

Karakterisasi sifat fotoluminesensi *C-dots* dari kulit ari singkong menggunakan teknik microwave

P A Putro^{1, a}, L Roza¹ dan Isnaeni²

¹Prodi S1 Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, UHAMKA
Jl. Tanah Merdeka No. 20, Rambutan, Ciracas, Jakarta Timur, DKI Jakarta

²Pusat Penelitian Fisika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Kawasan Puspitek No. 441-442, Tangerang Selatan, Banten

^apermonoadi29@gmail.com

Abstrak. Kulit ari singkong (KAS) merupakan limbah yang diperoleh dari limbah singkong yang kurang perhatian untuk dimanfaatkan. Sintesis *C-dots* dari KAS kering telah berhasil dilakukan dengan teknik *Microwave*. Sintesis *C-dots* dilakukan menggunakan air sebagai pelarut dengan variasi konsentrasi prekursor terhadap lama waktu *microwave* (LWM). LWM menyebabkan perubahan struktur dan sifat optik dari *C-dots*. *C-dots* KAS dikarakterisasi untuk mempelajari sifat optik dari spektrum intensitas pendaran berupa emisi menggunakan laser dioda pada panjang gelombang 420 nm dan direkam oleh spektrofotometer *photoluminescence* (PL). Puncak spektrum emisi *C-dots* yang luas dan bergeser ke panjang gelombang yang lebih panjang menyebabkan pergeseran energi. Perbedaan spektrum emisi *C-dots* disebabkan oleh kerapatan molekul dan kandungan penyusunannya.

1. Pendahuluan

Carbon dots (*C-dots*) telah muncul baru-baru ini sebagai salah satu penemuan yang paling menarik dalam pencarian nanomaterial baru [1, 2]. *C-dots* ditemukan sejak tahun 2004 secara tidak disengaja sebagai salah satu zat yang dihasilkan dari proses purifikasi atau pemurnian jenis nanomaterial *single-walled carbon nanotubes* (SWNT) [3, 4]. *C-dots* adalah alternatif terbaru dari nanomaterial yang telah ditemukan dan menggambarkan beberapa kelebihan dibanding nanopartikel lain [5]. *C-dots* adalah nanopartikel yang memancarkan cahaya atau berpendar, tidak beracun dibandingkan alternatifnya yang serupa seperti *quantum dots* [2].

Karakteristik *C-dots* tidak seperti *nanodiamonds* [6], *C-dots* merupakan material yang termasuk ke dalam kelas nanopartikel 0 dimensi yang bersifat fotoluminesensi [7] dengan ukuran dibawah 10 nm memiliki kerangka atom karbon sp^2 hibridisasi dengan residu oksigen yang berlimpah [8] dan permukaannya dilapisi dengan gugus oksigen, polimer, atau spesies lainnya [9, 10, 11, 12]. Selain itu, *C-dots* berbentuk bulat dan terdiri dari inti karbon amorf [13]. *C-dots* menunjukkan karakteristik pendaran biru atau hijau di bawah sinar UV radiasi [14].

Perkembangan dalam pembuatan *C-dots* menggunakan bahan alami yang memiliki ikatan rantai karbon [15] menjadi tantangan [16] dan kemajuan yang sangat pesat [5]. Namun, sifat optik *C-dots* dari sumber daya alam atau bahan kimia memiliki kemurnian yang sebanding [17]. *C-dots* memiliki beberapa sifat unik, yaitu biokompabilitas [18, 19, 20, 21], hidrofilik [22], mudah larut dalam air [23],

tidak beracun [24], penyerapan seluler [25], toksisitas rendah [22, 26], fluoresensi [18], dan fotoluminisensi yang unik [27, 28].

Berbagai metode yang digunakan dalam sintesis *C-dots* diklasifikasikan ke dalam dua cara, yaitu metode *top-down* dan *bottom-up*. Sintesis nanopartikel dengan cara memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer disebut metode *top-down*. Metode *top-down* diantaranya terdiri dari metode *arc discharge*, *laser ablation*, *electrochemical oxidation*, *chemical oxidation*, dan *ultrasonic synthesis*. Metode *bottom-up* menggunakan atom-atom atau molekul-molekul yang membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki, seperti *Microwave synthesis*, *thermal decomposition*, *hydrothermal treatment*, *templated routes*, dan *plasma treatment* [15, 23, 29, 30, 31].

Teknik *microwave* adalah sebuah pendekatan *bottom-up* untuk mensintesis *C-dots* secara sederhana dengan beberapa kelebihan, seperti prosesnya lebih cepat, kondisinya lebih ringan dan menggunakan energi yang rendah sehingga teknik *microwave* menghindari sintesis *multi-step* [32]. Teknik *microwave* dipilih karena teknik yang sederhana untuk menghasilkan *C-dots*. Beberapa penelitian sebelumnya telah banyak menunjukkan bahwa teknik *microwave* mudah untuk mensintesis *C-dots* dengan berbagai sumber, seperti daun teh dan daun pepaya [33], daun sawi, kentang, biji jagung, kulit dan tongkol jagung [34], daun mangga [35], jahe dan laos (Isnaeni *et al*, 2018). Namun, belum ada yang menggunakan sumber kulit luar singkong (KLS) karena dianggap limbah kedua dari limbah kulit singkong yang belum dimanfaatkan dengan baik. Hal tersebut menjadi sesuatu yang baru dan menarik untuk diamati dalam perkembangan sintesis *C-dots*. Sifat optik *C-dots* KLS, seperti spektrum absorbansi dan intensitas pendaran diamati untuk mengetahui karakteristik pergeseran energinya.

2. Metode

Sintesis *C-dots* dilakukan menggunakan teknik *microwave* berbasis *green synthesis*. Air digunakan sebagai pelarut non-kimia dalam proses *green synthesis*. Prosedur *green synthesis* dilakukan melalui beberapa tahapan seperti pada Gambar 1. *Microwave* diatur dengan variasi waktu terhadap konsentrasi larutan prekursor *C-dots* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap sifat fotoluminisensi *C-dots* yang diperoleh. Data fotoluminisensi *C-dots* diperoleh menggunakan spektrometer fotoluminisensi dengan format *notepad* dan diubah menjadi format dokumen (*.dat), selanjutnya data diplot menggunakan *software* Gnuplot 4.6.

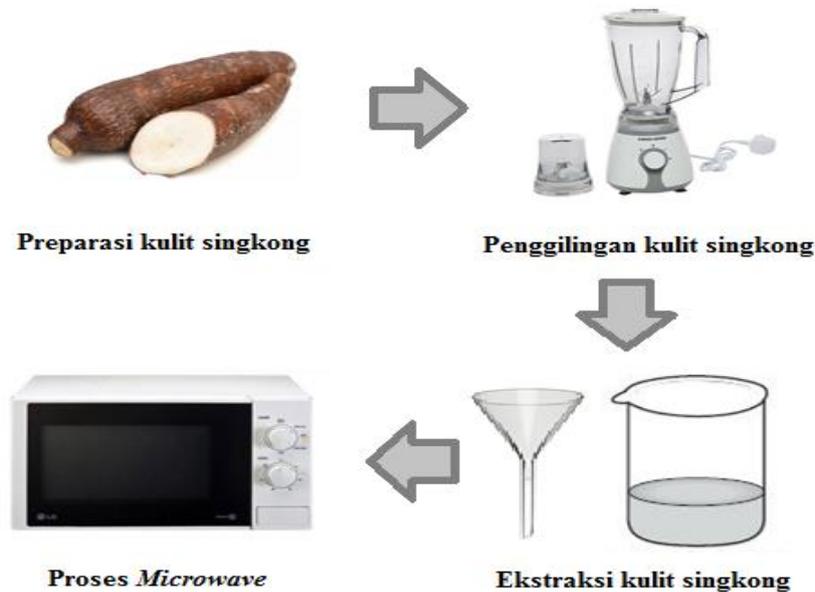
2.1. Waktu Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan juni 2018 dan bertempat di laboratorium laser Pusat Penelitian Fisika (P2F) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Jl. Kawasan Puspittek No. 441-442, Tangerang Selatan, 15314.

2.2. Alat dan Bahan

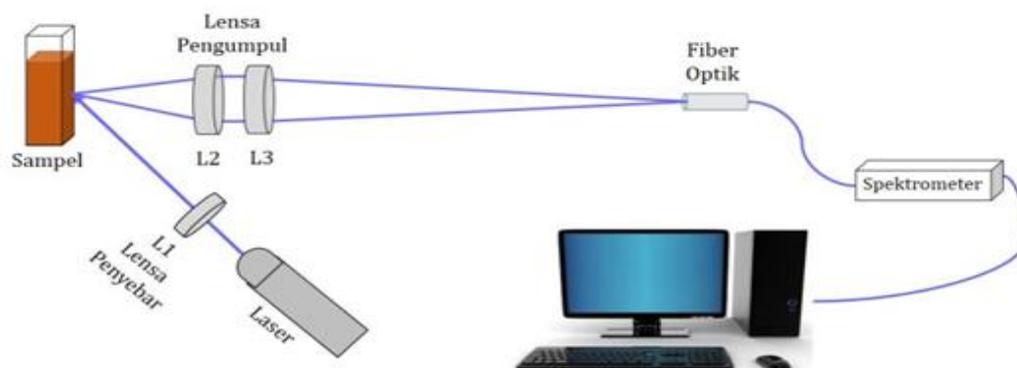
Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pisau, blender, oven, sieve 40 mesh, kertas saring, gelas beker, erlenmeyer, corong, botol reagen, dan spektrometer fotoluminisensi. Sedangkan, bahan yang digunakan, yaitu kulit singkong dan air.

2.3. Sintesis C-dots



Gambar 1. Skema prosedur sintesis C-dots dengan teknik *microwave*.

KLS dicuci menggunakan air hingga air bilasan terakhir tidak keruh. KLS dimasukan ke dalam *oven* pada suhu 120°C selama 12 jam hingga sampel kering. KLS yang sudah kering digiling menggunakan *blender* hingga halus dan disaring menggunakan *sieve 40 mesh* sehingga dihasilkan ukuran KLS kurang $\leq 425 \mu\text{m}$. Ekstraksi KLS dilakukan dengan variasi konsentrasi KLS dalam air dari 1%, 2%, 3%, dan 4% dalam 50 ml air dan disaring menggunakan kertas saring sehingga dihasilkan larutan KLS yang disebut larutan prekursor. 50 mL larutan prekursor dimasukkan ke dalam *microwave* dengan variasi waktu dari 10, 20, dan 30 menit. Tambahkan air sampai tanda tera 50 ml (volume awal) dan didiaduk menggunakan *magnetic stirrer* ± 15 menit sampai larutan homogen. Sampel disaring kembali menggunakan kertas saring sehingga koloid *C-dots* diperoleh. Koloid *C-dots* dikarakterisasi menggunakan Spektrometer fotoluminisensi (PL) merk MAYARAPRO2000 *Ocean Optics* menggunakan *picosecond diode laser* pada panjang gelombang 420 nm sebagai sumber eksitasi.



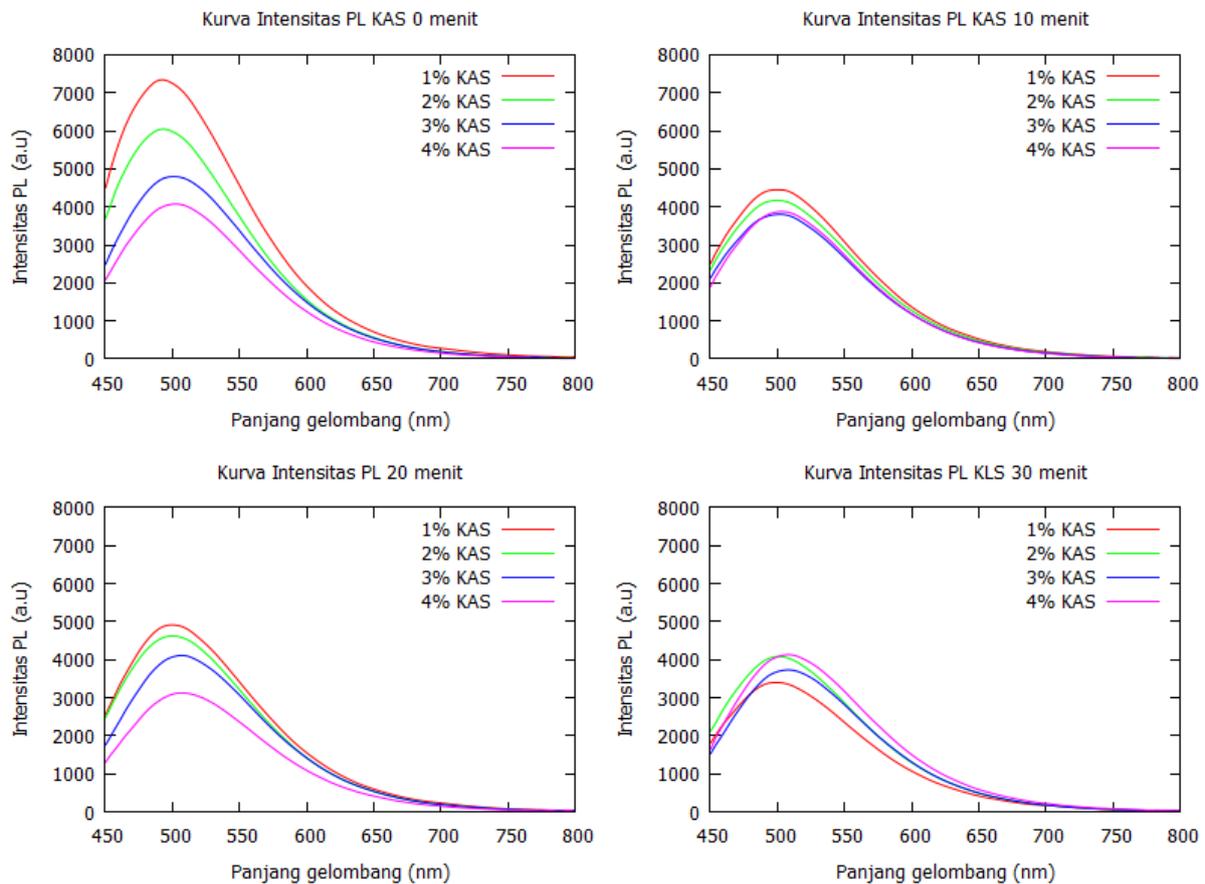
Gambar 2. Pengaturan (*setup*) pengukuran optik *photoluminescence* [34]. Pengukuran tersebut digunakan untuk mengamati sifat optik *C-dots* [36].

Pengaturan (*setup*) optik hibrida PL dapat dilihat pada Gambar 2. Sebuah laser memancarkan cahaya *Pico-second* pada panjang gelombang 420 nm digunakan sebagai energi yang diserap (eksitasi) *C-dots*. Emisi *C-dots* dikumpulkan (difokuskan) dan diarahkan ke detektor PL [36].

3. Hasil dan Pembahasan

C-dots yang diperoleh dari teknik *microwave* menghasilkan perbedaan warna fisik dari setiap konsentrasi larutan prekursor pada variasi waktu *microwave*. *C-dots* selanjutnya dikarakterisasi sifat optiknya, seperti spektrum PL berupa spektrum emisi (intensitas pendaran) menggunakan spektrofotometer PL. Sifat optik dilakukan untuk mengetahui puncak (*peak*) spektrum intensitas pendaran yang mengindikasikan pergeseran energi *C-dots*. Spektrum intensitas pendaran *C-dots* secara dapat dilihat pada Gambar 3.

Pendaran terjadi karena adanya pembangkitan elektron yang mendapatkan energi dari sinar UV pada panjang gelombang 420 nm yang digunakan. Energi ini akan menyebabkan teradinya fenomena eksitasi dan deeksitasi berupa loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi pada keadaan tertentu elektron selanjutnya akan kembali mengisi kekosongan yang semula ditinggalkan, hal inilah yang selanjutnya menyebabkan pelepasan energi berupa emisi gelombang elektromagnetik [35]



Gambar 3. Spektrum intensitas pendaran *C-dots* pada variasi konsentrasi larutan prekursor terhadap lama waktu *microwave*.

Spektrum intensitas pendaran *C-dots* menunjukkan perbedaan pada variasi konsentrasi larutan prekursor (KLP) *C-dots* terhadap lama waktu *microwave* (LWM) yang dapat dilihat pada Gambar 3. Puncak spektrum intensitas pendaran selama 0 menit proses *microwave* dari konsentrasi 1% - 4% secara berturut-turut terdapat pada panjang gelombang 491, 494, 507 dan 502 nm. Pada 10 menit proses *microwave* secara berturut-turut, yaitu 496, 498, 502 dan 502 nm. Pada 20 menit proses *microwave* secara berturut-turut, yaitu 497, 493, 507 dan 505 nm. Sedangkan, pada 30 menit proses *microwave* secara berturut-turut, yaitu 502, 499, 511 dan 510 nm. Pada LWM 0 menit menunjukkan kurva PL yang sangat tinggi dibandingkan dengan LWM 10, 20, dan 40 menit. Hal ini

mengindikasikan bahwa sebelum proses *microwave*, *C-dots* pada larutan prekursor sudah terbentuk. Namun, saat memasuki proses *microwave* intensitas pendarannya cenderung meningkat secara berturut-turut. Puncak spektrum intensitas pendaran *C-dots* cenderung meningkat pada setiap KLP yang dipengaruhi oleh LWM [17]. Pergeseran puncak intensitas pendaran yang diamati mengalami perubahan intensitas pendaran yang berhubungan dengan pergeseran Stokes. Sifat emisi yang tergantung pada eksitasi dianggap sebagai karakteristik *C-dots* sebagai bahan berpendar [37].

Mekanisme spektrum intensitas pendaran *C-dots* dapat dikaitkan dengan dua hal, yaitu (i) keadaan emisi melalui transisi celah energi, di mana transisi $\pi-\pi^*$ dan $n-\pi^*$ yang bergantung pada ukuran partikel dan (ii) keadaan emisi melalui tingkat energi yang dikaitkan dengan keadaan permukaan dalam celah energi [38]. Namun, pergeseran puncak intensitas pendaran pada Gambar 3 menunjukkan transisi keadaan inti di mana intensitas pendaran cenderung meningkat dan bergeser ke panjang gelombang yang lebih panjang (pergeseran ke daerah panjang gelombang merah) [39, 40].

4. Kesimpulan

KAS dapat dimanfaatkan sebagai *C-dots* melalui proses *microwave* menggunakan pelarut air. Pelarut air digunakan untuk mengurangi aktivitas kimia saat proses sintesis. Namun sebelum proses *microwave* larutan prekursor telah menunjukkan pendaran yang diduga dari *C-dots*. Perubahan intensitas pendaran *C-dots* cenderung meningkat pada setiap KLP yang dipengaruhi oleh LWM. Pergeseran puncak intensitas pendaran yang diamati mengalami perubahan intensitas pendaran yang berhubungan dengan pergeseran Stokes. Sifat emisi yang tergantung pada eksitasi dianggap sebagai karakteristik *C-dots* sebagai bahan berpendar.

Ucapan terimakasih

Terimakasih kepada kelompok penelitian laser di Pusat Penelitian Fisika (PSF) Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di laboratorium laser P2F - LIPI.

Referensi

- [1] Yu J, Nan J dan Zeng H 2017 *Appl. Surf. Sci.* **402** 330
- [2] Algarra M 2014 *J. Mater. Chem. A* **2** (22) 8342
- [3] Xu X, Ray R, Gu Y, Ploehn H J, Gearheart L, Raker K dan Scrivens W A 2004 *J. Am. Chem. Soc.* **126** (40) 12736
- [4] Pires N R, Santos C M W, Sousa R R, de Paula R C M, Cunha P L R dan Feitosa J P A 2015 *J. Braz. Chem. Soc.* **26** (6) 1274
- [5] Ngu P Z Z, Chia S P P, Fong J F Y dan Ng S M 2016 *New Carbon Mater.* **31** (2) 135
- [6] Ding C, Zhu A dan Tian Y 2014 *Accounts Chem. Res.* **47** (1) 20
- [7] Sugiarti S dan Darmawan N 2015 *Indon. J. Chem.* **15** (2) 141
- [8] Fang Y, Guo S, Li D, Zhu C, Ren W, Dong S dan Wang E 2011 *Acs Nano* **6** (1) 400
- [9] Strauss V, Margraf J T, Dolle C, Butz B, Nacken T J, Walter J, Bauer W, Peukert W, Spiecker E, Clark T dan Guldi D M 2014 *J. Am. Chem. Soc.* **136** (49) 17308
- [10] Bao L, Liu C, Zhang Z L dan Pang D W 2015 *Adv. Mater.* **27** (10) 1663
- [11] Unnikrishnan B, Wu C W, Chen I W P, Chang H T, Lin C H dan Huang C C 2016 *ACS Sustain. Chem. Eng.* **4** (6) 3008
- [12] Smagulova S A, Egorova M N, Tomskaya A E dan Kapitonov A N 2017 *J. Mater. Sci. Eng.* **6** (5) 376
- [13] Vassilakopoulou A, Georgakilas V, Vainos N dan Koutselas I 2016 *J. Phys. Chem. Solids* **103** 190
- [14] Baruah N G, Konwar A, Deka M J, Chowdhury D dan Majumdar G 2014 *J. Nanopart.* **2014** 1
- [15] Baker S N dan Baker G A 2010 *Angew. Chemie - Int. Ed.* **49** (38) 6726
- [16] Ma X, Dong Y, Sun H dan Chen N 2017 *Mater. Today Chem.* **5** 1



SEMINAR NASIONAL FISIKA (SNF) 2018

“Membumikan Fisika dan Pembelajaran Fisika dalam Membangun Kearifan Global”
Surabaya, 11 Agustus 2018



- [17] Rahmawati I, Intan R dan Zakaria M 2018 *J. Phys. Conf. Ser.* **985** 012004
- [18] A L Himaja, Karthik P S, Sreedhar B dan Singh S P 2014 *J. Fluoresc.* **24 (6)** 1767
- [19] Mao Q X, Han L, Shu Y, Chen X W dan Wang J H 2016 *Talanta* **161** 54
- [20] Cheng C, Shi Y, Li M, Xing M dan Wu Q 2017 *Mater. Sci. Eng. C.* **79** 473
- [21] Cui B, Yan L, Gu H, Yang Y, Liu X, Ma C Q, Chen Y dan Jia H 2018 *Opt. Mater. (Amst).* **75** 166
- [22] Yazid S N A M, Chin S F, Pang S C dan Ng S M 2013 *Microchim. Acta* **180 (1-2)** 137
- [23] Goryacheva I Y, Sapelkin A V dan Sukhorukov G B 2017 *Trends Anal. Chem.* **90** 27
- [24] Da Silva J C G E dan H M R Gonçalves 2011 *Trends Anal. Chem.* **30** 1327
- [25] Zhou L, Li Z, Liu Z, Ren J dan Qu X 2013 *Langmuir* **29 (21)** 6396
- [26] Ng S M 2014 *Trends Environ. Anal. Chem.* **3-4** 36
- [27] Bourlinos A B, Zbořil R, Petr J, Bakandritsos A, Krysmann M dan Giannelis E P 2012 *Chem. Mater.* **24 (1)** 6
- [28] Milosavljevic V, Moulick A, Kopel P, Adam V and Kizek R 2014 *J. Met. Nano.* **1 (3)** 16
- [29] Liu Y, Zhao Y dan Zhang Y 2014 *Sensors Actuat. B-Chem.* **196** 647
- [30] Hu Q, Gong X, Liu L dan Choi M M F 2017 *Nanomater.* **2017** 30
- [31] Wang R, Lu K-Q, Tang Z-R dan Xu Y-J 2017 *J. Mater. Chem. A* **5 (8)** 3717
- [32] Arcudi F, Dordevic L dan Prato M 2016 *Angew. Chemie - Int. Ed.* **55 (6)** 2107
- [33] Al Ghifari A D, Putra W P dan Isnaeni 2017 *Pros. Sem. Nas. Fis.* vol VI (Jakarta: Prodi Pendidikan Fisika dan Fisika FMIPA UNJ) pp 19–26
- [34] Fatimah 2017 *Positron* **7 (2)** 37
- [35] Qurrata A, Isnaeni, Tahir D, Ramlan N M dan Putri R H 2018 *Pros. Sem. Nas. Quantum* vol 25 (Yogyakarta: Universitas Ahmad Dahlan) p 626
- [36] Isnaeni, Hanna M Y, Pambudi A A, dan Murdaka F H 2017 *AIP Conf. Proc.* vol 1801 (1) (Amerika: AIP Publishing) p 020001
- [37] Bandi R, Dadigala R, Gangapuram B R dan Guttena V 2018 *J. Photochem. Photobiol., B* **178** 330
- [38] Yoshinaga T, Iso Y, dan Isobe T 2018 *ECS J. Solid State Sci. Technol.* **7 (1)** R3034
- [39] Mozdbar A, Nouralishahi A, Fatemi S dan Mirakhori G 2018 *AIP Conf. Proc.* vol 1920 (Amerika: AIP Publishing) p 020029
- [40] Bhaisare M L, Talib A, Khan M S, Pandey S dan Wu H F 2015 *Microchim. Acta.* **182 (13-14)** 2173