

Pengaruh Variasi NaOH Pada Polimerasi Kuersetin Terhadap Efisiensi DSSC

Fadhillah Hijri¹, Hardeli^{*2}

^{1,2}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jalan. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat

*hardelil@yahoo.com

Abstract — Dye-sensitive solar cells is the third-generation solar cells that convert photon energy into electrical energy. DSSC solar cells use dyes to increase efficiency. The dye used for this research is quercetin polymerized with a glutaraldehyde cross-linking agent. The polymerization of quercetin can be influenced by several factors, including NaOH as an initiating agent. NaOH plays a role in opening the epoxy ring in order for the polymer chain to elongate. ITO glass is coated with TiO₂ electro-deposited ZnO. The results of the measurement of the highest efficiency were found in the 1% NaOH of 8.33% with a density of 0.52 g/cm³ and a degree of polymerization of 3.05

Keywords — Dye Sensitized Solar Cell, Polymerization, Polyquercetin, Elektrodeposition

I. PENDAHULUAN

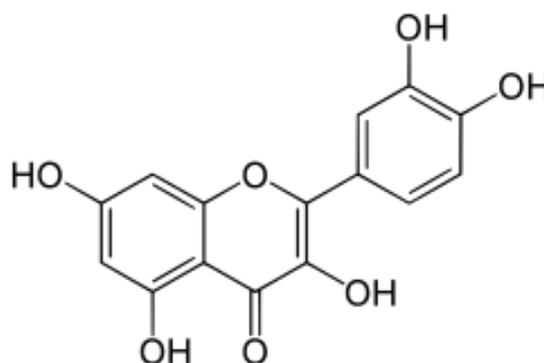
Saat ini kebutuhan atas energi makin besar sehingga energi yang ada makin menipis. Energi fosil merupakan salah satu energi yang paling banyak digunakan dibandingkan energi lainnya. Energi fosil tidak dapat diperbarui sehingga ketersediaan energi fosil makin menipis. Sel surya merupakan salah satu upaya yang dilakukan untuk mengisi keterbatasan dari energi fosil. Sel surya itu sendiri adalah energi yang dapat diperbarui dan menkonversi foton dengan panjang gelombang tertentu untuk mendapatkan energi listrik. Sel surya dikenal juga dengan anam sel fotovoltaik^[1]

Sel surya dalam perkembangannya memiliki tiga generasi, pada generasi pertama digunakan bahan silikon kristal tunggal yang mendapatkan efisiensi yang tinggi, pada generasi kedua digunakan bahan 1% silikon yang menghasilkan efisiensi yang lebih rendah dibanding generasi pertama, dan generasi ketiga dikembangkan sel surya yang menggunakan zat warna untuk meningkatkan efisiensi^[2]. Sel surya generasi ketiga ini photon yang datang tidak harus menghasilkan pasangan muatan hanya membangkitkan exciton. Sedangkan sel surya fotokimia adalah sel surya exciton yang terdiri atas sebuah lapisan partikel nano yang nantinya diendapkan dalam sebuah perendam yang disebut *Graetzel* sel atau dye-sensitized solar cells (DSSC). Generasi ketiga pembuatan solar cell lebih murah dibandingkan dua generasi sebelumnya dan lebih aman digunakan^[3]

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) adalah salah satu perangkat elektrokimia yang berstruktur nano yang akan secara langsung menyerap cahaya dari matahari. Lapisan organik (dye) nantinya akan menyerap cahaya dan langsung diubah menjadi energi listrik. Komponen DSSC berupa kaca substrat dengan lapisan oksida konduktor yang transparan (thin

layer), elektron lawan, semikonduktor, elektrolit, dan zat warna^[4].

Pada penemuan pertama DSSC yang ditemukan oleh O'Regan dan Gratzel pada tahun 1991 digunakan Ruthenium complexes tipe N3 yang termasuk ke dalam dye sintetik dimana efisiensi yang didapatkan sebesar 7,89^[5] Zat Warna atau dye nantinya akan menyerap semua cahaya tampak pada panjang gelombang 400 hingga 700 nm dan akan stabil dalam bentuk teroksidasi yang memungkinkan direduksi oleh elektrolit^[6]. Zat warna yang digunakan dalam penelitian yaitu zat warna organik bebas dari logam yang berasal dari golongan flavonoid yaitu quercetin. Zat warna quercetin banyak ditemukan pada tanaman seperti bawang bombay, kakung, bawang merah, anggur, dan lain lain. Zat warna quercetin yang digunakan bakal dipolimerasi untuk membentuk poli quercetin^[7]



Gambar 1. Kuersetin

Polimerasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah polimerisasi kondensasi yang mana quercetin di reaksikan

dengan agen pengikat silang berupa *glutaraldehyde* sehingga membentuk poli quercetin^[8]. Polimerisasi ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan ikatan terkonjugasi lebih banyak sehingga semakin banyak foton yang terserap oleh dye yang menyebabkan semakin banyak elektron yang tereksitasi ke kaca ITO dan meningkatkan efisiensi sel surya^[9] Proses polimerisasi kuersetin dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti konsentrasi inisiator, konsentrasi monomer, volume *crosslinker*, surfaktan, suhu, dan waktu. Pada penelitian ini dilakukan penelitian dengan bervariasi konsentrasi NaOH. Natrium hidroksida yang digunakan dalam penelitian ini berperan sebagai inisiator. Inisiator berperan sebagai pembumbuha gugus epoksi yang ada pada agen pengikat silang sehingga agen pengikat silang terikat dengan monomer kuersetin dan menghasilkan rantai polimer yang panjang^[9]

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) memiliki komposisi berupa kaca ITO yang merupakan substrat, semikonduktor, zat warna (*dye*), elektroda *counter*, dan elektrolit. Kaca ITO berperan sebagai anoda, sedangkan semikonduktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah Titanium Dioksida (TiO_2) yang berperan sebagai akseptor elektron. Elektroda *counter* yang digunakan adalah karbon yang berperan sebagai katoda, dan elektrolit yang digunakan adalah larutan iodide/triiodida (I^-/I_3^-) berperan dalam proses reduksi dan oksidasi. *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC) dirangkai seperti bentuk sandwich dan diukur arus listriknya dengan menggunakan multimeter digital^[10]

Pada penelitian ini digunakan semikonduktor titanium oksida (TiO_2) yang memiliki band-gap 3.27 eV. Titanium oksida memiliki peran sebagai fotokatalis yang memiliki peran menyerap foton yang menyebabkan elektron dapat tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Semikonduktor TiO_2 memiliki kelebihan yaitu stabil, fotoaktif, murah, dan aman digunakan. Namun TiO_2 memiliki kekurangan yaitu reaksi rekombinasinya terjadi cepat yang mengakibatkan proses fotodegradasi tidak berjalan secara maksimal dan efisiensi yang didapatkan dengan menggunakan TiO_2 masih rendah. Untuk meningkatkan fotoaktivitas TiO_2 digunakan metode elektrodeposisi yang berguna dalam memperkecil *band-gap* dari Titanium Oksida. Metode elektrodeposisi pada penelitian ini menggunakan semikonduktor Zink Oksida (ZnO) yang memiliki band gap mendekati TiO_2 sehingga mampu mempercepat terjadinya proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Zink oksida memiliki kelebihan yaitu struktur kristalnya adalah heksagonal dan memiliki konduktivitas yang ditentukan dari ketidakseimbangan antara atom O dan Zn dalam ZnO ^[10]

II. METODA PENELITIAN

A. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa gelas kimia, labu alas bulat, batang pengaduk, spatula, magnetic stirrer, ultrasonic cleaner, labu ukur, oven, timbangan analitik, refluks, gelas ukur, penangas, vakum, corong, selotip, erlenmeyer, termometer, cawan penguap, binder clips, pingset, lilin, korek api, dan botol penyimpanan. Instrument

yang digunakan dalam penelitian ini adalah FTIR, UV-DRS, dan multimeter.

B. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Quercetin, Glutaraldehyde, NaOH, aquabidest, asetonitril, Kalium Iodida/ I_2 , alkohol, metanol p.a, Kertas indikator, TiO_2 , $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, PEG, aluminium foil, 36% HCl, dan 34% HCHO.

C. Prosedur Kerja

1. Preparasi Zat Warna

Kuersetin diambil sebanyak 2.5 gram kemudian dimasukkan ke dalam labu alas bulat yang telah diisi dengan campuran 36% HCL dan 34% HCHO sebanyak 25 ml yang berperan sebagai pelarut, kemudian diaduk dengan magnetic stirrer dengan suhu 200°C selama 2 jam. Campuran tersebut kemudian disaring dan di cuci dengan aquabidest dan hasil saringan di oven dengan suhu 80°C selama 1 jam. Tahap berikutnya di ambil 0.25 gram kuersetin-formaldehid di larutkan di dalam 25 ml larutan NaOH (1%, 2%, dan 3%) dengan diaduk dengan *magnetic stirrer* dan dipanaskan dengan suhu $60-70^\circ\text{C}$ terus menerus kemudian ditambahkan 2.5 ml agen pengikat silang glutaraldehyd dan suhu pemanasan dinaikkan menjadi 100°C . Sampel kemudian dibiarkan di aduk selama 1 jam. Resin yang didapatkan didinginkan pada suhu kamar^[11]

2. Preparasi Kaca ITO

Kaca ITO dipotong dengan ukuran 2.5 cm x 1.25 cm kemudian kaca ITO dimasukkan ke dalam gelas kimia 200°C yang telah berisikan larutan alkohol 70% kemudian gelas kimia tersebut dimasukkan ke ultrasonic cleaner. Ultrasonic cleaner di setting dengan waktu 60 menit. Setelah itu di biarkan kering pada suhu kamar^[3]

3. Preparasi Pasta TiO_2

0.5 gram serbuk TiO_2 ditimbang dan kemudian dilarutkan ke dalam larutan metanol sebanyak 4 ml. Campuran tersebut kemudian diaduk dalam gelas kimia dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit dengan kecepatan 300 rpm. Pasta yang telah terbentuk kemudian di oven pada suhu 80°C selama 15 menit^[12]

4. Preparasi Elektrodeposisi ZnO

Ditimbang 29,7 gram $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan dilarutkan ke dalam 500 ml aquades yang diaduk dengan menggunakan stirrer selama 60 menit dengan kecepatan 400 rpm. Hasil stirrer tersebut kemudian dibersihkan dengan menggunakan ultrasonic cleaner selama 30 menit. Didapatkan larutan ZnO yang digunakan dalam proses elektrokimia^[13]

5. Preparasi Elektrolit Semi Padat

Tahap ini dimulai dengan menyiapkan 0,498 gram KI dan 0,076 gram I_2 dalam 6 ml asetonitril dalam dua gelas kimia yang berbeda. Larutan KI dan I_2 dicampur sambil diaduk hingga membentuk homogen lalu ditambahkan 2,4 ml PEG sambil diaduk. Terbentuk elektrolit semi padat^[14]

6. Preparasi Counter Elektroda

Counter Elektroda yang dipreparasi dengan cara melapisi kaca ITO dengan karbon. Sumber karbon yang digunakan dari diperoleh dari asap pembakaran lilin. Proses melapisi karbon pada kaca ITO ialah dengan memanaskan bagian konduktif dari kaca ITO tersebut dengan lilin hingga terbentuk lapisan berwarna hitam. Bagian pinggir kaca ITO dirapikan menggunakan cotton bud. Lapisan karbon dibentuk sesuai dengan ukuran 1 cm x 1 cm [5]

7. Perakitan Dye Sensitized Solar Cell

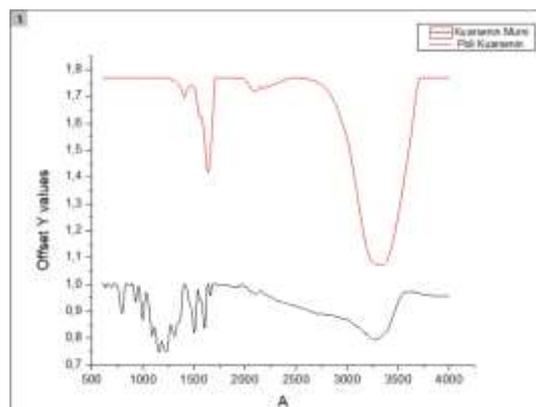
Kaca ITO yang berukuran 1,25 cm x 1,25 cm kita buat area untuk tempat TiO₂ dideposisikan dengan bantuan Scotch tape pada bagian kaca yang konduktif sehingga terbentuk area sebesar 1 x 1 cm. Kaca ITO terlebih dahulu dilapisi dengan TiO₂ dengan menggunakan metode doctor blade. Lapisan TiO₂ yang telah dilapisi ke kaca ITO kemudian dilakukan proses elektrokimia, dimana kaca ITO bertindak sebagai anoda dan katoda plat perak (Ag) dengan menggunakan arus DC yang memiliki tegangan 1.3 V selama 60 menit. Lapisan TiO₂-ZnO direndam dalam larutan zat warna selama 30 menit pada proses ini terjadi adsorpsi zat warna ke permukaan Titanium dioksida. Kaca dengan elektroda lawan diletakkan di atas lapisan TiO₂ sehingga membentuk struktur sandwich dan dijepit dengan klip pada kedua sisi. Elektrolit cair ditetaskan di tetaskan pada ruang diantara kedua elektroda [15]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi FTIR

Zat warna yang digunakan dikarakterisasi dengan instrument *Fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR) yang bertujuan untuk melihat gugus fungsi dan jenis ikatan poli quercetin (pQ) yang didapatkan. Panjang gelombang yang digunakan dalam menguji zat warna menggunakan instrument FTIR.

Karakterisasi uercetin dan poli quercetin menggunakan instrument FTIR ditemukan tiga gugus fungsi pada kuersetin murni dan empat gugus fungsi pada poli Quercetin. Dari gambar 1 (b) yang merupakan kuersetin murni terdapat gugus O-H Fenol yang muncul pada daerah serapan 3270,27 cm⁻¹. Pada Gambar 1 (a) yang merupakan kuersetin yang telah dipolimerisasi terdapat gugus O-H Fenol yang muncul pada daerah serapan 3338,88 cm⁻¹. Pada literatur dijelaskan bahwa untuk melihat polimerisasi yang dilakukan berhasil dilihat dari daerah serapan 3000-3500 cm⁻¹ dimana pada poli quercetin didapatkan daerah serapan memiliki pita serapan yang lebar dan memiliki intensitas yang kuat [16]. Ikatan C=O karbonil muncul pada panjang gelombang 1637,75 cm⁻¹. Ikatan C=C aromatik muncul pada daerah serapan 1504,05 cm⁻¹. Ikatan C-O karbonil juga muncul pada daerah serapan 1000,23 cm⁻¹.



Gambar 2. Spektrogram FTIR (a) Poli quercetin dan (b) Quercetin

B. Perhitungan Efisiensi DSSC

Sel surya yang telah dirangkai sebelumnya diukur efisiensinya untuk mengetahui adanya pengaruh polimerisasi terhadap kemampuan sel surya dalam mengkonversi energi foton menjadi energi listrik dengan cara mengukur kuat arus dan tegangan. Pengukuran efisiensi dilakukan untuk melihat seberapa besar pengaruh variasi konsentrasi inisiator dalam mengubah foton menjadi listrik. Efisiensi dilakukan dengan menggunakan multimeter digital dan lampu UV yang memiliki daya 24 watt karena untuk mengganti energi matahari.

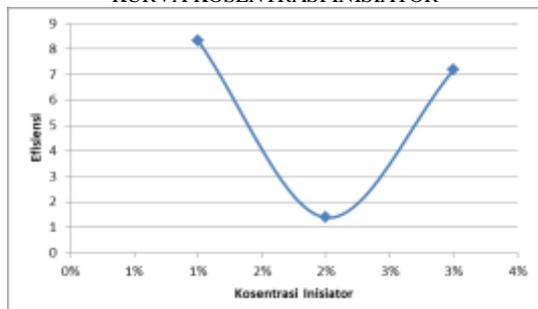
Hasil pengukuran efisiensi dengan konsentrasi inisiator 1%, 2%, dan 3% didapatkan efisiensi yang paling tinggi didapatkan pada konsentrasi NaOH 1% dengan nilai efisiensi yang didapat sebesar 8.33%. Hal ini disebabkan karena adanya radikal bebas yang terdapat lebih banyak sehingga lebih banyak rantai polimer yang didapatkan karena banyaknya monomer kuersetin yang terikat dengan agen pengikat silang *glutaraldehyde* [17]. Rantai polimer yang panjang menyebabkan makin banyaknya foton yang diserap oleh dye sehingga efisiensi yang didapatkan lebih besar. Efisiensi yang rendah didapatkan pada konsentrasi NaOH 2% dengan nilai efisiensi sebesar 1.38%. Hal ini dikarenakan radikal bebas yang ada dalam konsentrasi masih kecil, sehingga hanya dapat berikatan dengan beberapa monomer quercetin dan menyebabkan efisiensi yang rendah karena rantai polimer yang pendek. Rantai polimer yang pendek menyebabkan poli dye Quercetin menyerap foton yang lebih kecil dan jumlah ikatan $\pi-\pi^*$ sehingga efisiensi yang diperoleh lebih kecil. Berikut tabel efisiensi yang telah didapatkan [17]

TABEL 1
DATA EFISIENSI YANG DIDAPKAN

Konsentrasi Inisiator	Tegangan (V)	Hambatan (Ω)	Efisiensi (%)
1%	0.288	333.8	8.33
2%	0.399	384.8	1.38
3%	0.236	356.7	7.18

Berikut Kurva yang didapatkan dengan variasi konsentrasi NaOH (1%, 2%, dan 3%)

TABEL 2.
KURVA KOSENTRASI INISIATOR



Semakin besar konsentrasi inisiator NaOH maka makin turun efisiensi makin rendah. Hal ini disebabkan makin banyak radikal bebas yang terbentuk yang menghambat terikatnya monomer kuersetin dengan agen pengikat silang[16]

IV. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan variasi konsentrasi inisiator adalah :

- 1) Polimer kuersetin yang didapatkan menyebabkan efisiensi DSSC meningkat
- 2) Konsentrasi inisiator menyebabkan efisiensi DSSC meningkat
- 3) Konsentrasi inisiator NaOH 1% didapatkan efisiensi paling tinggi yaitu 8.33%

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang tua yang selalu ada dalam setiap keadaan, Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak dan Ibu Dosen Kimia, PLP Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

REFERENSI

- [1] Agdisti, F. N., Yunita, L., Luli, R., Novita, P. I., & Hardeli. (2019). Peningkatan Performansi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) dengan Ekstrak Kulit Jengkol sebagai Zat Warna Melalui Elektrodeposisi Zn pada TiO₂. *Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents*, 3(21), 0–3.
- [2] Ako, R. T., Ekanayake, P., Young, D. J., Hobley, J., Chellappan, V., Tan, A. L., Gorelik, S., Subramanian, G. S., & Lim, C. M. (2015). Evaluation of surface energy state distribution and bulk defect concentration in DSSC photoanodes based on Sn, Fe, and Cu doped TiO₂. *Applied Surface Science*, 351, 950–961. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.06.015>
- [3] Damayanti, R., Hardeli, & Sanjaya, H. (2014). Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Ekstrak Antosianin Ubi Jalar Ungu (Ipomea batatas L.). *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 6(2), 148–157.
- [4] Dewi, N. A., Nurosyid, F., & Supriyanto, A. (2016). Pengaruh Ketebalan Elektroda Kerja TiO₂ Transparan terhadap Kinerja Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) sebagai Aplikasi Solar Window. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(02), 73–78.
- [5] Haryanto, H., Ernayati, W., & Anggraeni, M. (2016). Pengaruh Suhu dan Pengadukan pada Proses Polimerisasi Etylen Bi-Stearamide.

- Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 12(1), 137. <https://doi.org/10.36055/tjst.v12i1.6624>
- [6] Hikmah, I., & Prajitno, G. (2015). Pengaruh Penggunaan Gel-Electrolyte pada Prototipe. *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 4(1), 2337–3520.
 - [7] Kholiq, I. (2012). Editorial Board. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(1), i. [https://doi.org/10.1016/s1877-3435\(12\)00021-8](https://doi.org/10.1016/s1877-3435(12)00021-8)
 - [8] Latos-Brozio, M., & Masek, A. (2019). Structure-Activity Relationships Analysis of Monomeric and Polymeric Polyphenols (Quercetin, Rutin and Catechin) Obtained by Various Polymerization Methods. *Chemistry and Biodiversity*, 16(12). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201900426>
 - [9] Maahury, M. F., & Martoprawiro, M. A. (2019). *Perhitungan Komputasi Potensi Lawsonia Dan Turunannya Sebagai Material Aktif Pada Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna*. 17(November), 1–5.
 - [10] Mozaffari, S. A., Ranjbar, M., Kouhestanian, E., Salar Amoli, H., & Armanmehr, M. H. (2015). An investigation on the effect of electrodeposited nanostructured ZnO on the electron transfer process efficiency of TiO₂ based DSSC. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 40, 285–292. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2015.06.081>
 - [11] Patty, D. J., & Lokollo, R. R. (2016). FTIR Spectrum Interpretation of Lubricants with Treatment of Variation Mileage. *Advances in Physics Theories and Applications*, 52, 2225–2638.
 - [12] Prianto, H. A. A., Ruspita, R., & Rohaeti, E. (2020). Preparasi Matriks Alam Sekresi Kutu Lak Dengan Asam Adipat Pada Biokomposit Serat Rami. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 7(2), 55. <https://doi.org/10.33394/hjkk.v7i2.1759>
 - [13] Roose, B., Pathak, S., & Steiner, U. (2015). Doping of TiO₂ for sensitized solar cells. *Chemical Society Reviews*, 44(22), 8326–8349. <https://doi.org/10.1039/c5cs00352k>
 - [14] Roslan, N., Ya'acob, M. E., Radzi, M. A. M., Hashimoto, Y., Jamaludin, D., & Chen, G. (2018). Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) greenhouse shading: New insights for solar radiation manipulation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92(February), 171–186. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.095>
 - [15] Sahiner, N., Sagbas, S., Aktas, N., & Silan, C. (2016). Inherently antioxidant and antimicrobial tannic acid release from poly(tannic acid) nanoparticles with controllable degradability. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 142, 334–343. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2016.03.006>
 - [16] Sari, D. A. (2017). Pengeringan Terasi Lokal Karawang: Sinar Matahari – Tray Dryer. *JST (Jurnal Sains Dan Teknologi)*, 6(2), 311. <https://doi.org/10.23887/jst-undiksha.v6i2.11867>
 - [17] Setyawati, H., Darmokoesoemo, H., Ningtyas, A. T. A., Kadmi, Y., Elmsellem, H., & Kusuma, H. S. (2017). Effect of metal ion Fe(III) on the performance of chlorophyll a as photosensitizers on dye sensitized