

STUDI FOTOSTABILITAS EKSTRAK BUNGA KIACRET (*Spathodea campanulata*) DENGAN PENAMBAHAN KAOLIN TERAKTIVASI ASAM

KEN AYU¹, RISTIKA OKTAVIA ASRIZA¹ DAN NURHADINI^{1*}

¹Program Studi Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung,
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka,
Bangka Belitung 33172, Indonesia

*alamat email korespondensi: nurhadini@ubb.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
Riwayat Naskah : Diterima pada 8 Maret 2022 Diterima setelah direvisi pada 28 Juni 2022 Diterbitkan pada 30 Juni 2022	Sensitizer dari pewarna alam memiliki potensi besar sebagai sensitizer DSSC karena ketersediaannya yang melimpah dan ramah lingkungan. Namun sensitizer dari bahan alam mudah terdegradasi, sehingga pada penelitian ini dilakukan upaya peningkatan fotostabilitas dengan menambahkan kaolin teraktivasi asam. Tahapan penelitian adalah ekstraksi bunga kiacret menggunakan metode maserasi, dan uji fotostabilitas pada 0, 1, 2, 3 jam dengan massa kaolin 100 dan 300 mg menggunakan sumber cahaya UV C. Ekstrak bunga kiacret dianalisis gugus fungsinya menggunakan FTIR, dan uji fotostabilitas menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Berdasarkan hasil interpretasi FTIR diketahui bahwa ekstrak bunga kiacret mengandung gugus fungsi O-H, C=C, C-H alifatik, C-H aromatik dan C-O. Hasil ini menunjukkan bahwa ekstrak tersebut mengandung senyawa flavonoid yang didukung oleh hasil uji kualitatif yang positif. Berdasarkan uji fotostabilitas diketahui bahwa degradasi ekstrak dan ekstrak-kaolin mengikuti reaksi orde 1. Konstanta laju degradasi terkecil pada variasi 100 mg kaolin 0,015 jam ⁻¹ dengan waktu paruh 46,21 jam. Oleh karena itu, penambahan kaolin dengan massa tertentu dapat meningkatkan fotostabilitas ekstrak dan diharapkan meningkatkan durasi penggunaan DSSC.
Kata kunci: Bunga kiacret; DSSC; fotostabilitas; kaolin.	
<i>Keywords: Kiacret Flower; DSSC; Photostability, Kaolin.</i>	<i>Sensitizers from natural dyes have great potential as DSSC sensitizers because of their abundance and environmental friendliness. However, natural sensitizers are easily degraded, so in this study an effort was made to increase photostability by adding acid-activated kaolin. The research stages were extraction of kiacret flower using maceration method, and photostability test at 0, 1, 2, 3 hours with 100 and 300 mg kaolin mass using UV C light source. -Vis. Based on the results of the FTIR interpretation, it is known that the kiacret flower extract contains functional groups O-H, C=C, aliphatic C-H, aromatic C-H and C-O. These results indicate that the extract contains flavonoid compounds which is supported by positive qualitative test results. Based on photostability test, it was found that the degradation of extract and extract-kaolin followed an order 1 reaction. The smallest degradation rate constant was at variation of 100 mg kaolin 0.015 hour⁻¹ with a half-life of 46.21. Therefore, the addition of kaolin with a certain mass can increase the photostability of the extract and is expected to increase the duration of use of DSSC.</i>

PENDAHULUAN

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) merupakan salah satu energi alternatif yang menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi. Struktur DSSC berlapis seperti *sandwich* yang terdiri atas beberapa bagian utama yaitu kaca konduktor, anoda seperti semikonduktor TiO₂ atau ZnO, zat warna (*dye*), elektrolit yang umumnya berbasis I⁻ / I₃⁻, dan katoda seperti karbon atau platina [1] [2]. Keunggulan dari DSSC adalah tidak memerlukan bahan dengan kemurnian tinggi sehingga biaya produksinya relatif rendah. Pada DSSC melibatkan absorpsi cahaya oleh zat warna dan separasi muatan listrik terjadi pada proses yang terpisah [3] [4].

Zat warna yang umum digunakan adalah ruthenium kompleks karena menghasilkan efisiensi DSSC yang tinggi. Namun, ruthenium kompleks mengandung logam berat, toksik, dan tidak ramah lingkungan. Selain itu, proses untuk mensintesisnya rumit dan mahal, sehingga dikembangkan zat warna yang berperan sebagai cairan yang peka terhadap cahaya atau sensitizer dari tumbuh-tumbuhan yang aman ketika dibuang ke lingkungan [5].

Kiacret (*Spathodea campanulata*) merupakan tumbuhan yang tumbuh di daerah tropis dan subtropis seperti Indonesia. Bunga kiacret dimanfaatkan sebagai antioksidan, aktivitas moluskisida, antisolar dan pewarna kain. Bunga kiacret mengandung senyawa antosianin yang

berperan sebagai sensitizer mampu menyerap sinar UV [3] [6].

Pewarna alami dari tumbuh-tumbuhan memiliki ketersediaan yang melimpah, biaya yang rendah serta ramah lingkungan [5] [7]. Namun, mudah terdegradasi dan kurang stabil terhadap cahaya, oleh karena itu perlu dilakukan uji fotostabilitas untuk meningkatkan fotostabilitasnya. Peningkatan fotostabilitas zat warna alam dapat dilakukan dengan impregnasi menggunakan kaolin dan bentonit [8] [9].

Kaolin merupakan salah satu mineral hasil tambang yang banyak dijumpai di Kepulauan Bangka Belitung. Kaolin memiliki kemampuan absorpsi dan fotostabilitas yang tinggi dan dapat digunakan sebagai pengemban pada DSSC. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kaolin teraktivasi dapat berperan sebagai material pengemban yang mampu meningkatkan fotostabilitas pigmen yang diembankannya [8] [10] [11].

Oleh karena itu, uji fotostabilitas ekstrak bunga kiacret dengan pengemban kaolin yang sudah teraktivasi belum diteliti dan diperlukan kajian lebih lanjut untuk aplikasinya sebagai sensitizer DSSC. Uji fotostabilitas dilakukan dengan menyinari ekstrak bunga kiacret yang terimpregnasi kaolin dengan sumber sinar UV C. Karakteristik fotostabilitas dari ekstrak bunga kiacret (*Spathodea campanulata*) yang dihasilkan, diamati melalui perubahan spektra UV-Vis sebelum disinari dengan setelah disinari sinar UV C.

EKSPERIMEN

Material

Bahan yang digunakan adalah kaolin teraktivasi asam, bunga kiacret, aquades (H_2O), asam klorida (HCl), dan metanol (CH_3OH).

Instrumentasi

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, aluminium foil, timbangan analitik, blender, ayakan, batang pengaduk, gelas ukur, kertas saring, gelas kimia, rotary evaporator, pengaduk magnetic, labu takar, pipet tetes, erlenmeyer, gelas ukur, gelas kimia, tabung reaksi, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) perkin Eimer, dan Spectroscopy (UV-Vis) specord 120.

Prosedur

Ekstraksi Bunga Kiacret (Spathodea campanulata)

Sampel bunga kiacret (*S. campanulata*) diambil dan dipisahkan dari tangkai kemudian dikeringkan di tempat tertutup, setelah itu dihaluskan dengan menggunakan blender. Sampel bunga kiacret yang telah halus ditimbang sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam wadah (botol sampel berwarna coklat) dicampurkan dengan pelarut metanol sebanyak 300 mL direndam selama 3 hari disimpan di tempat yang tanpa pemaparan sinar matahari, kemudian disaring dipisahkan antara ampas dan filtrat. Selanjutnya filtrat disimpan di dalam kulkas apabila tidak langsung digunakan untuk fotostabilitas. Ekstrak tanpa pelarut selanjutnya dianalisis gugus fungsi melalui analisis FTIR.

Uji Kualitatif Flavonoid Ekstrak Bunga Kiacret (Spathodea campanulata)

Larutan ekstrak bunga kiacret dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Kemudian ditambahkan asam klorida (HCl) pekat sebanyak 2 tetes dan dikocok kuat. Selanjutnya ditambahkan serbuk magnesium (Mg) dan dikocok kuat. Hasil positif menunjukkan ada busa dengan intensitas banyak dan terjadi perubahan warna larutan berwarna jingga [12].

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Ekstrak Bunga Kiacret (Spathodea campanulata)

Penentuan panjang gelombang maksimum ekstrak dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Sekitar 1-4 mL dari masing-masing ekstrak hasil maserasi dan penyinaran UV C selama 0, 1, 2, dan 3 jam. Selanjutnya pengukuran absorbansi pada panjang gelombang 200-900 nm.

Uji Fotostabilitas Ekstrak Bunga Kiacret (Spathodea campanulata) dengan Pelarut Metanol

Sebanyak 25 mL ekstrak bunga dimasukkan ke dalam botol sampel. Selanjutnya larutan ekstrak bunga tersebut disinari UV C selama 0, 1, 2, dan 3 jam. Kemudian larutan ekstrak bunga dianalisis fotostabilitasnya menggunakan UV-Vis.

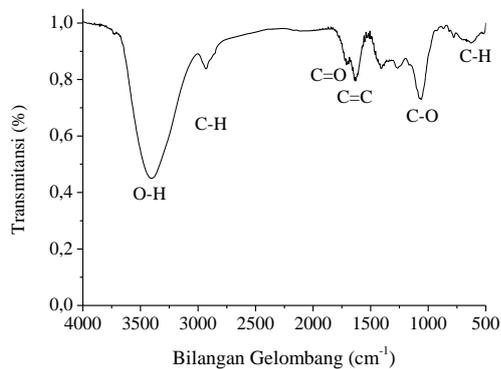
Uji Fotostabilitas Ekstrak Bunga Kiacret (Spathodea campanulata) Dengan Penambahan Kaolin Teraktivasi

Kaolin teraktivasi telah diproses oleh Nurhadini *et al.* (2019) [13] dan kaolin teraktivasi yang digunakan adalah kaolin teraktivasi asam. Variasi massa kaolin yang digunakan adalah 100 dan 300 mg. Sebanyak 25 mL larutan ekstrak bunga dimasukkan ke dalam gelas kimia. Selanjutnya larutan tersebut ditambahkan masing-masing

ditambahkan kaolin dengan massa 100 mg dan 300 mg. Kemudian campuran tersebut dilakukan pengadukan selama 24 jam. Selanjutnya campuran tersebut dipisahkan filtrat dan endapannya. Sebanyak 20 mL filtrat dimasukkan ke dalam gelas kimia. Kemudian disinari sinar UV C selama 0, 1, 2, dan 3 jam. Selanjutnya filtrat dianalisis fotostabilitasnya menggunakan UV-Vis dan ditentukan orde reaksi serta konstanta lajunya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis gugus fungsi ekstrak bunga kiacret menggunakan pelarut metanol dilakukan pada bilangan gelombang 4000-600 cm^{-1} . Data hasil spektra FTIR menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3406,4 cm^{-1} , 2930,44 cm^{-1} , 1722,06 cm^{-1} , 1631,05 cm^{-1} , 1062,26 cm^{-1} , 778,12 cm^{-1} seperti yang terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Spektra FTIR ekstrak bunga kiacret .

Hasil interpretasi spektrum infra merah pada **Gambar 1** dan **Tabel 1** menunjukkan bahwa ekstrak bunga kiacret mengandung gugus fungsi seperti O-H ditunjukkan oleh bilangan gelombang 3406,47 cm^{-1} yang berasal dari pelarut dalam ekstrak. Serapan ikatan rangkap C=C ditunjukkan pada bilangan gelombang 1631,05 cm^{-1} . Serapan ikatan C=O ditunjukkan oleh bilangan gelombang 1722,06 cm^{-1} . Ikatan C-O alkohol ditunjukkan pada bilangan gelombang 1062,26 cm^{-1} . Selanjutnya pada bilangan gelombang 2930,44 cm^{-1} dan 778,12 adanya vibrasi gugus C-H alifatik. Hasil FTIR tersebut mengindikasikan adanya senyawa flavonoid dan hasil FTIR ini didukung oleh hasil penelitian Damayanti *et al.*, (2014) tentang spektrum IR senyawa flavonoid jenis antosianin ubi jalar ungu yaitu serapan gugus O-H terdapat bilangan gelombang 3348,88 cm^{-1} , C=C pada bilangan gelombang 1641,17 cm^{-1} , C-O pada bilangan gelombang 1015,70 cm^{-1} , dan C-H pada bilangan gelombang 675,43 cm^{-1} [16]. Hasil FTIR dari ekstrak bunga kiacret mengandung gugus fungsi hidroksil dan karbonil sehingga dapat

berikatan baik pada permukaan semikonduktor dimana gugus hidroksil dan karbonil dalam *dye* akan bereaksi dengan permukaan semikonduktor sehingga membentuk ikatan kimia [14].

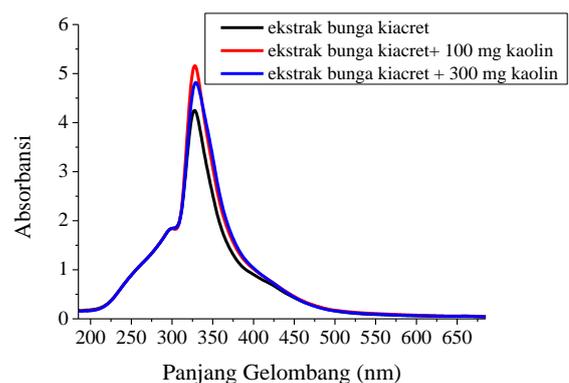
Tabel 1. Kadar nitrogen total dan persentase penurunan atau kenaikan setiap penyimpanan nasi.

No	Bilangan Gelombang (cm^{-1})			Gugus Fungsi
	Ekstrak Bunga Kiacret	Penelitian sebelumnya [16]	Referensi [15]	
1	3406,47	3560,73	3400-3200	O-H
2	2930,44	2821,30	2900-2800	C-H
3	1722,06	1732,06	1740-1720	C=O
4	1631,05	1644,14	1600-1475	C=C
5	1062,26	1056,99	1300-1000	C-O
6	778,12	777,13	900-654	C-H

Berdasarkan hasil FTIR diketahui bahwa ekstrak metanol bunga kiacret mengandung gugus fungsi yang berasal dari flavonoid dan metabolit sekunder yang larut dalam metanol. Identifikasi flavonoid secara kualitatif diketahui bahwa adanya perubahan warna menjadi jingga dan terdapat busa sehingga terjadinya reduksi flavonoid oleh logam Mg yang membentuk dengan garam flavylum [11]. Selain itu, hasil ini juga bersesuaian dengan penelitian Patik *et al.* (2009) yang menjelaskan adanya kandungan flavonoid pada ekstrak bunga kiacret [7].

Uji Fotostabilitas Ekstrak Bunga Kiacret

Kemampuan absorpsi dan fotostabilitas setelah disinari dengan UV C dapat ditunjukkan dengan nilai absorbansi pada hasil analisis spektrofotometri UV-Vis. Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan uji fotostabilitas pada ekstrak dan ekstrak dengan kaolin yang disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Spektrum absorbansi panjang gelombang ekstrak bunga kiacret-kaolin yang disinari sinar UV C.

Berdasarkan **Gambar 2** diketahui bahwa spektra serapan absorbansi bunga kiacret cukup lebar dari 250-350 nm dengan panjang gelombang maksimum 328 nm. Berdasarkan penelitian Patil *et al.*, (2009) ekstrak bunga kiacret menggunakan pelarut metanol memiliki serapan panjang gelombang 200-240 nm dengan serapan menengah pada 310-340 nm [7]. Menurut Asbulescu *et al.*, (2022) banyaknya serapan dan sifat optik pada dye dapat mempengaruhi performansi dari sel surya [17] [18].

Tabel 2. Absorbansi ekstrak kiacret-kaolin dengan variasi massa kaolin.

Kaolin (mg)	Absorbansi pada waktu jam			
	0	1	2	3
0	4,249	4,026	3,983	3,864
100	5,147	4,651	4,368	4,417
300	4,820	4,389	3,645	3,446

Berdasarkan **Tabel 2** dapat diketahui bahwa peningkatan waktu durasi pemaparan sinar UV C dapat menyebabkan penurunan absorbansi dikarenakan ekstrak kiacret mengalami degradasi. Tabel 2 juga menunjukkan bahwa kaolin-ekstrak bunga kiacret memiliki absorbansi lebih tinggi dibandingkan ekstrak kiacret ketika disinari sinar UV. Penelitian Ridwansyah *et al.*, (2014) menunjukkan adanya penambahan kaolin menyebabkan nilai absorbansi zat warna (norbixin) lebih besar dari pada norbixin saja [8]. Hal ini menunjukkan bahwa adanya kaolin dalam zat warna memiliki fotostabilitas lebih tinggi dibandingkan zat warna tanpa kaolin. Namun, pada variasi 300 mg kaolin menunjukkan bahwa adanya penurunan absorbansi dibandingkan 100 mg. Hal ini diasumsikan karena permukaan kaolin sudah jenuh oleh ekstrak sehingga tidak mampu bertindak sebagai pengemban dan mempercepat proses degradasi.

Tabel 3. Perbandingan Orde Reaksi Dengan R²

Massa Kaolin	Orde 1 (R ²)	Orde 2 (R ²)	Orde 3 (R ²)
0	0,933	0,932	0,920
100	0,805	0,815	0,797
300	0,962	0,962	0,955

Fotostabilitas ekstrak kiacret-kaolin juga dapat diketahui berdasarkan konstanta laju degradasi. Semakin tinggi konstanta laju menunjukkan laju degradasi semakin meningkat yang menyebabkan fotostabilitasnya kecil. Konstanta laju degradasi ditentukan dengan memplotkan nilai absorbansi terhadap waktu radiasi dalam jam. Konstanta laju reaksi dilihat

pada nilai gradien (m) menggunakan regresi linier. Sebelum menentukan konstanta laju ditentukan terlebih dahulu orde reaksi yang terjadi sesuai orde reaksi 1,2 atau 3 yang disajikan oleh **Tabel 3**.

Berdasarkan **Tabel 3** diketahui bahwa laju degradasi ekstrak kiacret dan ekstrak kiacret-kaolin sesuai dengan orde 1. Hal ini dilihat berdasarkan nilai R² terbesar dan mendekati 1. Pada variasi 100 mg memiliki nilai R² paling besar di orde 2 namun tidak berbeda signifikan terhadap R² di orde 1. Hasil penelitian Ridwansyah *et al.* (2014) dan Yachman *et al.* (2017) juga mendapatkan bahwa uji fotostabilitas zat warna dengan pengemban tersebut merupakan reaksi orde 1 [8] [18].

Tabel 4. Konstanta laju dan waktu paruh degradasi pada variasi massa kaolin

Massa Kaolin (mg)	Konstanta degradasi (jam ⁻¹)	Waktu Paruh (t _{1/2}) (jam)
0	0,029	23,90
100	0,015	46,21
300	0,117	5,92

Tabel 4 menunjukkan konstanta laju degradasi ekstrak kiacret-kaolin terkecil diperoleh pada variasi 100 mg yaitu sebesar 0,015 jam⁻¹ dan waktu paruh 46,21. **Tabel 4** juga menunjukkan konstanta laju degradasi ekstrak kiacret-kaolin lebih besar dibandingkan konstanta laju ekstrak kiacret. Penelitian Reza *et al.*, (2015) juga melaporkan adanya material pengemban (bentonit) dalam zat warna (bixin) diperoleh konstanta laju degradasi yang lebih kecil (0,026 jam⁻¹) dibandingkan tanpa bentonit (0,04 jam⁻¹). Hal ini membuktikan bahwa ekstrak kiacret-kaolin memiliki fotostabilitas yang lebih tinggi dibandingkan tanpa kaolin [9]. Kaolin berperan sebagai material pengemban yang mampu memperpanjang aliran elektron dari molekul zat warna yang terdapat pada ekstrak bunga kiacret yang mengabsorpsi sinar UV C dan memperlama waktu degradasi [19]. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa kaolin berpotensi digunakan sebagai pengemban pada zat warna. Menurut Ortiz *et al.* (2010) dye yang digunakan pada *dye sensitized solar cell* (DSSC) harus memiliki kemampuan absorpsi dan fotostabilitas yang tinggi [20]. Oleh karena itu penambahan kaolin ke dalam ekstrak kiacret dapat meningkatkan lamanya durasi penggunaan DSSC karena menurunkan degradasi ekstrak bunga kiacret.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ekstrak bunga kiacret

mengandung gugus fungsi O-H, C=C, C-H alifatik, C-H aromatik dan C-O yang berasal dari senyawa flavonoid. Berdasarkan uji fotostabilitas diketahui bahwa degradasi ekstrak dan ekstrak-kaolin mengikuti reaksi orde 1 dengan konstanta laju degradasi terkecil pada variasi 100 mg kaolin 0,015 jam⁻¹ dengan waktu paruh 46,21 jam. Penambahan kaolin dengan massa tertentu dapat meningkatkan fotostabilitas ekstrak bunga kiacret.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas dibiayai penelitian ini dalam skema Penelitian Dosen Pemula Tahun 2019.

REFERENSI

- [1]. Nugraha and U. Kulsum, "Sintesis dan karakterisasi material komposit kaolin-ZVI (Zero Valent Iron) serta uji aplikasinya sebagai adsorben kation Cr (VI)", *Jurnal Kimia VALENSI: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, vol. 3, no. 1, pp. 59-70, 2017.
- [2] F.A. Bashir, A. Febri, T.A. Hidayah, N.R. A. Nuraini, and N. Wulandari, "Ekstrak kulit buah manggis (*Garciniamanostana L.*) sebagai dye sensitiser alami pada dye sensitized solar cell", *Prosiding SNPBS (Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek) Ke-1*, Prodi Pendidikan Fisika.Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan. Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2016.
- [3]. M.Z. Iqbal, and S. Khan, "Progress in the performance of dye sensitized solar cells by incorporating cost effective counter electrodes", *Solar Energy*, vol. 160, pp. 270-281, 2018
- [4]. K. Sharma, V. Sharma, and S.S. Sharma, "Dye-sensitized solar cells: fundamentals and current status", *Nanoscale Research Letters*, vol.13, No. 381, pp 1-46, 2018.
- [5] S. Hao, J. Wu, Y. Huang, and J. Lin, "Natural Dyes as Photosensitizers for Dye Sensitized Solar Cell", *Solar Energy*, vol 80, no. 2, pp. 209 – 214, 2006.
- [6] N.A. Ludin, A.M.A. Mahmoud, A.B. Mohamad, K. Sopian, and N.S.A. Karim, "Review on the development of natural dye photosensitizer for dye-sensitized solar cells", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31, pp. 386- 396, 2014.
- [7] V.V. Patil, S.B. Patil, M.S. Kondawar, N.S. Naikwade and C.S. Magdum, "Study of methanolic extract of the flower of *Spathodea campanulata L.* as an anti-solar", *International Journal of Green Pharmacy* vol.3, no 3, pp. 248-259, 2009.
- [8] R. Ridwansyah, N. Wahyuni, and A.H. Alimuddin, "Uji Fotostabilitas Kaolinit-Norbixin Berdasarkan Analisa Spektra UV-Vis", *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vo. 3, no. 2, pp. 13-14, 2014.
- [9] R. Febrianto, A.H. Alimuddin, and T.A. Zaharah, "Uji Fotostabilitas Pigmen Bixin Terimobilisasi Bentonit Teraktivasi HCl", *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol. 4, no. 4, pp. 29-34, 2015.
- [10] W. Rahmalia, J.F. Fabre, S.T. Usman, and Z. Mouloungui, "Adsorption characteristics of bixin on acid and alkaline treated kaolinit in aprotic solvent", *Bioinorganic Chemistry And Applications*, vol. 2018, pp. 1-9, 2018.
- [11].Nurhadini, R.O. Asriza, Anggraeni, Karnelasatri, and K. Ayu, "Impregnasi Ekstrak Bunga Kiacret (*Spathodeacampanulata*) Menggunakan Kaolin Pulau Bangka", *Stannum: Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, vol. 2, no 1, pp. 13-16, 2020.
- [12] M. Maihulu, M.R.J. Runtuwene, and H.S.J. Koleangan, "Skrining fitokimia dan aktivitas antiosidan ekstrak metanol kulit batang soyogik (*Saurauia bracteosa DC*)", *Chemistry Progress*, vol 10, no 1, pp 1-6. 2017.
- [13] Nurhadini, R.O. Asriza, K. Ayu, and Anggraeni, "Pengaruh metode aktivasi kimia terhadap sifat kaolin. *Prosiding SNPPM (Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat)*", Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung", 2019.
- [14] B.C. Ferreira, D.M. Sampaio, R. Suresh Babu, and A.L.F. de Barros, "Influence of nanostructured TiO₂ film thickness in dye-sensitized solar cells using naturally extracted dye from *Thunbergia erecta* flowers as a photosensitizer", *Optical Materials*, vol. 86, pp. 239–246, 2018.
- [15] R.M. Silverstein, F.X. Webster, and D.J. Kiemle, "Spektrometric Identification of Organic Compound", Seventh Edition, John Wiley and Son, 2005.
- [16] R. Damayanti, Hardeli, and S. Hary, "Preparasi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) menggunakan ekstrak antosianin ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*)", *Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 6, no 2, pp. 138-147, 2014.
- [17] D. Albulescu, D. Ursu, L.M. Rusnac, S. Nitu, M. Miclau, and M. Vajda, "Investigation of UV dye-sensitized solar cells based on water electrolyte: a new insight for wavelength-

- selective greenhouse”, *Crystals*, vol. 12, No. 98, pp. 1-15, 2022.
- [18] A. Supriyanto, A.H. Ramelan, M.K.B. Ahmad, F. Ramadhani, and D.G. Saputri, “Hubungan sifat optik terhadap kinerja sel surya DSSC transparan berbahan dye sintetik DN-F01 sebagai Sensitizer, Indonesian Journal of Applied Physics vol. 10, no. 2, pp. 163-170, 2020.
- [19] C.A. Yachmans, Rudiyanasyah, and T.A. Zaharah, ”Uji fotostabilitas fraksi etil asetat buah tomat (*Solanum Lycopersicum L*) Terimpregnasi Silika”, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, vol.6, no 2, pp. 51-55, 2017.
- [20] N.M.G. Ortiz, I.A.V. Maldonado, A.R.P. Espadas, G.J.M. Rejo’n, J.A.A. Barrios, and G. Oskam, “Dye sensitized solar cells with natural dye extracted from achiote seeds, *Jounal of solar energy materials & solar cells*, vol. 94, pp. 40-44. 2010.