



DYE SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) MENGGUNAKAN FILM TIPIS ZnO:Cu DENGAN VARIASI KECEPATAN PUTARAN BERBAHAN DYE BUAH KARAMUNTING

Erniria, Motlan dan Nurdin Siregar

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan
ernirianovitasimatupang@gmail.com

Diterima: Agustus 2020. Disetujui: September 2020. Dipublikasikan: Oktober 2020

ABSTRAK

Dye Sensitized Solar Cell telah berhasil dibuat dengan menggunakan film tipis ZnO yang divariasikan dengan kecepatan putaran 4000, 4500, dan 5000 Rpm, yang dibuat dengan menggunakan metode sol-gel dengan teknik Reflux lalu dicoating pada kaca FTO dengan teknik spin coating. Film tipis ZnO:Cu dikarakterisasi dengan menggunakan XRD, SEM, UV-Vis, FTIR. Ukuran kristal ZnO:Cu sebesar 28, 35, dan 28 nm. Energy gap sebesar 3.17, 3.13, dan 3.16 eV. Nilai Efisiensi sebesar 0.810%, 0,155%, dan 0,045%. nilai optimum Absorbansi dye sebesar 1.73, 1,72, 1,96 a.u pada panjang gelombang 302, 307, dan 305 nm.

Kata Kunci: Dye Sensitized Solar Cell, Kecepatan Putaran Spin-Coating, Buah Karamunting, Efisiensi

ABSTRACT

Dye Sensitized Solar Cell has been successfully made using ZnO:Cu thin film which is varied with the rotation speed of 4000, 4500, and 5000 Rpm, which is made using the sol-gel method with Reflux technique and then coating on FTO glass with spin coating technique. ZnO thin films were characterized using XRD, SEM, UV-Vis, FTIR. ZnO:Cu crystal size is 28, 35, and 28 nm. Energy gap of 3.17, 3.13, and 3.16 eV. Efficiency value of 0.810%, 0,155%, and 0,045%. optimum value of dye absorbance is 1.73, 1,72, 1,96 a.u at wavelength 302, 307, and 305 nm.

Keywords: *Dye Sensitized Solar Cell, Spin-Coating Round Speed, Karamunting Fruit, Efficiency*

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan primer bagi masyarakat dan seiring perkembangan jumlah penduduk dan ekonomi mengakibatkan meningkatnya kebutuhan energi listrik. Kemajuan teknologi serta penggunaan barang-barang elektronik yang semakin meningkat mengakibatkan kebutuhan energi semakin besar. Peran energi sebagai komoditas yang diperdagangkan menjadi makin penting. Kecenderungan ini semakin diperkuat dengan belum tersedianya sumber energi

terbarukan (energi surya, angin, panas bumi, nuklir, dan lain-lain) dengan biaya produksi yang terjangkau (Pradnyana, 2016). Dari beberapa sumber energi terbarukan tersebut, matahari merupakan kandidat yang sangat menjanjikan sebagai energi alternatif, terutama di Indonesia yang berada di khatulistiwa yang mendapatkan penyinaran cukup tinggi. (Iwantono, dkk, 2016).

Cahaya matahari merupakan salah satu energi alternatif yang bersifat terbarukan. Hal ini dikarenakan Indonesia berada di garis khatulistiwa. Matahari yang berkisar 2000 jam

per tahun, sehingga Indonesia tergolong kaya akan sumber energy matahari (Djoko ,dkk , 2009). Hal ini didasarkan karena energi yang dikeluarkan oleh sinar matahari sebenarnya diterima oleh permukaan bumi sebesar 69% dari total energi pancaran matahari. Sedangkan suplai energi surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi mencapai 3×10^{24} joule pertahun, energi ini setara dengan 2×10^{17} Watt. Jumlah energi tersebut setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0.1 % saja permukaan bumi dengan perangkat solar sel yang memiliki efisiensi 10 % sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia (Yulianto, dkk, 2009). Untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia perlu diadakan penelitian yang bertahap untuk menemukan teknologi yang tepat guna memanfaatkan energy matahari yang ada di muka bumi ini. Salah satu teknologi tepat guna yang memanfaatkan energy matahari adalah penggunaan sel surya atau solar cell. Penggunaan sel surya yang konvensional digunakan secara komersial oleh banyak negara-negara maju dan berkembang. Adapun beberapa kendala pada sel surya konvensional yaitu diantaranya harganya sangat mahal sehingga membuat solar sel panel yang dihasilkan menjadi tidak efisien sebagai sumber energi alternative. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dikembangkanlah suatu teknologi yang menggunakan prinsip sel surya konvensional dengan biaya yang lebih murah serta ketersediaan bahannya melimpah atau biasa yang kita kenal dengan sebutan Dye Sensitized Solar Cell (Anguilar, dkk, 2017).

Dye-sensitized solar cell (DSSC) adalah generasi ketiga dari sel surya yang telah dikembangkan oleh O'Regan dan Gratzel pada tahun 1991. Rakitan sederhana sel surya ini (juga dikenal sebagai perangkat fotovoltai) bekerja dengan mengubah foton murah dari energi matahari menjadi energi listrik, berdasarkan kepekaan semikonduktor pita lebar, pewarna dan elektrolit (Huang , dkk, 2007).

Semikonduktor yang sering digunakan pada DSSC adalah metal oksida (keramik)

seperti TiO_2 , SnO_2 , ZnO . TiO_2 mempunyai band gap lebar yaitu sebesar 3,2 eV (energi celah) dengan rentang -1,2 eV - 2,0 eV. TiO_2 banyak digunakan karena memiliki karakteristik tidak mudah bereaksi (inert), tidak beracun, mudah diperoleh dan memiliki karakteristik optik yang baik. (Lutfi et al, 2015) Adapun semikonduktor lain yang memiliki sifat yang hampir sama seperti TiO_2 adalah ZnO . Harga TiO_2 yang cukup mahal dibandingkan ZnO , serta kemampuan mengikat energy exciton yang rendah (kurang dari 30 MeV) menjadi alasan mengapa penggunaan ZnO saat ini sering digunakan dan gencar untuk dikembangkan. ZnO mempunyai band gap yang lebar sekitar 3,21 eV pada temperatur ruang (Balta et al. 2015) dan transmitansi yang tinggi sekitar 90% pada panjang gelombang visibel. Kelebihan ZnO yang lain adalah dapat ditumbuhkan pada temperatur substrat yang relatif rendah sekitar 200-400oC. Hal ini menjadi sifat menarik yang dimiliki oleh ZnO karena pembentukan kristal dapat terjadi pada temperatur di bawah 400oC. Film tipis Zinc Oxide tanpa doping memiliki karakteristik sifat listrik yang kurang baik, memiliki resistivitas sebesar $0.78 \Omega.cm$ (Sim et al. 2010). Nilai konduktivitas film tipis ZnO tanpa doping yaitu sekitar $6,24 \times 10^{-7} (\Omega m)^{-1}$ (Suprayogi 2014). Dan nilai transmitansi film tipis ZnO tanpa doping 70-80%. Kelebihan lain dari ZnO adalah memiliki kestabilan kimia yang sangat tinggi, koefisien kopling elektrokimianya juga tinggi, memiliki kemampuan absorpsi radiasi sinar UV yang luas, dan juga sangat peka terhadap cahaya (Caglar, 2009). Semikonduktor ZnO diketahui stabil pada suhu ruang dan mampu bertahan dalam suhu yang sangat tinggi (Al-Kahlout, 2012). Kelemahan ZnO adalah memiliki sifat listrik, sifat optik serta struktur unit yang kurang bagus sehingga diperbaiki dengan cara diberi doping (Kim et al. 2010). Untuk menaikkan konduktivitas listriknya, ZnO seringkali didoping dengan dopan ekstrinsik. (Amara & Mohamed 2014).

Dopan ekstrinsik yang sering ditambahkan pada film tipis ZnO berupa senyawa kimia diantara periode IIA sampai III A seperti Al, Ga, In, B, Mg, dan Cu.

Pada penelitian ini logam Cu digunakan sebagai atom doping dengan tujuan mampu meningkatkan konduktivitas elektrik dari ZnO, karena Cu memiliki jari-jari ion yang lebih kecil daripada ZnO dan harganya yang lebih murah dibandingkan dengan material lain (Iwantono dkk, 2016). Selain pemilihan logam Cu dapat digunakan sebagai semikonduktor, tidak beracun dan band gap mencapai 2,137 Ev.

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan Film tipis ZnO doping Cu ditumbuhkan di atas substrat corning glass dengan variasi temperatur annealing menggunakan metode DC magnetron sputtering. Konsisten dengan hasil XRD yang menyatakan bahwa film tipis Zinc oksida yang di doping dengan tembaga pada temperature 3000C memiliki ukuran kristal yang semakin besar, kompak dan homogeny (Sugianto dkk, 2016). Pada penelitian yang lainnya, Dilakukan pengujian arus dan tegangan pada film tipis dengan perendaman selama 24 jam di suhu ruang. Hasilnya menunjukkan efisiensi DSSC Dye sebesar 0,0027%, sedangkan ketika ditambahkan doping Cu menunjukkan efisiensi DSSC Dye+Cu sebesar 0,0055% (Fadli, dkk, 2015).

Dalam penelitian (Motlan, dkk, 2017) hasil karakterisasi struktural pada film tipis ZnO Dengan variasi kecepatan putaran spin coating berturut-turut 3000, 4000 dan 5000 rpm, masing-masing selama 30 detik dan kalibrasi dengan 300oC pra-pemanasan dan suhu 500oC pasca-pemanasan. menunjukkan film tipis ZnO adalah heksagonal dan ukuran kristal terkecil adalah 24,9 nm pada kecepatan putaran 5.000 rpm. Karakterisasi optik menunjukkan bahwa transmisi tertinggi adalah 52,6% pada kecepatan putaran 3000 rpm dan penyerapan tertinggi adalah 1,277 pada kecepatan putaran 5.000 rpm, dan celah pita terkecil 3,13 eV pada kecepatan putaran 5000 rpm. Dalam Penelitian (Sariroh Aska, dkk, 2018) untuk menunjukkan efisiensi DSSC Dye+Cu telah dilakukan percobaan dengan ZnO doping Cu adanya perbedaan ketebalan karena perbedaan waktu putar dan kecepatan putar pada saat pelapisan dengan teknik spin coating. Semakin lama waktu putar spin

coating, semakin kecil nilai ketebalan lapisan tipis. Hal ini karena semakin lama spin coating berputar, larutan akan semakin menyebar dan merata yang mengakibatkan ketebalan semakin kecil. Begitu pula dengan kecepatan putar, semakin besar kecepatan putar spin coating, semakin kecil nilai ketebalan lapisan tipis. Hal ini karena semakin cepat spin coating berputar, larutan akan semakin menyebar dengan cepat yang menjadikan nilai ketebalan lapisan tipis semakin kecil. semakin besar kecepatan putar spin coating, semakin kecil nilai ketebalan yang dihasilkan. semakin lama waktu putar spin coating akan menghasilkan ketebalan lapisan tipis yang semakin kecil.

Pada DSSC digunakan dye sebagai transport muatan,Sejauh ini dye yang sering digunakan sebagai sensitizer dapat berupa dye sintesis maupun alami. Dye sintesis umumnya menggunakan organik logam berbasis ruthenium kompleks, dye sintesis ini cukup mahal. Untuk dyeorganic bahan yang digunakan dapat dipilih dari bahan-bahan alami, seperti daun, bunga atau buah yang diekstrak. Ekstrak dye atau pigmen tumbuhan yang digunakan sebagai fotosensitizer berupa ekstrak klorofil, karoten, atau antosianin. Buah karamunting mengandung zat antosianin yang tinggi (Jumiati dkk, 2017). Ini dikarenakan buah karamunting mengandung senyawa flavonoid, saponin, kuinon, monoterpen, seskuiterpen, polifenolat, tanin, dan steroid. Buah karamunting juga berpotensi sebagai pewarna alami (Nasution, 2014).

Berdasarkan hal diatas tersebut, peneliti tertarik malakukan penelitian Dye Sensitized Solar Cell dengan menggunakan ZnO yang dibuat dari precursor Zinc Acetat Dehydrate {Zn(CH3COOH).2H2O} lalu kemudian didoping dengan logam tembaga (Cu) dengan variasi kecepatan putaran pada spin coating. Adapun Dye alami yang digunakan yaitu ekstrak buah karamunting (Rhodomyrtus tomentosa). Sedangkan untuk cairan elektrolitnya akan dibuat dari campuran pottasium iodide dan iodine yang diaduk bersama dengan larutan acetonitrile.dan akan dikaji kelayakan listrik dari Dye Sensitized Solar Cell yang

divariasikan pada konsentrasi doping Tembaga(Cu).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material UNPAD. ZnO:Cu disintesis dengan menggunakan teknik sol-gel lalu dideposisikan pada kaca FTO dengan metode spin coating. Bahan penelitian yang digunakan adalah Zinc Acetat Dehydrate (MERCK), Isopropanol sebagai pelarut dan Diethanolamine sebagai stabilizer.

Sebanyak 4,2 gram Zinc Acetat dehydrate $\{Zn(CH_3COOH)_2 \cdot 2H_2O\}$ dilarutkan kedalam 39,47 ml sampel isopropanol. Selanjutnya distirrer dengan kecepatan 250 rpm pada suhu 70-85°C. Setelah 15 menit kemudian dimasukkan 2,85 ml Diethanolamine (DEA) sampai larutan berwarna putih bening. Hasil sintesis ZnO dideposisi di substrat dengan teknik spin coating. Lalu kemudian dipanaskan dengan dua tahapan, pre-heating dengan suhu 250°C selama 3 jam, untuk menghilangkan pelarut yang tidak dibutuhkan seperti gugus asam, kemudian di post-heating selama 7 jam, guna memfasilitasi terbentuknya butir ZnO. Masing-masing pemanasan dengan waktu tahan 30 menit. Karakterisasi Film tipis ZnO dilakukan dengan uji XRD, Uv-Vis, dan Uji kelistrikan.

Sintesis Larutan Dye

Sintesis larutan dye diambil dari Buah Karamunting. Ekstraksi dilakukan dengan mencampurkan 50 gr Buah Karamunting dengan aquades 50 ml, asam asetat 4 ml. lalu kemudian di campur hingga rata, lalu disaring dalam keadaan tertutup dan kedap cahaya, guna menghindari terjadinya evaporasi.

Perakitan DSSC

Film tipis ZnO direndam pada dye selama 24 jam, lalu ditempelkan pada counter elektroda platina dengan menggunakan perekat surilyn, lalu dipanaskan pada hot plate dengan suhu 70-800 agar surilyn menempel dengan sempurna. Selanjutnya

injeksi larutan elektrolit melalui lubang kecil yang terdapat pada elektrode lawan platina.

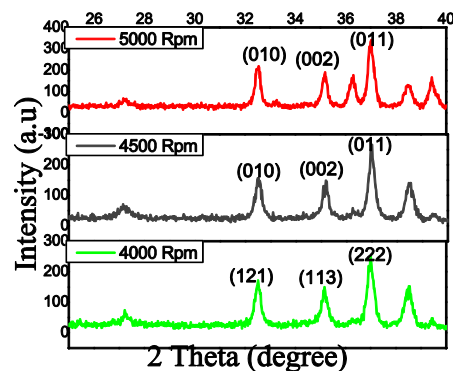
HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Kristal Film Tipis ZnO

Pada Gambar 1. menunjukkan hasil XRD sampel film tipis ZnO dengan variasi kecepatan putaran 4000, 4500, dan 5000 Rpm.

Sistem kristal pada sampel dapat diidentifikasi dengan menggunakan hsp dan software OriginPro 8.1.

Pada Gambar.1 Tampak adanya peak pada sudut 2theta antara 30-40. kecepatan putaran 4000 dan rpm terorientasi pada bidang (011), dan pada kecepatan putaran 5000 rpm terorientasi pada bidang (010) yang masing-masing berbentuk heksagonal. Masing-masing sampel film tipis ZnO:Cu memiliki 3 sampai 6 puncak yang menunjukkan fase kristal ZnO:Cu dengan intensitas tertentu, dari puncak-puncak tersebut intensitas tertinggi berada pada bidang (002) dan (011).

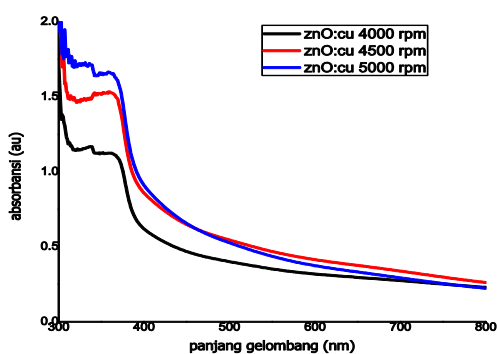


Gambar 1. Hasil Uji XRD ZnO dengan kecepatan putaran 4000, 4500, dan 5000 Rpm

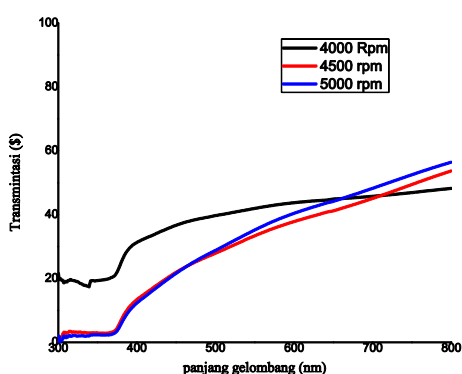
Sifat Optik Film Tipis ZnO Dengan Kecepatan Putaran 4000, 4500, 5000 Rpm

Pada Gambar 2. merupakan grafik absorbansi ZnO dengan kecepatan putaran 4000, 4500, dan 5000 Rpm dimana peak ZnO:Cu terorientasi pada panjang gelombang 300-400nm yang merupakan daerah cahaya tampak. Hal ini sesuai dengan penelitian Motlan, (2017) dengan peak pada rentang panjang gelombang 300-400nm. Berdasarkan penelitian dari (Chauhan, dkk, 2010) Absorpsi optik dari ZnO:Cu memperlihatkan spektrum

serapan ZnO yang tidak terlindung, ZnO: Cu terletak pada 372 nm, 376 dan 380 nm.



Gambar 2. Grafik absorbansi ZnO:Cu dengan kecepatan putaran 4000, 4500, 5000 Rpm



Gambar 3. Grafik Transmittansi ZnO:Cu dengan kecepatan putaran 4000, 4500, 5000 Rpm

Pada gambar 3 Lapisan ZnO:Cu nilai transmittansinya tertinggi berada pada daerah sinar tampak yaitu pada range transmittansi 20.00%–31.00% dan transmittansi optik terendah pada daerah ultraviolet yaitu 1.17%–1.80%. Pada kecepatan putaran 4000 Rpm, 4500 Rpm, dan 5000 Rpm nilai transmittansi tertinggi dan terendah berturut-turut (3.2%; 2.84%), (2.84%; 1.17%), dan (2.5%; 2.1%).

Tabel 1. Energi gap film tipis ZnO:Cu

Kecepatan Putaran (rpm)	Energi gap (eV)
4000	3.177
4500	3.138
5000	3.160

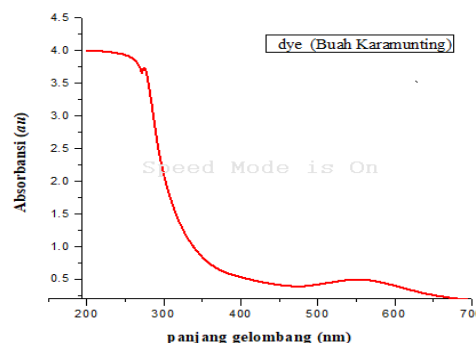
Pada Tabel 1 energi gap naik secara bertahap dari kecepatan putaran 4000 rpm, 4500 rpm, dan 5000 Rpm. Pada kecepatan putaran ini memiliki nilai band gap yang rendah. Hal ini diakibatkan beberapa

factor, seperti permukaan yang tidak rata dari lapisan ZnO:Cu yang dapat menyebabkan refleksi cahaya dengan sudut yang berbeda sehingga seolah-olah terjadi penyerapan pada panjang gelombang sinar tampak.

Hasil penelitian ini tidak jauh berbeda dari penelitian sebelumnya. (Reddy, dkk, 2011) mendapatkan nilai energi bandgap dari nanopartikel ZnO doped Cu²⁺ (3,04 eV). (Chauhan, dkk, 2010).

UV-Vis Larutan Dye

Dari hasil pengujian UV-VIS pada gambar 4, diketahui bahwa nilai absorbansi larutan dye buah karamunting sebesar 0,514 a.u sedangkan nilai panjang gelombangnya adalah 557 nm.



Gambar 4. Hasil Uv-Vis Dye Bunga Kembang Sepatu

Hasil dari pengujian ini hampir mendekati seperti yang dilakukan Ema, dkk (2018) dimana hasil yang diperoleh dari ekstrak larutan dye buah karamunting adalah panjang gelombang 517 nm dan nilai absorbansi 0,528 a.u. Nilai absorbansi dari buah karamunting cukup tinggi, dengan nilai absorbansi yang tinggi ini maka dapat semakin banyak menyerap foton sinar matahari. Artinya, semakin banyak pula foton yang bisa dieksitasi untuk dikonversikan oleh sel surya menjadi energi listrik.

Efisiensi DSSC

Nilai efisiensi menurun pada konsentrasi doping Tembaga dengan kecepatan putaran 4500 Rpm dan 5000 Rpm. Nilai efisiensi terbesar diperoleh pada DSSC dengan variasi Kecepatan Putaran 4000 Rpm yaitu 0.80% . Dan efisiensi yang terendah diperoleh pada DSSC dengan variasi

Kecepatan putaran 5000 Rpm yaitu 0.045 %, nilai tersebut menunjukkan bahwa efisiensi prototip DSSC masih rendah dan belum bisa maksimal dalam menyerap daya matahari untuk dikonversikan menjadi energi listrik.

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Motlan, 2019) dengan doping ZnO kecepatan putaran 800, 1000, 1200, 1400, 1600 rpm memiliki efisiensi sebesar 0,24%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa efisiensi prototype DSSC masih rendah dan belum maksimal dalam menyerap daya matahari untuk dikonversikan menjadi energi listrik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) telah difabrikasi dengan menggunakan material semikonduktor ZnO:Cu yang divariasikan dengan kecepatan putaran 4000, 4500, 5000 Rpm berbahan dye alami buah karamunting dan counter elektroda Platina. Film tipis ZnO:Cu disintesis dengan teknik refluks dengan menggunakan metode Sol-Gel, dan dicoating dengan menggunakan teknik Spin-Coating. Hasil pengujian XRD menunjukkan bahwa gugus ZnO:Cu telah terbentuk dengan bentuk kristal hexagonal pada ukuran 28, 35, 28 nm. Hasil Uv-Vis menunjukkan celah energi ZnO sebesar 3.17, 3.13, dan 3.16 eV. Efisiensi ZnO sebesar 0.810%, 0,155%, dan 0,045%.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Kahlout, A., 2012, ZnO Nanoparticles and Porous Coatings for Dye-Sensitized Solar Cell application: Photoelectrochemical characterization, *Thin Solid Films*, Vol. 520(6), 1814-1820
- Amara S & Mohamed B. 2014. Investigation on optical, structural and electrical properties of annealed AZO/Al/AZO multilayer structures deposited by dc magnetron sputtering. *J Mater Sci: Mater Electron* 26 (3).
- Anguilar, W.Inoue, C.Rummel., Obesity, adipokines, and neuroinflammation 96:124-134
- Aska., 2018., Pengaruh Kecepatan Dan Waktu Putar Spin Coating Terhadap Ketebalan Lapisan Tipis Material Berbasis Polimer Pmma (Polymethyl Methacrylate), *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI) Vol 7(1): 1 – 4*
- Balta AK, Ertek O, Eker N & Okur I. 2015. MgO and ZnO Composite Thin Films Using the Spin Coating Method on Microscope Glasses. *Materials Science and Applications*. 6: 40-47
- Caglar, Y., Aksoy, S., Ilican, S., Caglar, M., (2009). Crystalline Structure and Morphological Properties of Undoped and Sn Doped ZnO Thin Films. *Superlattices and Microstructures*. Vol.46(3) : 469-475.
- Chauhan, A. Kumar, R.P. Chaudharya. 2017. Synthesis and characterization of copper doped ZnO nanoparticles. *J.Chem. Pharm. Res*. Vol.2 (4):178-183.
- Djoko, Suryono, Tatyantontoro., 2009., Pemberdayaan Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu lintas, Fakultas Ekonomi, Semarang
- Huang, et al., (2007)., Body image And Self-Estem AMOONG Adolescents Undergoing and Physical Activity Behaviors., *Journal of Adolescence Health*., 40(3):245-251
- Iwantono., Anggelina, F., Saddiah., Umar, A.A., Awitdrus., (2016). Pengaruh Konsentrasi Galium Pada Sifat Fisis Nanorod ZnO Dico-Doping Galium-Boron (Ga-B) Dengan Metode Hidrotermal. *Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA*.
- Jumiati,dkk. 2008., Kajian Potensi Tanaman Karamunting Sebagai Tanaman Obat di Kota Tarakan., Kalimantan Timur (Laporan Hibah Bersaing)
- Jumiaty Ema, Mardhiana, Ira Maya. 2018. Pemanfaatan Buah Karimunting Sebagai Perna alami makanan. *Jurnal Agrifor XVI (2)*.163-170

- Lutfi, Derya Kapusuz, Jonge Park, Abdullah.,
Effect of Initial Water Content and
Calcinations Temperature on
Photocatalytic Properties Of TiO₂
Nanopowder Synthesized by The
Sol-gel Process., *Ceramics
Internasional*
- Motlan, Nurdin., The Effect Of Spinning
Velocity On Structural And Optical
Properties ZnO Thin Film
Synthesized Using Sol-Gel Spin
Coating Method., *Proceedings of
International Conference on
Innovation in Education, Science,
and Culture.*
- Motlan, Lelyana, Nurdin., 2019., Dye
Sensitized Solar Cell (DSSC)
Menggunakan Film Tipis ZnO
dengan Variasi Kecepatan Putaran
Berbahan Dye Bunga Kembang
Sepatu., *Jurnal Einstein* 7(2):13-17
- Nasution, I. 2014. Penggunaan Ekstrak Buah
Karamunting (*Rhodomyrtus
tomentosa* (Aiton) Hassk) dalam
Formula Pewarna Rambut. Skripsi.
Fakultas Farmasi, Universitas
Sumatera Utara: Medan
- Pradnyana., 2016., Pemenuhan Kebutuhan
Energi Dalam Rangka Mewujudkan
Ketahanan Nasional., *Jurnal
Maksipreneur*, Vol 5(2):67-76
- Reddy A.J., M.K Kokila, H. Nagabhushana.
2011. Structural, optical and EPR
studies on ZnO: Cu nanopowders
prepared via low temperature
solution combustion synthesis. 509-
5349.
- Sim KU, Shin SW, Moholkar AV, Yun JH,
Moon JH, & Kim JH. 2010. Effect of
dopant (Al, Ga, and In) on the
Characteristics of ZnO Thin Films
Prepared by RF Magnetron
Sputtering System. *Curr Appl
Phys* 10: 5463-5467
- Sugianto, R., Zannah, S.N., Mahmudah, B.
Astuti1., NMD Putra1., AA Wibowo,
P. Marwoto., D Ariyanto., E
Wibowo., (2016), Pengaruh
Temperatur Annealing Pada Sifat
Listrik Film Tipis Zinc
Oksida Doping Aluminium Oksida,
Jurnal MIPA, 39(2) 115-122.
- Suprayogi D. 2014. Pengaruh doping gallium
oksida pada karakteristik film tipis
seng oksida ditumbuhkan dengan
metode dc magnetron sputtering.
Skripsi. Semarang: FMIPA Unnes.
- Yulianto, Achmad.F, Agus.S., 2009.,
Perbandingan Unjuk Kerja Motor
Bahan Bakar Premium., *Proton*, Vol
5(1):1-5