

Pemanfaatan Limbah Kulit Nanas sebagai Penstabil Biosintesis ZnO untuk Pengolahan Limbah *Palm Oil Mill Effluent Kelapa Sawit*

Kana, Yuniar, Cindi Ramayanti

Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

*Koresponden email: kanakaizen@gmail.ac.id

Diterima: 5 Februari 2025

Disetujui: 12 Februari 2025

Abstract

Oil palm is one of the most common plants in the province of South Sumatra. The income of oil palm has increased every year, and also followed by an increase in the waste produced by oil palm. The waste produced is liquid waste or known by another name POME. There is no technology that is efficient enough to process this POME waste. Photocatalyst is a technology that uses light, either UV light or sunlight, which produces radical compounds that break down the oxygen in POME. The type of catalyst used in this research is ZnO from the biosynthesis of pineapple peel, the application of the catalyst to POME waste with a catalyst variation of 120 mg and 140 mg and also variations in irradiation time of 15, 30, 45, 60 and 75. The most efficient result for the degradation of POME waste is obtained at an irradiation time of 75 minutes with 140 mg catalyst weight.

Keywords: fotokatalis, POME, ZnO, pineapple peel waste, uv light

Abstrak

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman yang banyak ditemui di provinsi Sumatera Selatan. Penghasilan kelapa sawit setiap tahunnya mengalami peningkatan, di ikuti juga dengan bertambahnya limbah yang dihasilkan. Salah satu limbah yang dihasilkan adalah berbentuk cair atau yang di kenal dengan nama lain POME. Belum ada teknologi yang cukup efisien untuk mengolah limbah POME ini. Fotokatalis merupakan teknologi yang memanfaatkan cahaya baik sinar Uv maupun sinar matahari yang akan menghasilkan senyawa-senyawa radikal yang akan mengurai oksigen pada POME. Katalis yang di pakai dalam penelitian ini adalah katalis jenis semi konduktor yaitu ZnO hasil biosintesis kulit nanas, pengaplikasian katalis terhadap limbah POME dengan variasi katalis yaitu 120 mg dan 140 mg dan juga variasi waktu penyinaran yaitu 15, 30, 45, 60 dan 75. Didapatkan hasil yang paling efisien untuk mendegradasi limbah POME adalah pada waktu penyinaran 75 menit dengan berat katalis 140 mg.

Kata Kunci: fotokatalis, POME, ZnO, limbah kulit nanas, sinar Uv

1. Pendahuluan

Indonesia masuk ke dalam salah satu negara dengan penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, kelapa sawit telah memainkan peran penting dan sangat berpartisipasi dalam perekonomian karna telah meningkatkan hasil pendapatan negara Indonesia. Setiap tahun produksi kelapa sawit konsisten mengalami peningkatan, yang disertai pula dengan peningkatan limbah yang dihasilkan dari pabrik kelapa sawit. Limbah dari pabrik kelapa sawit terdiri dari limbah padat seperti tandan kosong kelapa sawit dan limbah yang berbentuk cair atau dikenal *palm oil mill effluent* (POME), yang mempunyai kadar kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang sangat tinggi, sehingga memiliki potensi besar untuk membahayakan lingkungan

Di Indonesia, POME Secara umum memiliki nilai rata-rata kandungan minyak dan lemak 6000 mg /L sedangkan nilai pH sekitar 4,0 hingga 5,0, kadar COD di antara 40.000 hingga 60.000 mg/L, kadar BOD antara 20.000 hingga 30.000 mg/L, dan *Total Suspended Solid* (TSS) 15.000 hingga 40.000 mg/L [1]. Berdasarkan nilai yang telah disebutkan di atas, kadar COD, BOD, dan TSS pada POME harus diturunkan terlebih dahulu supaya limbah POME aman di buang ke lingkungan, sesuai dengan PermenLH No. 5 tahun 2014 [2]. Pemerintah Indonesia telah menyatakan untuk standar limbah industri kelapa sawit, di mana untuk kadar COD, BOD dan juga TSS terendah yang aman dibuang ke lingkungan yaitu 350 mg /L untuk COD, 100 mg /L untuk BOD dan 250 mg /L untuk BOD sedangkan untuk nilai pH adalah 6-9.

Teknologi pengolahan limbah POME dari kelapa sawit ini sangat perlu di perhatikan agar tidak mencemari lingkungan, Ada beberapa metode untuk mengatasi pencemaran air tersebut salah satunya adalah menggunakan material fotokatalis dibawah radiasi sinar dan pada penelitian ini fotokatalis yang digunakan adalah ZnO.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini melibatkan dua jenis variabel: variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap mencakup jenis katalis ZnO, sementara variabel bebas melibatkan massa katalis yang digunakan, yaitu 120 mg dan 140 mg, serta volume POME sebanyak 50 ml. Berikut akan dijelaskan secara lebih mendetail mengenai teknik dan tahapan-tahapan pada penelitian ini.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang di pakai dalam penelitian ini adalah gelas kimia, erlenmeyer, pengaduk, hot plate, dan kertas lakmus, adapun bahan yang dipakai adalah kulit nanas, NaOH, seng asetat dihidrat ($Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$).

2.2 Biosintesis Nanopartikel ZnO

Sebanyak 90 mL larutan Zn ditambahkan dengan 10 ml larutan ekstrak dari kulit nanas kemudian diaduk secara kontinyu dalam waktu 10 menit dengan suhu 70°C lalu didinginkan sampai suhu kamar. Setelah dingin, tambahkan NaOH dalam bentuk larutan sampai dengan pH 8 dan di aduk selama 1 jam. Kemudian larutan didiamkan semalaman hingga endapan terbentuk dan pH menjadi 7 lalu Saring endapan yang terbentuk. Endapan yang didapat lalu dioven pada suhu 100° selama 3 jam.

2.3 Karakterisasi Hasil Biosintesis

Karakterisasi hasil biosintesis katalis ZnO dari kulit nanas ini menggunakan spektroskopi FT-IR untuk mengetahui gugus fungsi apa saja yang ada pada katalis ZnO dan juga untuk mengetahui ukuran kristal dari katalis menggunakan XRD (*X Ray Diffraction*).

2.4 Nanopartikel ZnO Sebagai Fotokatalis

Pembuatan Larutan POME yang telah di encerkan diambil 50 ml kemudian ditambahkan katalis sesuai dengan variasi yang ditentukan.

2.5 Uji Kadar COD, TSS, dan pH pada Limbah POME

Setelah di lakukan proses fotokatalis menggunakan sinar uv dan di tambahkan katalis ZnO sampel limbah di analisa untuk mengetahui adanya perubahan yang terjadi.

3. Hasil dan Pembahasan

Sebelum dilakukan penelitian sampel limbah POME terlebih dahulu di analisis untuk mengetahui senyawa apa saja yang terkandung pada limbah POME. Hasil analisis limbah POME dapat di lihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Analisis POME Awal

Pemeriksaan	Hasil (mg/l)
COD	762,107
BOD	11,000
TSS	62650,000
pH	4,2
Minyak dan Lemak	576,500

Kemudian setelah selesai melakukan analisis POME awal selanjutnya melakukan fotokatalis dengan sinar uv dan katalis ZnO dari kulit nanas dan di analisa kembali. Hasil analisis sampel akhir POME setelah proses fotokatalis dapat dilihat pada **Tabel 2**.

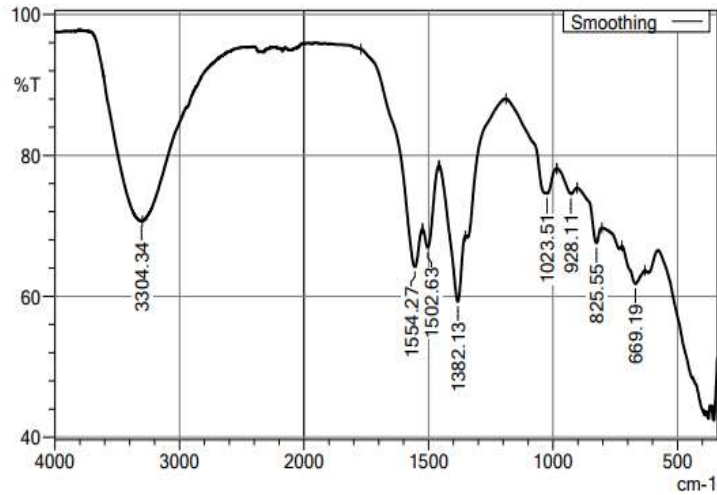
Tabel 2. Hasil Analisis POME Akhir

Berat ZnO (mg)	Waktu (menit)	COD (mgO ₂ /l)	TSS (mg/l)	pH
120	15	759	3906.67	6.39
	30	667	1980.00	6.56
	45	653	1116.67	6.60
	60	619	5493.33	6.70
	75	545	360.00	6.47

Berat ZnO (mg)	Waktu (menit)	COD (mgO ₂ /l)	TSS (mg/l)	pH
140	15	727	2906.67	6.50
	30	659	1573.33	6.59
	45	663	603.33	6.64
	60	631	583.33	6.30
	75	599	120.00	6.50

Karakterisasi Katalis ZnO Kulit Nanas

Hasil analisis uji FTIR untuk katalis ZnO dari ekstrak kulit nanas dapat di lihat pada gambar dibawah ini.

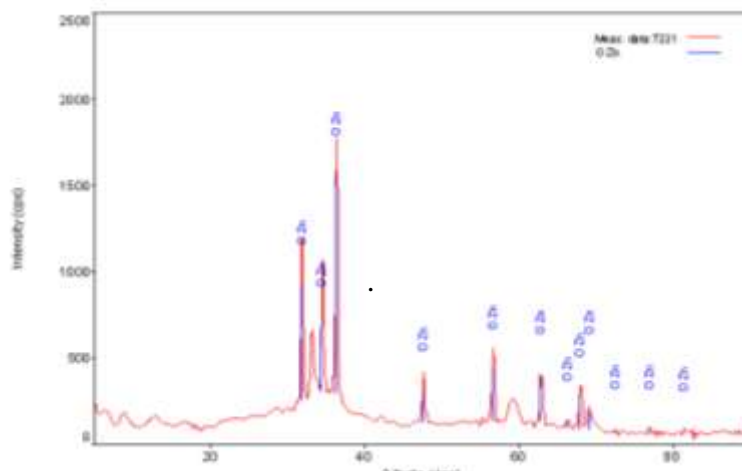


Gambar 1. Hasil uji FTIR ZnO Kulit Nanas

Dari grafik pada **Gambar 1** bisa dapat dilihat hasil puncak utama yaitu terdapat pada 3304,34cm⁻¹; 825,22cm⁻¹; 928,11cm⁻¹; 1023,51 cm⁻¹; 1382,13 cm⁻¹; 1502,63cm⁻¹ 1554,24 cm. Gugus-gugus fungsi berada pada puncak 3304,34 cm⁻¹ menandakan adanya gugus OH⁻ menunjukkan adanya ikatan alkohol dan fenbanol dan terjadi penyerapan oleh ZnO, hasil ini sesuai dengan referensi hasil Rohmawati *et al* [3]. Kemudian pada puncak serapan 825,55 deteksi merupakan gugus fungsi dari Zn sesuai dengan hasil referensi dari jurablu *et al.*[4]. Sedangkan untuk gugus fungsi ZnO terdapat pada puncak gelombang 669,19 cm⁻¹. Basri, 2020 [5]. Dalam penelitiannya menyatakan bahwa gugus fungsi ZnO terletak pada bilangan gelombang 800-400 cm⁻¹.

Karakterisasi ZnO Menggunakan XRD

Karakterisasi ZnO menggunakan XRD ini perlu dilakukan untuk mengetahui ukuran partikel ZnO, hasil analisis uji XRD untuk ZnO dari ekstrak kulit nanas bisa di lihat pada **Gambar 2** dibawah ini.

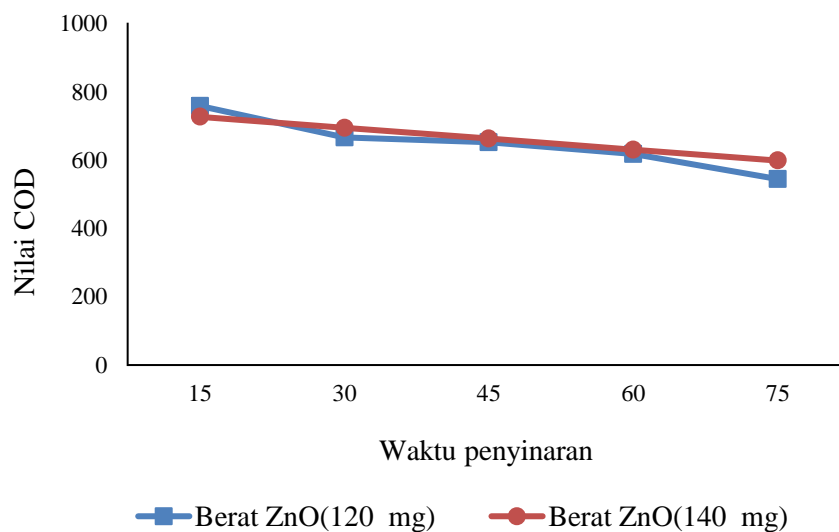


Gambar 2. Hasil XRD Katalis ZnO Kulit Nanas

Analisis katalis ZnO menggunakan XRD didapatkan hasil seluruh sampel mempunyai puncak nilai sudut (2θ) yang semuanya hampir sama. Bisa dilihat pada gambar di atas bahwa seluruh sampel telah menunjukkan adanya struktur kristal ZnO *wurtzite* dengan bentuk kristal *hexagonal*. Hasil menunjukkan puncak difraksi pada $31,88^\circ$; $33,16^\circ$; $34,54^\circ$; $47,66^\circ$; $56,72^\circ$; $59,22^\circ$; $52,2^\circ$; $62,98^\circ$; $68,12^\circ$; $69,14$. Dari data tersebut bisa diidentifikasi karakteristik ZnO, Dimana mempunyai kesamaan dengan puncak gelombang ZnO standar JCSd-1451 [6]. Untuk mengetahui ukuran kristal katalis ZnO dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Debye Scherrer'sy* [7]. dan di dapatkan hasil ukuran kristal rata-rata adalah sebesar 25,952 nm yang berarti termasuk nanopartikel.

Analisa COD pada Limbah POME setelah Proses Fotokatalis

COD merupakan parameter yang dipakai untuk menunjukkan kandungan oksigen terlarut yang dibutuhkan untuk menguraikan bahan organik secara kimiawi dalam air limbah. Parameter ini sangat sering digunakan untuk melihat kualitas air. Tingginya nilai COD menunjukkan bahwa air tersebut tercemar dan belum layak di buang ke lingkungan [8].



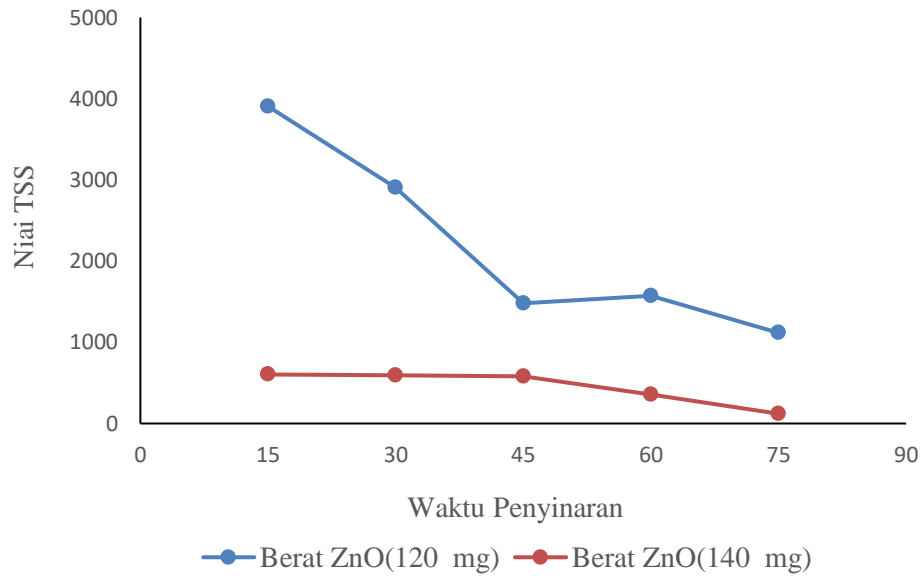
Gambar 3. Hasil nilai COD setelah di fotokatalis

Berdasarkan **Gambar 3** di atas, nilai COD setelah perlakuan menunjukkan penurunan seiring dengan bertambahnya waktu penyinaran. Dari grafik di atas juga bisa di lihat bahwa semakin lama waktu penyinarannya maka nilai COD akan semakin menurun. Penurunan COD yang bisa dikatakan cukup baik terjadi pada menit ke-75 dibandingkan dari waktu lainnya, yang menunjukkan bahwa efektivitas katalis ZnO meningkat setelah 60 menit penyinaran[9]. Dapat disimpulkan bahwa katalis ZnO berperan penting dalam mengurai bahan organik pada POME.

Selain waktu penyinaran, konsentrasi umpan katalis juga mempengaruhi hasil. Konsentrasi katalis sebesar 140 mg memperlihatkan penurunan COD yang cukup baik dibandingkan dengan 120 mg, yang lebih fluktuatif. Hasil ini sesuai dengan temuan [8]. proses degradasi fotokatalis ini bergantung pada tingkat hasil senyawa radikal, semakin besar berat katalis yang dipakai pada proses fotokatalis, maka potensi pembentukan senyawa radikal akan semakin besar [10].

Analisa TSS pada Limbah POME setelah Proses Fotokatalis

Total Suspended Solids (TSS) merupakan padatan yang terdapat pada air dengan ukuran pori yaitu maksimum $2\ \mu\text{m}$ atau bisa lebih besar dari partikel jenis koloid. TSS mencakup berbagai material seperti lumpur, tanah liat, bakteri, dan jamur [11].



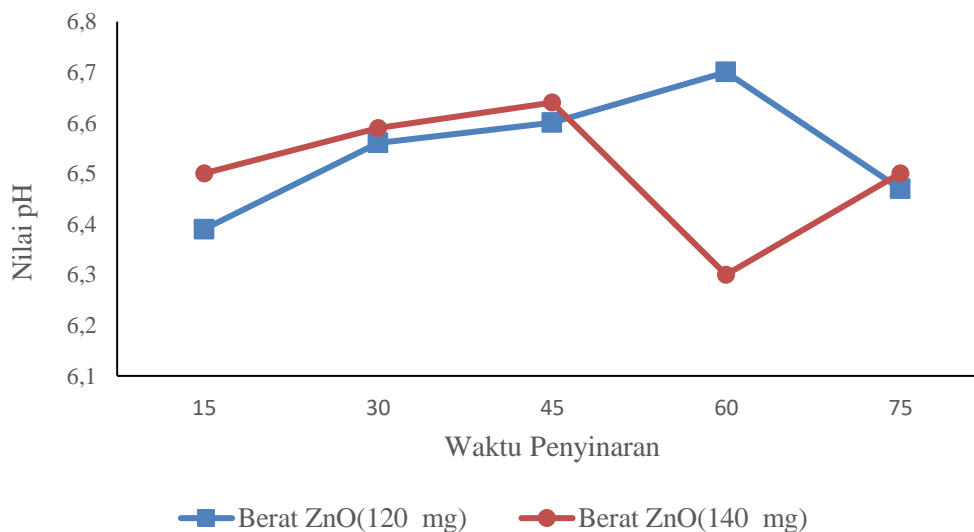
Gambar 4. Hasil nilai TSS setelah di fotokatalis

Gambar 4 di atas terlihat bahwa nilai TSS mengalami penurunan yang cukup baik dan sudah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, dan air limbah POME juga menjadi lebih jernih setelah percobaan. Hal ini mengindikasikan bahwa waktu penyinaran mempengaruhi nilai TSS, sebagaimana didukung oleh penelitian [12], yang menyatakan semakin lama waktu penyinaran, maka semakin besar pula nilai TSS mengalami penurunan.

Penelitian ini menemukan penurunan TSS tertinggi pada waktu 75 menit dengan nilai 120,00 mg/l, sedangkan penurunan terendah terjadi pada menit ke-15 dengan nilai 3906,67 mg/l. Bahan organik banyak yang terdegradasi ketika waktu penyinaran lama [13]. Jika waktu yang digunakan lama, maka cahaya akan berinteraksi dengan katalis ZnO, dalam waktu yang lama sehingga menyebabkan peningkatan jumlah radikal -OH, yang bekerja dengan menyerang dan mendegradasi molekul menjadi bentuk yang lebih sederhana [14]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu penyinaran berpengaruh signifikan terhadap penurunan nilai TSS.

Analisa pH pada limbah POME setelah Proses Fotokatalis

Tingkat keasaman (pH) adalah salah satu indikator yang dipakai untuk mengetahui level keasaman atau kebasaan pada suatu larutan. pH memiliki dampak terhadap kualitas air. pH air yang tinggi umumnya disebabkan oleh tingginya kandungan logam atau senyawa organik



Gambar 6. Hasil nilai pH setelah di fotokatalis

Berdasarkan grafik **Gambar 6** di atas, terlihat bahwa waktu penyinaran yang lama dan penambahan katalis ZnO dalam jumlah yang besar dapat menaikkan nilai pH. Peningkatan pH dapat terjadi disebabkan ion OH⁻ terbentuk ketika sinar UV menyentuh katalis ZnO [15]. Pembentukan OH⁻ inilah yang dapat mengakibatkan naiknya pH, dan ketika ion OH⁻ banyak yang terbentuk, maka akan semakin basa kondisi air limbah tersebut [16].

4. Kesimpulan

Penggunaan katalis ZnO dengan konsentrasi 120 mg dan 140 mg dalam metode fotokatalisis terbukti efektif dalam menurunkan kadar COD (Chemical Oxygen Demand) dan TSS (Total Suspended Solids). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai COD dapat mencapai 599 mg/L dan nilai TSS mencapai 120 mg/L. Secara khusus, massa ZnO 140 mg menunjukkan efisiensi yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi katalis yang berbanding lurus dengan peningkatan jumlah senyawa organik yang terurai.

Selain konsentrasi katalis, waktu kontak juga memainkan peran penting dalam efektivitas proses fotokatalisis. Penggunaan katalis ZnO menunjukkan efektivitas optimal pada waktu kontak 75 menit. Ini dikarenakan waktu aktif katalis ZnO berada pada rentang 60 menit ke atas, di mana proses penguraian senyawa organik berlangsung secara maksimal.

5. Referensi

- [1] Apriana, R. (2017). Produksi Biogas dari Air Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit Dengan Penambahan Sensor Temperatur pada Alat Digester. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.
- [2] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- [3] Rohmawati, L., Lailia, L. R., Putri, N. P., Nasir, M., & Darminto, D. (2024). *Characterization Of Zno Nanoparticles Pineapple Skin Extract (Ananas Comosus L.) As Photocatalytic Activity. Journal Of Water And Environmental Nanotechnology*, 9(1), 112–123.
- [4] Jurablu, S., Farahmandjou, M. & Firoozabadi, T. P. (2015). *Sol-Gel Synthesis of Zinc Oxide (ZnO) Nanoparticles: Study of Structural and Optical Properties, Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran*, vol. 26, no. 3, pp. 281-285, 2015.
- [5] Basri, H. H., Talib, R. A., Sukor, R., Othman , S. H., & Ariffin, H. (2020). *Effect of Synthesis Temperature on the Size of ZnO Nanoparticles Derived from Pineapple Peel Extract and Antibacterial Activity of ZnO–Starch Nanocomposite Films, Nanomaterials*, vol. 10, no. 6, pp. 1-15, Jun 2020.
- [6] 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*, 1–8
- [7] Yunita, Y., Nurlina, N., & Syahbanu, I. (2020). Sintesis Nanopartikel Zink Oksida (Zno) Dengan Penambahan Ekstrak Klorofil Sebagai *Capping Agent*. *Positron*, 10(2), 44
- [8] Wahyudi, F., Wibawa Hendra Saputera, Dwiwahju Sasongko, & Hary Devianto. (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.
- [9] Almeida, C. S. De, Miccoli, L. S., Andhini, N. F., Aranha, S., Oliveira, L. C. De, Artigo, C. E., Em, A. A. R., Em, A. A. R., Bachman, L., Chick, K., Curtis, D., Peirce, B. N., Askey, D., Rubin, J., Egnatoff, D. W. J., Uhl Chamot, A., El-Dinary, P. B., Scott, J.; Marshall, G., Prenskey, M., ... & Santa, U. F. De. (2016). *No Revisa Brasileira de Linuistica Aplicada*, 5(1), 1689-1699.
- [10] Ng, K. H., & Cheng, C. K. (2016). *Photo-polishing of POME into CH4-lean biogas over the UV-responsive ZnO photocatalyst. Chemical Engineering Journal*, 300, 127–138
- [11] Harahap, M. R., Amanda, L. D., & Matondang, A. H. (2020). Analisis Kadar Cod (*Chemical Oxygen Demand*) dan Tss (*Total Suspended Solid*) pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Jurnal Amina*, 2(2), 79–83.
- [12] Wulandari, F. (2020). Pengaruh Variasi Tempera Kalsinasi Terhadap Aktivitas Fotokatalis Nanokoposit Mno2-Rgo. *Jurnal Berkala Epidemiologi*, 5(1), 90–96
- [13] Sains, F., Teknologi, D. A. N., Ar-Raniry, U. I. N., & Aceh, B. (2022). Dengan Metode Fotodegradasi Menggunakan Seng Oksida (Zno).

-
- [14] Sanjaya, R., Subiantoro, R., & Supriyatdi, D. (2017). Efektivitas Kombinasi Lumpur Aktif dan Natrium Bikarbonat (NaHCO_3) dalam Pengelolaan Limbah Cair Industri Tebu (*Saccharum officinarum L.*). *Jurnal Agro Industri*
- [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
- [16] Andrasari, N. D. & Wardhani, S. (2014), Fotokatalis Tio_2 -Zeolit untuk Degradasi Metilen Biru. *Jurnal Kimia*, Vol. 7, No. 1, halaman 9–14.