Hal

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

ini dibuktikan bahwa terjadi perubahan warna merah dikarenakan adanya interaksi kovalen antara zat warna dan pasta SiO₂.

Preparasi elektroda lawan dengan penambahan larutan PVA ke dalam grafit yang telah digerus dan distirer untuk dijadikannya homogen. Kemudian dilapisi pada kaca dengan ukuran yang sama dengan elektrodakerja atau elektroda SiO₂. Lalu dipanaskan untuk menguatkan ikatan antara SiO₂ dan kaca ITO dan juga untuk menghilangkan sisa air pada larutan PVA. Penggunaan grafit ini merupakan kumpulan atom karbon yang bertujuan sebagai katalis untuk membantu triiodida sebagai penerima elektron. Elektrolit yang digunakan adalah elektrolit cair dari hasil reaksi antara KI, Asetonitril, dan I₂. Mekanisme reaksi redoks elektrolit cair.

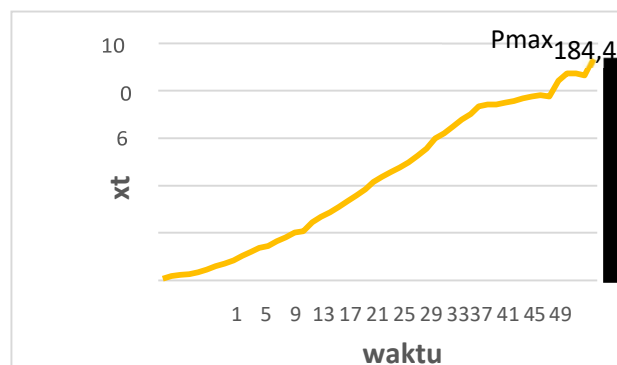


Kedua kaca elektroda ditempel dan dijempit bagian pinggirnya sehingga tidak mudah terlepas. Selanjutnya ditambahkan elektrolit pada bagian samping antara elektroda SiO₂ dan elektroda lawan. Elektrolit ini bersifat sebagai penyedia elektron untuk menggantikan elektron pada pewarna yang teroksidasi. Kemudian dijepit dengan aligator klip dan diukur arus dan tegangan menggunakan multimeter. Untuk kabel warna merah pada alligator dijepit pada elektroda lawan (katoda) sedangkan pada kabel warna hitam dijepit pada elektroda kerja (anoda).

Hasil Pengujian

Pembacaan pada arus diatur jarum pada skala 200 μA dan tegangan pada skala 200 mV. Pengukuran dimulai setiap 1 menit dengan bantuan stopwatch dan juga lampu halongen 10 Watt sebagai sumber cahaya pengganti matahari yang memiliki daya kostan. Ketika sel ditetesi larutan elektrolit, dihubungkan dengan multimeter dan disinari maka akan terjadi perubahan angka hal ini menunjukkan adanya eksitasi elektron pada pewarna oleh energi dari cahaya lampu. Ketika anoda dikenai cahaya maka energi foton diserap oleh pewarna yang telah berikatan dengan SiO₂, sehingga elektron pada pewarna memperoleh energi untuk untuk tereksitasi. Selanjutnya elektron pada dye tereksitasi dari keadaan dasar (Highest Occupied Molecular Orbital) ke keadaan tereksitasi (Lowest Unoccupied Molecular Orbital). Kemudian elektron diinjeksi ke pita konduktifitas SiO₂ yang berperan sebagai akseptor dalam keadaan teroksidasi molekul pewarna kehilangan elektron. Terjadinya injeksi ini karena adanya ikatan antara semikonduktor dan pewarna. Selanjutnya elektron akan ditransfer melalui rangkaian luar menuju elektroda lawan. Elektron yang tereksitasi ini akan kembali ke sel sehingga bereaksi dengan elektrolit dan menuju ke pewarna yang tereksitasi. Ketika proses ini terjadi maka pada keadaan dasar terjadi hole sehingga akan terisi oleh elektron dari elektrolit redoks. Elektrolit yang digunakan ini sebagai pasangan redoks yang akan bertindak sebagai mediator penyedia elektron dan menghasilkan suatu siklus.

Berdasarkan pengujian diperoleh data arus dan tegangan. Sehingga hubungan antara hasil kali arus, waktu, dan tegangan terhadap waktu dapat dilihat dari gambar di bawah.



Gambar 3. Hasil pengujian DSSC

**SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022**

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh nilai efisiensi DSSC sebesar 0,196%. Hasil ini menunjukkan nilai efisiensi DSSC cukup baik. Besar kecilnya nilai efisiensi tergantung banyak hal salah satunya yaitu banyaknya foton yang diserap oleh dye sehingga arus yang dihasilkan akan semakin besar.

KESIMPULAN

- a. Rendemen yang diperoleh dari hasil maserasi ekstrak kulit akar mengkudu (*Morinda citrifolia L.*) yang menggunakan pelarut metanol sebesar 20%
- b. Kinerja dari ekstrak methanol kulit akar mengkudu sebagai pewarna pada DSSC dapat mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik dengan efisiensi sebesar 0,196%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aprillia, W.R., Dan HarisA., (2016). Sintesis semikonduktor TiO₂, serta aplikasi pada *dye sensitized solar cell* (DSSC) menggunakan *Dye indigocarmine*, jurnal kimia sains dan aplikasi, universitas diponegoro, semarang.
- [2] Atun, S. (2014). Metode isolasi dan identifikasi struktur senyawa organik bahan alam, jurnal konservasi cagar budaya borobudur, jurusan pendidikan kimia, FMIPA, Universitas negeri yogyakarta.
- [3] Fitrihana, N. 2007, Teknik Eksplorasi Zat Pewarna Alam Dari Tanaman Di Sekitar Kita Untuk Pencelupan Bahan Tekstil, (Online) .([http://www.batikyogya.wordpress.com /2007/08/02/](http://www.batikyogya.wordpress.com/2007/08/02/)) Diakses pada tanggal 20 Januari 2016
- [4] Gratzel, M. (2003) Effects of Ion Doping on the Optical Properties of Dye- Sensitized Solar Cells. *Journal of Photochemistry and Photobiology. Reviews*, 4, 145-153. [http://dx.doi.org/10.1016/S1389-5567\(03\)00026-1](http://dx.doi.org/10.1016/S1389-5567(03)00026-1)
- [5] Hamid, T. S., dan Muhlis, D., (2005). Perubahan sifat fisika kimia kain sutera akibat pewarna alami kulit akar pohon mengkudu, jurnal teknologi, bandung.
- [6] Hardeli., Suwardani., Riky., T. Fernando., Maulidis. dan Ridwan, S. (2017). *Dye sensitized solar cell* (DSSC) berbasis nanopori TiO₂ menggunakan antosianin dari berbagai sumber alami, jurusan kimia, FMIPA UNP. Padang.
- [7] Handayani, S., Guanawan., dan Haris, A. (2013). Pengaruh pasta ZnO Dengan penambahan dishdetergent dan PVA pada kaca konduktif terhadap efisiensi *dye sensitized solar cell* dan ekstrak bunga rosella (*hibiscussabdariffa L.*), jurnal kimia sains dan aplikasi, semarang.
- [8] Kumara, maya SW dan gontjang P. (2012). Studi awal fabrikasi *dye sensitized solar cell* (DSSC) dengan menggunakan ekstrak daun bayam (*amanranthus hybridus L.*) sebagai *dye sensitized* dengan variasi sumber cahaya pada DSSC. Surabaya:ITS.
- [9] Kolihar, J. N. (2019). *Dye sensitized solar cell* (DSSC) berbasis semikonduktor TiO₂ menggunakan ekstrak kulit akar mengkudu (*morinda citrifolia L.*), jurusan kimia, universitas nusa cendana. Kupang.
- [10] Loinenak, F. S. (2019). Ekstraksi senyawa turunan antrakuinon dari kulit akar mengkudu (*morinda citrifolia L.*) asal pulau timor untuk aplikasi *dye sensitized solar cell* (DSSC), jurusan kimia, universitas nusa cendana, kupang.
- [11] Maddu, A. Zuhri., M, Irmansyah. (2007). Penggunaan ekstrak antosianin dari kulit kolmerah sebagai foto sensitized pada sel surya TiO₂ Nanokristal tersensitisasi *dye* makara teknologi ITB. Vol 11. No. 2. Hal. 78-84
- [12] Mukarromah., (2016). Pengaruh waktu perendaman nano komposit MgO- SnO₂ pada larutan ekstrak daun jati dan buah manggis terhadap efisiensi *dye sensitized solar cell* (DSSC), Skripsi, jurusan fisika, fakultas sains dan teknologi, universitas islam negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang.
- [13] O' regan dan Gratzel, M. (1991) *A. Low-Cost, high efficiency solar cell based on dye sensitized colloidal TiO₂ Films. Nature vol. 353. Issue 6346, 737.*
- [14] Prasatya, A. N., dan Susanti. D., (2013). Pengaruh temperatur kalsinasi kaca FTO yang di coating ZnO Terhadap efisiensi DSSC (*dye sensitized solar cell*) yang menggunakan dye dari buah terung belanda (*Solanum betaceum*), jurnal teknik pomits, surabaya.

SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA I
UNIVERSITAS NUSA CENDANA
Kupang, 31 Maret 2022

- [15] Rukmana,R. (2002). Mengkudu budidayadan prospek agribisnis yogyakarta: kanisius.
- [16] Septina., W. Fajarisandi., D. Aditiam M. (2007). Pembuatan *prototipe solar cell* murah dengan bahan organik- Inorganik (*dye sensitized solar cell*). Laporan penelitian bidang energi.Institut teknologi bandung.
- [17] Sindora, G., Allimudin, A. H., dan Harlia, (2017). Identifikasi senyawa golongan antrakuinon pada fraksi kloroform akar kayu mengkudu (*morinda citrofolia L.*), JKK, Kimia, FMIPA, Universitas Tanjung pura.
- [18] Subodro,R., (2016). Preparasi elektro sebagai pentransfer elektro pada *dye sensitized solar cel l*(DSSC) Jurnal AUTINDO, politeknik indo nusa surakarta. Surakarta.
- [19] W.Eisten. (1866). *Ueber morindon und morindin; ein beitragszur naheren derselben. Journal praktische chemie. Volume 97. Issue 1. Eropa.*
- [20] Zamrani, R.A., Gontjang prajitno., 2013. Pembuatan dan karakterisasi prototype dye sensitized solar cell (DSSC) Meggunakan ekstrak buah manggis sebagai dye sensitized dengan metode dokter blade, jurnalsains dan senipomits, vol.1no.2.