

BIOSINTESIS ZnO MENGGUNAKAN EKSTRAK BIJI LABU KUNING SEBAGAI AGEN PEREDUKSI DAN APLIKASINYA TERHADAP PENURUNAN KADAR COD DAN TSS POME

Alif Adriani Puspitasari*, Indah Purnamasari, Yuniar

Program Studi Teknologi Kimia Industri, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri

Sriwijaya/Jl. Sriwijaya Negara, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30139

E-mail: *aliflinggau@gmail.com

Abstract

Palm oil plays a crucial role in Indonesia's economy, with production reaching 45.58 million tons in 2022. However, the rise in production produces palm oil mill effluent (POME) waste which could potentially contaminate the environment. POME has high levels of COD and TSS, so it requires effective processing. Photocatalytic technology using zinc oxide (ZnO) produced through biosynthesis is a promising solution. This research intends to examine the impact of irradiation time and optimal ZnO weight on the reduction of COD and TSS levels in POME. The approach taken involves varying the irradiation time of 15–75 minutes with a weight of ZnO 100 mg and 120 mg. The best POME photodegradation result was with an irradiation time of 75 minutes and a ZnO weight of 120 mg, because it lowered COD and TSS values the most. The results showed a COD value of 469 mgO₂/l and TSS 366.67 mg/l, with a pH of 6.92.

Keywords: Photocatalytics; POME; Yellow pumpkin seeds; , ZnO biosynthesis

Abstrak

Kelapa sawit merupakan kontributor penting bagi perekonomian Indonesia, dengan produksi mencapai 45,58 juta ton pada tahun 2022. Namun, peningkatan produksi menghasilkan limbah pabrik minyak sawit (POME) yang memiliki potensi untuk mencemari lingkungan. POME memiliki kadar COD dan TSS tinggi, sehingga memerlukan pengolahan yang efektif. Teknologi fotokatalitik menggunakan seng oksida (ZnO) yang dihasilkan melalui biosintesis menjadi solusi yang menjanjikan. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak waktu penyinaran dan berat ZnO optimum terhadap penurunan kadar COD dan TSS dalam POME. Metode yang digunakan yaitu dengan dengan mevariasikan waktu penyinaran 15–75 menit dengan berat ZnO 100 mg dan 120 mg. Hasil fotodegradasi POME terbaik ialah dengan waktu penyinaran 75 menit dan berat ZnO 120 mg, karena menurunkan nilai COD dan TSS terbesar. Hasil tersebut menunjukkan nilai COD 469 mgO₂/l dan TSS 366,67 mg/l, dengan pH 6,92.

Kata Kunci: Biji labu kuning; Biosintesis ZnO; Fotokatalitik; POME

1. Pendahuluan

Kelapa sawit telah berperan penting dalam perekonomian Indonesia selama beberapa tahun, terutama sebagai kontributor utama devisa dari sektor non-migas [1]. Peningkatan produksi kelapa sawit di Indonesia telah didokumentasikan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2022, [2] dengan total produksi mencapai 45,58 juta ton, meningkat sebesar 1,02% jika dibandingkan tahun sebelumnya. Provinsi Sumatera Selatan merupakan salah satu kontributor utama dalam produksi kelapa sawit, menyumbang sekitar 3,45 juta ton atau setara dengan 7,57% dari total produksi.

Bersamaan dengan peningkatan produksi CPO, jumlah limbah industri kelapa sawit juga meningkat. Apabila limbah-limbah ini tidak ditangani dengan benar sebelum dibuang ke lingkungan, maka dapat menjadi masalah lingkungan [1]. POME adalah air limbah dari pabrik pengolahan kelapa sawit yang mengandung zat padat yang terlarut serta zat padat yang mengambang dalam cairan tanpa larut, terdiri dari 95% hingga 96% air, 0,6% hingga 0,7% minyak, serta 4% hingga 5% lemak dan padatan total yang memiliki rata-rata kandungan BOD berkisar dari 8.200 hingga 35.000 miligram/liter dan COD berkisar dari 15.103 hingga 65.100 miligram/liter, yang berpotensi berubah menjadi polutan jika dilepaskan langsung ke lingkungan perairan terbuka [3] [4].

Teknologi pengolahan POME sangat penting untuk mencegah pencemaran lingkungan, terutama perairan. Air tercemar memiliki karakteristik yang berbeda dari air bersih, seperti warna, bau, kekeruhan, pH, kadar COD, dan BOD. Salah satu metode pengolahan POME adalah menggunakan teknologi fotokatalitik, yang menggunakan cahaya sebagai penyedia tenaga untuk penguraian limbah organik dengan reaksi redoks dengan bantuan katalis [5]. Fotokatalis adalah gabungan foto dan katalis yang mempercepat perubahan kimia. Contoh material fotokatalis yang sering digunakan adalah seng oksida (ZnO), yang memiliki celah energi langsung 3,37 eV dan efektif menyerap cahaya ultraviolet di bawah 400 nm [6] [7].

Sintesis partikel ZnO menggunakan pendekatan fisika dan kimia mengandung kelemahan seperti tarif yang tinggi, peralatan berbiaya tinggi, suhu ekstrem, penggunaan energi yang tinggi energi, dan pemakaian zat kimia yang berbahaya [8] [9]. Karena itu, digunakan pendekatan biosintesis yang bersahabat dengan lingkungan, tetapi memproduksi ZnO dengan karakteristik yang baik mengingat kekhawatiran terkait dampak lingkungan dari metode konvensional [10]. Untuk itu, dalam penelitian ini dilakukan biosintesis ZnO menggunakan larutan prekursor $Zn(CH_3COOH)_2 \cdot 2H_2O$ 0,15 M pada pH 8 dan ekstrak biji labu kuning sebagai agen pereduksi serta aplikasi ZnO tersebut sebagai fotokatalis dalam penurunan kadar COD dan TSS POME.

2. Metode Penelitian

Penelitian biosintesis ZnO dan aplikasinya terhadap POME dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya. Bahan yang dipakai yaitu biji labu kuning, $Zn(CH_3COOH)_2 \cdot 2H_2O$, NaOH, POME, dan akuades. Sedangkan alat-alat yang digunakan antara lain lampu UV 13 watt, timbangan analitik, kaca arloji, spatula, *beaker glass*, *stirring rod*, corong, kertas saring, *hot plate*, *magnetic stirrer*, blender, labu ukur, *measuring glass*, pipet volumetrik, bola karet, pipet tetes, oven, loyang, dan pH meter.

Pada penelitian biosintesis ZnO dan aplikasinya terhadap POME ini, variabel tetap yang diterapkan adalah volume POME sejumlah 50 ml dengan variabel bebas berupa waktu penerangan UV 15, 30, 45, 60, 75 menit dan berat katalis ZnO 100 mg, 120 mg.

Metode

Ekstraksi Biji Labu Kuning [10]

Memotong labu kuning, mengambil bijinya, mencucinya, dan mengeringkannya dengan oven pada 100 °C. Kemudian menggilingnya hingga halus, sebanyak 10 g serbuk biji labu kuning dicampur dengan 100 ml akuades dalam *beaker glass*. Campuran dipanaskan pada temperatur 100 °C dalam jangka waktu 25 menit pengadukan dengan *magnetic stirrer* pada 300 rpm. Setelahnya, ekstrak disaring menggunakan kertas saring.

Biosintesis ZnO Modifikasi dari [10]

Ekstrak biji labu kuning 10 ml direaksikan dengan 90 ml larutan $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,15 M. Campuran tersebut dipanaskan pada 70 °C selama 10 menit dalam gelas kimia dengan pengaduk magnetik. Kemudian, NaOH 0,1 M dituangkan sampai pH mencapai 8, kemudian diaduk kontinyu dalam jangka waktu 1 jam. Endapan yang dihasilkan dipisahkan, dicuci dengan akuades, dan dioven pada 100 °C. Dilakukan analisa FTIR dan XRD untuk mengetahui karakteristik dari ZnO yang dihasilkan.

Aplikasi Pada Limbah POME

Aplikasi katalis ZnO diujicobakan pada POME, sebanyak 100 ml diencerkan 5 kali, diambil 50 ml, dan dimasukkan katalis ZnO dengan berat 100 mg dan 120 mg. Penyinaran dilakukan dengan lampu UV dalam kurun waktu 15, 30, 45, 60, dan 75 menit.

Uji Limbah POME

Setelah dilakukan pengaplikasian katalis ZnO, dilakukan analisa pada POME untuk mengetahui nilai pH serta penurunan kadar COD dan TSS.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum pengaplikasian katalis ZnO hasil biosintesis, POME dianalisis untuk mengetahui karakteristiknya. Hasil analisis POME ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakteristik POME Awal

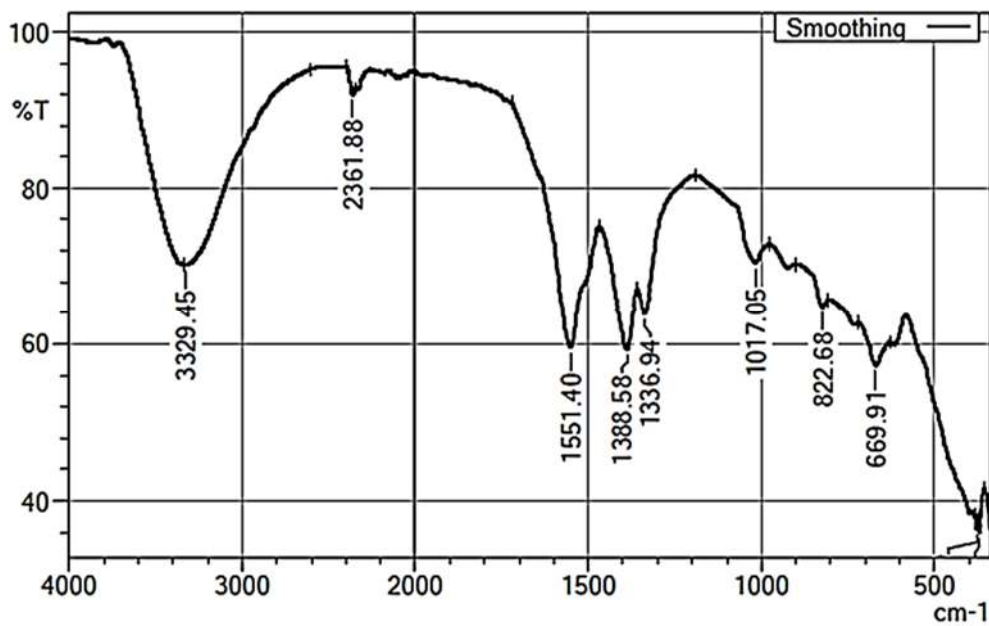
Parameter	Hasil
COD	762,107 mg/l
BOD	11 mg/l
TSS	62.650 mg/l
pH	4,2
Minyak dan Lemak	576,500 mg/l

Setelah analisis karakteristik awal POME, dilanjutkan dengan proses biosintesis ZnO dengan bantuan ekstrak biji labu kuning dan pengaplikasiannya terhadap POME. Karakteristik hasil POME setelah pengaplikasian katalis ZnO ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Karakteristik POME Akhir

Berat ZnO (mg)	Waktu (menit)	COD (mgO ₂ /l)	TSS (mg/l)	pH
100	15	757	1930,00	6,61
	30	693	970,00	6,67
	45	629	653,33	6,72
	60	565	460,00	6,79
	75	501	410,00	6,86
120	15	725	1176,67	6,64
	30	661	790,00	6,69
	45	597	466,67	6,75
	60	533	420,00	6,83
	75	469	366,67	6,92

Karakterisasi Gugus Fungsi ZnO Menggunakan FTIR

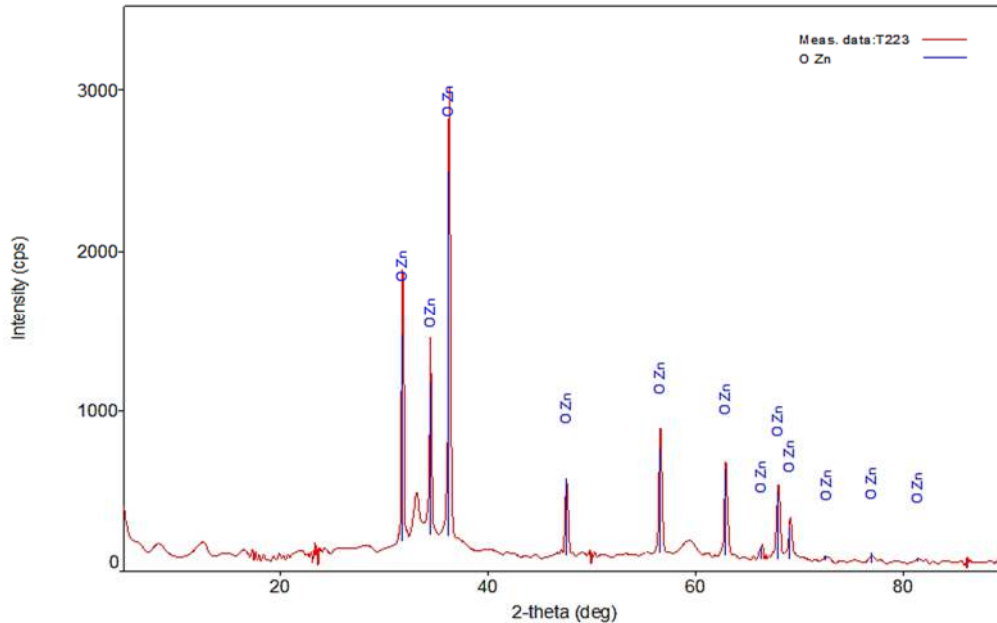


Gambar 1. Hasil Spektrum FTIR ZnO Labu Kuning

Spektrum FTIR ZnO labu kuning pada Gambar 1. memperlihatkan posisi puncak utama pada 669,91 cm⁻¹. Puncak serapan pada daerah 669,91 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus fungsi ZnO karena berada pada rentang daerah 400-800 cm⁻¹ [11].

Karakterisasi ZnO Menggunakan XRD

Karakteristik ZnO dilakukan untuk menentukan fasa kristalinitas dari ZnO yang telah disintesis sehingga dapat diketahui ukuran partikel dan struktur kristal. Hasil analisa dengan XRD untuk ZnO labu kuning ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Pemeriksaan XRD ZnO Labu Kuning

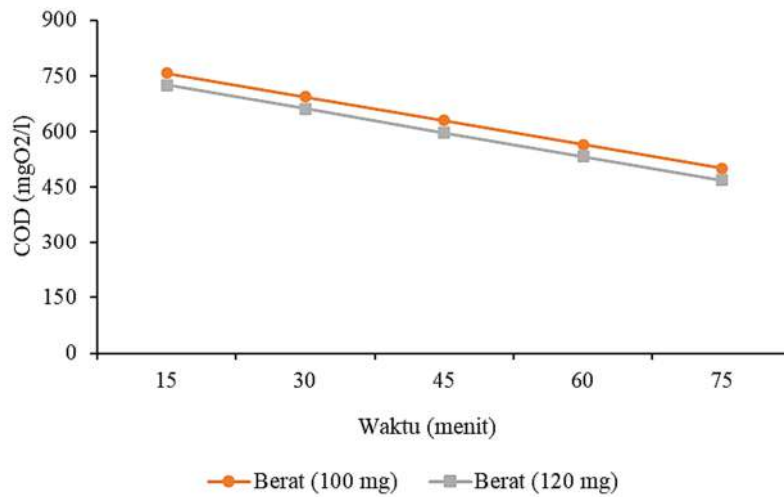
Hasil pengujian sampel XRD diatas mengindikasikan ZnO berbentuk *hexagonal* dengan struktur kristal ZnO tipe *wurtzite*. Puncak-puncak difraksi yang dihasilkan berada disekitar sudut (2θ) 12,230 °, 31, 819 °, 33,000 °, 34,485 °, 36,258 °, 47,540 °, 56,609 °, 62,881 °, 67,938 °, 69,120 °. Puncak hasil difraksi yang diperoleh nyaris identik dengan puncak ZnO berdasarkan data standar JCPDS No.36-1451 [12]. Persamaan *Debye Scherrer* dapat digunakan untuk menghitung ukuran kristal partikel ZnO yang dihasilkan dari biosintesis [13].

$$D = \frac{k \times \lambda}{\beta \cos \theta}$$

Rata-rata ukuran kristal ialah 37,582 nm, menurut persamaan di atas, dengan D merupakan ukuran partikel kristal dengan satuan nanometer, k adalah ketetapan 0,9 , λ merupakan panjang gelombang sinar-X sebesar 0,15406, β adalah ukuran lebar kurva pada setengah nilai maksimum, dan θ adalah sudut Bragg.

Pengaruh Waktu Penyinaran UV dan Berat ZnO terhadap Nilai COD POME

COD ialah ukuran kebutuhan oksigen yang dibutuhkan untuk membuat bahan organik dioksidasi di dalam air. Nilai COD menunjukkan kadar polusi air, semakin tinggi COD, semakin besar polutan organik yang ada, yang dapat mengurangi oksigen yang tersedia bagi mikroorganisme dalam ekosistem perairan [1].

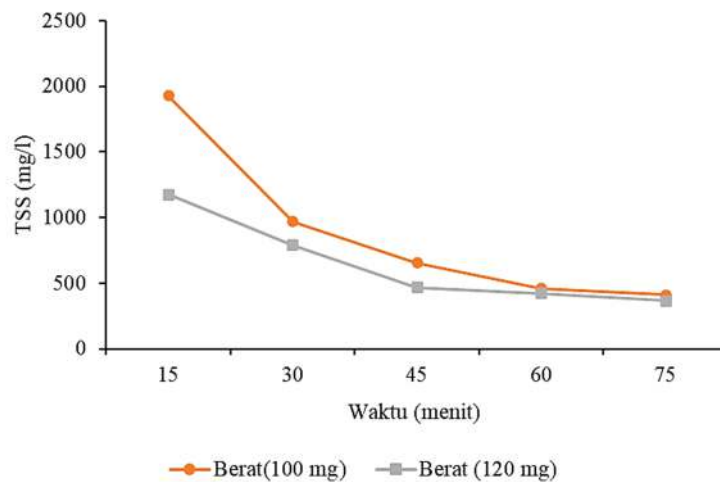


Gambar 3. Hubungan Waktu dan Berat terhadap Nilai COD

Gambar 3. menunjukkan bahwa nilai COD berkurang sehubungan dengan bertambahnya durasi penyinaran UV dan peningkatan berat ZnO. Katalis ZnO efektif dalam menurunkan COD pada POME, dengan penurunan signifikan terjadi setelah 45 menit penyinaran UV. Berat katalis 120 mg lebih efektif dibandingkan 100 mg, meningkatkan fotodegradasi melalui peningkatan jumlah situs aktif yang menghasilkan radikal OH untuk mendegradasi polutan organik [14]. Penurunan COD paling signifikan terjadi pada penyinaran UV selama 75 menit dengan berat ZnO 120 mg, mencapai 469 mgO₂/l dengan persentase penurunan sebesar 38,46 %.

Pengaruh Waktu Penyinaran UV dan Berat ZnO terhadap Nilai TSS POME

Jumlah partikel tersuspensi dalam air (TSS) zat padat yang tersuspensi dalam air berukuran 2 µm atau lebih, yang mencakup lumpur dan mikroorganisme. TSS digunakan untuk mengukur pencemaran air, dan peningkatannya dapat menaikkan suhu air serta mengurangi oksigen terlarut [1].

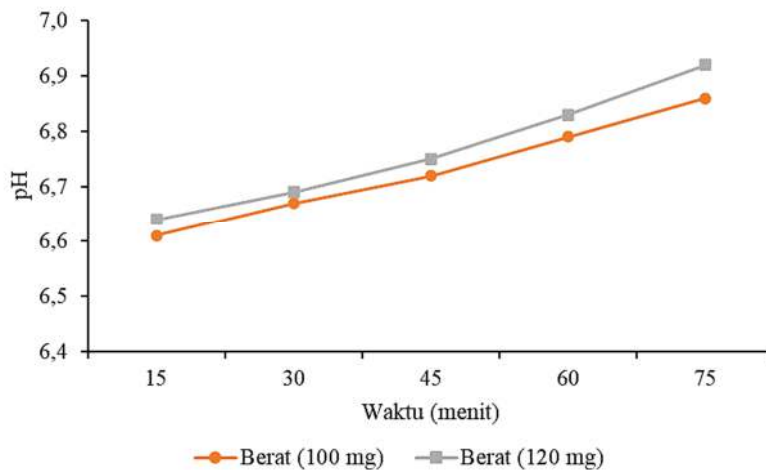


Gambar 4. Hubungan Waktu dan Berat terhadap Nilai TSS

Gambar 4. menunjukkan bahwa semakin lama waktu penyinaran UV dan semakin besar berat ZnO, semakin besar penurunan nilai TSS. Pada berat ZnO 100 mg, TSS menurun dari 1.930 mg/l menjadi 410 mg/l setelah 75 menit penyinaran. Sementara itu, pada berat ZnO 120 mg, TSS menurun dari 1.176,67 mg/l menjadi 366,67 mg/l setelah 75 menit. Penurunan TSS terjadi karena peningkatan pembentukan radikal hidroksil (OH⁻) yang mengoksidasi polutan dalam limbah POME [15]. Penurunan TSS paling signifikan terjadi dengan berat ZnO 120 mg setelah 75 menit penyinaran UV, mencapai 366,67 mg/l dengan persentase penurunan sebesar 99,41 %.

Pengaruh Waktu Penyinaran UV dan Berat ZnO terhadap Nilai pH POME

pH menentukan seberapa asam atau basa larutan tersebut yang krusial untuk menilai kualitas air limbah, mempengaruhi kehidupan organisme air, pertumbuhan tanaman, kesehatan manusia, dan kebutuhan industri. Skala pH mencerminkan konsentrasi proton (H⁺) atau hidroksida (OH⁻) yang berada dalam air limbah [15].



Gambar 5. Hubungan Waktu dan Berat terhadap Nilai pH

Gambar 5. menunjukkan bahwa nilai pH meningkat dengan penambahan ZnO dan waktu penyinaran UV. Peningkatan pH disebabkan oleh pembentukan OH⁻ dalam proses fotokatalis [16], yang meningkatkan intensitas cahaya dan degradasi senyawa organik. Nilai pH tertinggi sebesar 6,92 diperoleh pada waktu penyinaran 75 menit dengan berat ZnO 120 mg.

4. Kesimpulan

Menurut penelitian yang telah dilakukan kesimpulannya yaitu, waktu penyinaran UV dan berat ZnO mempengaruhi penurunan COD dan TSS. Penurunan COD paling signifikan terjadi pada waktu penyinaran UV 75 menit (501 mgO₂/l dan 469 mgO₂/l) dan berat ZnO 120 mg (725 mgO₂/liter - 469 mgO₂/liter). Penurunan TSS paling signifikan terjadi pada waktu penyinaran UV 75 menit (410,00 miligram/liter dan 366,67 miligram/liter) dan berat ZnO 120 mg (1176,67 miligram/liter - 366,67 miligram/liter).

Referensi

- [1] Agustina, T. E., Sulistyono, B., & Anugrah, R. (2016). Pengolahan palm oil mill effluent (pome) dengan metode fenton dan kombinasi adsorpsi-fenton. *Jurnal teknik kimia*, 22(3), 1-8.
- [2] www.bps.go.id. 30 November 2023. Indonesian Oil Palm Statistics 2022. Diakses pada 6 Agustus 2024, dari <https://www.bps.go.id/en/publication/2023/11/30/160f211bfc4f91e1b779741/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2022.html>
- [3] Riky, Y., Uray, I., & Hantoro, S. (2012). Pengolahan Limbah POME (Palm Oil Mill Effluent) dengan Menggunakan Mikroalga. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1), 7-13.
- [4] Justman, J. O., Pinem, J. A., & Daud, S. (2019). Pengolahan Palm Oil Mill Effluent (POME) Menggunakan Teknologi Membran Dan Pre-Treatment Koagulasi-Flokulasi. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains*, 6, 1-7.
- [5] Wahyudi, F., Saputera, W. H., Sasongko, D., & Devianto, H. (2023). Studi Pengaruh Konsentrasi Katalis ZnO untuk Degradasi Limbah Palm Oil Mill Effluent (POME) Menggunakan Teknologi Fotokatalitik. *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*, 22(2), 105-113.
- [6] Arief, M. (2011). Sintesis dan karakterisasi nanopartikel seng oksida (ZnO) dengan metode proses pengendapan kimia basah dan hidrotermal untuk aplikasi fotokatalis.
- [7] Siagian, S. M., Khairani, S., HS, S. C., & Tampubolon, F. R. (2022). Sintesis dan Karakteristik Sifat Optik Semikonduktor ZnO dan ZnO Dopping Cu. *ORBITA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Fisika*, 8(1), 79-83.
- [8] Alamdari, S., Sasani Ghamsari, M., Lee, C., Han, W., Park, H. H., Tafreshi, M. J., ... & Ara, M. H. M. (2020). Preparation and characterization of zinc oxide nanoparticles using leaf extract of *Sambucus ebulus*. *Applied Sciences*, 10(10), 3620.
- [9] Nasrollahzadeh, M., Atarod, M., Sajjadi, M., Sajadi, S. M., & Issaabadi, Z. (2019). Plant-mediated green synthesis of nanostructures: mechanisms, characterization, and applications. In *Interface science and technology* (Vol. 28, pp. 199-322). Elsevier.
- [10] Nurbayasari, R., & Saridewi, N. (2017). *Biosintesis dan karakterisasi nanopartikel ZnO dengan ekstrak rumput laut hijau Caulerpa sp* (Bachelor's thesis, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Syarif Hidayatullah Jakarta).
- [11] Bashir, S., Awan, M. S., Farrukh, M. A., Naidu, R., Khan, S. A., Rafique, N., ... & Khan, M. Z. (2022). In-vivo (Albino Mice) and in-vitro assimilation and toxicity of zinc oxide nanoparticles in food materials. *International Journal of Nanomedicine*, 17, 4073.
- [12] Nguyen, N. T., Nguyen, N. T., & Nguyen, V. A. (2020). In situ synthesis and characterization of ZnO/chitosan nanocomposite as an adsorbent for removal of Congo red from aqueous solution. *Advances in Polymer Technology*, 2020(1), 3892694.

- [13] Rhamdiyah, F. K., & Maharani, D. K. (2022). Biosynthesis of ZnO Nanoparticles from Aqueous Extract of *Moringa Oleifera* L.: Its Application as Antibacterial and Photocatalyst. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 11(2), 91-102.
- [14] Chandra, D. E., Hindryawati, N., & Koesnarpadi, S. (2019). Degradasi metilen biru dengan metode fotokatalitik berdasarkan variasi berat katalis zeolit-Wo₃. *Pros. Semin. Kim*, 127-130.
- [15] Artono, B., Hakim, L., Kurniawan, E., Ginting, Z., & Ibrahim, I. (2023). Degradasi Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Sinar Ultraviolet. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(6), 853-861.
- [16] Andari, N. D. (2019). Fotokatalis TiO₂-zeolit untuk degradasi metilen biru. *Chemistry progress*, 7(1).