



EKASAKTI JURNAL PENELITIAN & PENGABDIAN (EJPP)



Doi: <https://doi.org/10.31933/ejpp.v3i1>

Lisensi: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Diterima: 20 Oktober 2022, Diperbaiki: 01 November 2022, Diterbitkan: 10 November 2022

PENURUNAN CELAH PITA ZnO DENGAN IMPREGNASINYA PADA KARBON AKTIF

Mutiara Syabila¹, Miftahul Khair²

¹⁾ Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat, email: mutiarasyabila5@gmail.com

²⁾ Universitas Negeri Padang, Sumatera Barat, email: mutiarasyabila5@gmail.com

Corresponding Author: Mutiara Syabila

Abstract: *The reduction of the band gap of the ZnO photocatalyst with its impregnation technique on activated carbon has been successfully carried out. The impregnation method involves absorption, dehydration at 100 °C, and calcination at 400 °C for 6 hours. Variations of Zn(NO₃)₂·6H₂O used 5%, 10%, 15%, 20%, and 25% for 6 and 12 hours. Band gap test was carried out with UV-DRS. The optimum photocatalyst was achieved at 75 mg Activated carbon-ZnO 15% impregnated for 6 hours, with a decrease in the ZnO band gap to 2.62 eV the presence of Zn-O groups in the FTIR characterization results.*

Keywords: *Activated Carbon, Photocatalyst, Impregnation, ZnO.*

Abstrak: Penurunan celah pita fotokatalis ZnO dengan teknik impregnasinya pada karbon aktif telah berhasil dilakukan. Metode impregnasi melalui tahapan penyerapan, dehidrasi pada 100 °C, dan kalsinasi pada suhu 400 °C selama 6 jam. Variasi Zn(NO₃)₂·6H₂O yang digunakan 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% selama 6 dan 12 jam. Uji celah pita dilakukan dengan UV-DRS. Fotokatalis optimum tercapai pada 75 mg Karbon aktif-ZnO 15% impregnasi 6 jam, dengan penurunan nilai celah pita ZnO menjadi 2,62 eV dan adanya gugus Zn-O pada hasil karakterisasi FTIR.

Kata Kunci: Karbon Aktif, Fotokatalis, Impregnasi, ZnO.

PENDAHULUAN

Seng oksida (ZnO) adalah semikonduktor tipe-n yang memiliki struktur heksagonal, tidak beracun, dan ramah lingkungan, dengan celah pita lebar 3,37 eV sehingga menjadikannya lebih unggul dari semikonduktor lain (Varughese et al., 2015). Karena sifat-sifat ini maka semikonduktor ZnO berpotensi digunakan sebagai bahan sensor gas, sel surya, biosensor, pembawa obat, kosmetik, pembalut luka, dan tambalan bahan medis karena sifat antibakteri dan antiinflamasinya, fotodetektor dan fotokatalis (Ali, El-Molla, Ibrahim, Mahmoud, et al. 2016). Dibandingkan material semikonduktor TiO₂, katalis ZnO lebih efisien digunakan karena dapat menghasilkan H₂O₂ yang lebih banyak (Durri & Sutanto, 2015).

Perkembangan industri yang semakin pesat menyebabkan jumlah kontaminan antropogenik meningkat dengan bertambahnya limbah zat pewarna organik yang dihasilkan industri tekstil (Sandi & Astuti, 2014). Oleh sebab itu, perlu pengelolaan yang baik dalam

penanganan limbah zat warna industri sehingga dapat mencegah kerusakan sistem perairan. Semikonduktor ZnO adalah fotokatalis yang juga dikenal bagus untuk mendegradasi polutan organik yang mudah menguap menjadi CO₂ dan H₂O (Naimah et al., 2014) sehingga bisa menjadi solusi dalam masalah lingkungan.

Preparasi ZnO telah dilakukan dengan beragam metode seperti penguapan larutan dan suspensi, reaksi keadaan padat, sintesis kimia basah, aerosol, ultrasonic, mikro-emulsi, sol-gel, dan metode keramik konvensional.

Bahan pendukung bagi ZnO yang baik adalah silika, alumina, zeolit, lempung dan karbon aktif. Material ini dapat bertindak sebagai tempat untuk mengumpulkan elektron fotogenerasi dari pita konduksi semikonduktor sehingga bisa mengurangi rekombinasi elektron dan *hole* fotogenerasi melalui peningkatan pemisahan muatan (Mohamed & Aazam, 2012). Impregnasi ZnO kedalam karbon aktif adalah metode sederhana yang dilakukan dengan cara merendam, mengeringkan, dan diakhiri dengan kalsinasi (Desta, 2017).

Karbon aktif berbahan pelepah kelapa sawit merupakan salah satu adsorben efektif (Fanani & Ulfindrayani, 2019) dengan pori dan luas permukaan yang besar. Kombinasi kedua material ini akan meningkatkan kemampuan fotokatalitik dari ZnO karena mudah terdispersi kedalam pori karbon aktif. Daya adsorpsi karbon aktif, yakni 25-1000% terhadap beratnya (Meisrilestari et al., 2013). Sifat adsorben dari karbon aktif pada dasarnya berkaitan dengan permukaannya yang besar, reaktivitas permukaan yang tinggi, efek adsorpsi universal, serta ukuran pori yang menguntungkan yang membuat permukaan internal dapat diakses, meningkatkan laju adsorpsi, dan meningkatkan kekuatan mekanik (Aworn et al., 2008).

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai band gap dari ZnO yang terimpregnasi pada karbon aktif sehingga bisa menjadi referensi dalam aplikasi fotokatalisis ZnO yang terimpregnasi dalam karbon aktif.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon aktif dari pelepah kelapa sawit, Zn(NO₃)₂.6H₂O, dan aquades. Karbon aktif diimpregnasi dengan Zn(NO₃)₂.6H₂O. Sebanyak 5g karbon aktif dilarutkan dalam Zn(NO₃)₂.6H₂O dengan konsentrasi 5g/ 100 mL; 10g/ 100 mL; 15g/ 100 mL; 20g/ 100 mL; dan 25g/ 100 mL aquades. Campuran diimpregnasi pada suhu kamar selama 24 jam (Abdessemed et al., 2019) dan di shacker selama 6 dan 12 jam dengan kecepatan 250 rpm. Setelah itu, katalis dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C hingga padatan kering (Fanani & Ulfindrayani, 2019a), kemudian dipanaskan dalam furnace pada suhu 250°C selama 4 jam. Setelah dibiarkan dingin hingga suhu ruang selanjutnya diuji nilai band gapnya dengan UV-DRS pada massa campuran yang bervariasi dan dikarakterisasi FTIR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

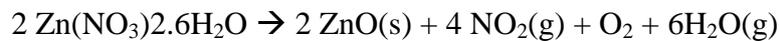
Impregnasi Karbon Aktif

Karbon aktif yang digunakan berasal dari pelepah kelapa sawit yang telah diteliti oleh penelitian sebelumnya melalui beberapa tahapan, yakni tahap dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi dengan microwave. Proses ini dilakukan dengan memvariasikan seng nitrat heksahidrat yakni, 5%, 10%, 15%, 20%. dan 25%.

Sebanyak 5 gram karbon aktif direndam menggunakan seng nitrat heksahidrat selama 24 jam pada suhu kamar (Ginting, et al.,2017). Selanjutnya, shacker kecepatan 250 rpm dengan waktu impregnasi selama 6 dan 12 jam. Hal ini bertujuan agar prekursor logam aktif seng nitrat heksahidrat mengisi pori-pori karbon aktif melalui adsorpsi logam (Munnik, et al.,2014).

Setelah proses perendaman, selanjutnya karbon aktif dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C untuk menguapkan sisa molekul-molekul air yang terdapat didalam karbon.

Kemudian AC-ZnO dikalsinasi pada suhu 400°C selama 6 jam, agar garam logam seng nitrat heksahidrat terdekomposisi menjadi oksida logam dan stabilitas katalis terhadap perubahan suhu meningkat (Desta, 2017).



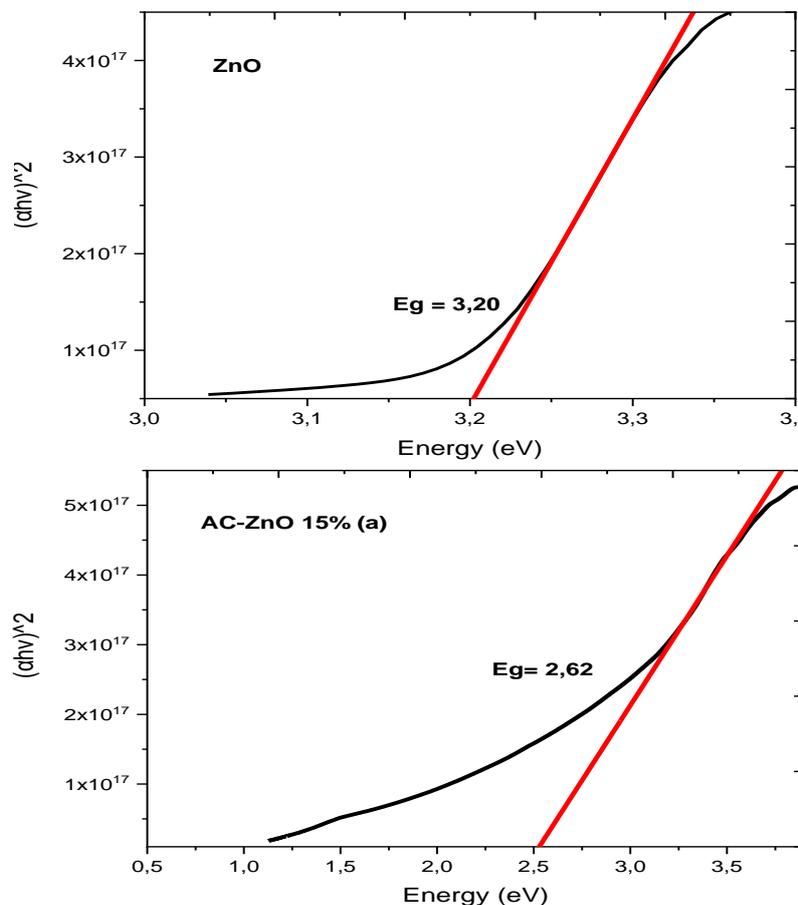
Uji *Band Gap* Fotokatalis dengan UV-DRS

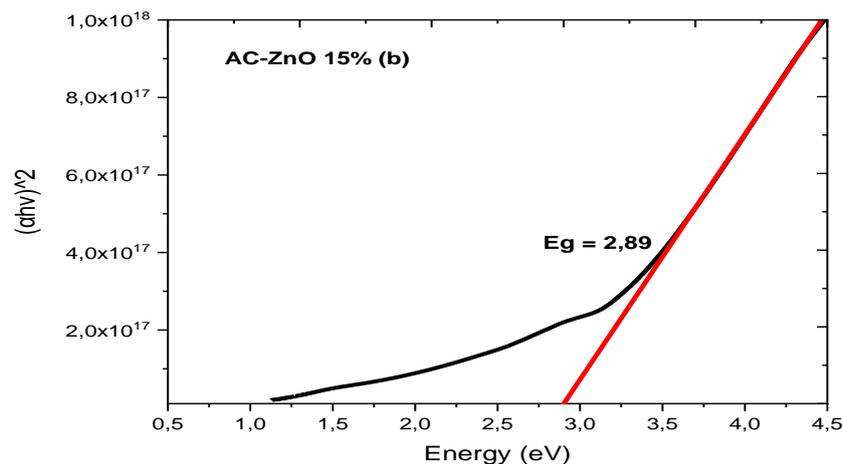
Karakterisasi Karbon aktif-ZnO dengan UV-DRS bertujuan untuk menentukan nilai celah pita dari ZnO nilainya karena berhubungan dengan kinerja fotokatalitik ZnO dalam karbon aktif. Nilai band gap yang sesuai bisa optimal digunakan pada penyinaran tampak. Pengujian dilakukan dengan variasi massa Karbon aktif-ZnO, yakni 25 mg, 50 mg, dan 75 mg.

Penentuan nilai *band gap* optik dilakukan menggunakan Tauc plot. Metode ini membentuk grafik linear hubungan E (eV) pada sumbu-x dan $(\alpha h\nu)^{1/m}$ di sumbu-y dengan menggunakan persamaan sebagai berikut: $(\alpha h\nu)^{1/m} = c (h\nu - E_g)$

Dimana $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s, c adalah konstanta kecepatan cahaya dan E_g adalah celah energi material dan eksponen m tergantung pada jenis transisi.

Hasil pengukuran celah pita dari absorpsi optik ini dipengaruhi oleh terbentuknya *band tail* atau energi urbach. Energi urbach disebabkan karena *band gap* mengalami lokalisasi (*localized states*) sebagai akibat dari struktur ZnO yang acak dan konsentrasi karbon aktif yang tinggi atau terjadinya cacat kristal dan bergabung dalam pita konduksi dan pita valensi sehingga menghasilkan tepi eksponensial pada bahan semikonduktor ZnO (Zhafirah, A.,2019). Berikut adalah grafik perbedaan *band gap* sebelum dan setelah impregnasi.

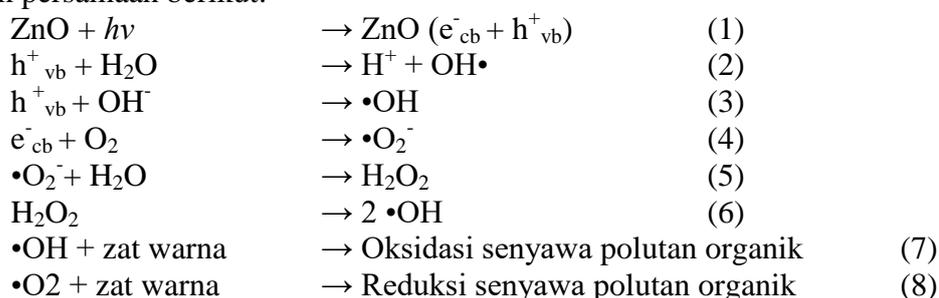




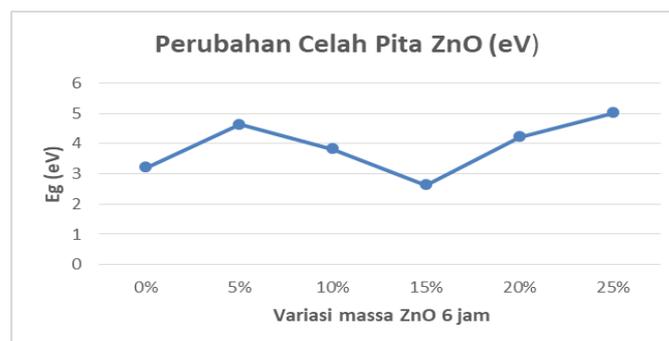
Gambar 1.

Grafik Nilai Band Gap ZnO, Karbon aktif-ZnO 15% Impregnasi 6 Jam, dan Karbon Aktif-ZnO 15% Impregnasi 12 Jam

Proses impregnasi pada karbon aktif mengakibatkan penurunan nilai celah pita semikonduktor ZnO. Nilai band gap yang lebih rendah akan mempercepat proses eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi ZnO untuk menghasilkan *hole*. Elektron yang tereksitasi dan *hole* kemudian akan bereaksi dengan melepaskan energi panas atau terjerat di dalam akseptor dan donor elektron (reduktor dan oksidator). Proses ini mengubah energi radiasi menjadi energi kimia yang mempercepat terjadinya reaksi fotoredoks (Dhamayanti et al., 2003) dan mampu mendegradasi polutan organik dengan mekanisme kerja fotokatalis dalam persamaan berikut:



Karbon aktif dengan struktur grafit merupakan konduktor elektron yang baik, serta memiliki luas permukaan yang besar, dan kemampuan adsorpsi yang tinggi. Hal ini membawa pengaruh yang signifikan sebagai pendukung sistem fotokatalis ZnO. Penurunan *band gap* ZnO dari nilai 3,2 eV menjadi 2,6 eV setelah impregnasi adalah kondisi yang disukai, karena mempercepat proses eksitasi elektron pada semikonduktor untuk menghasilkan *hole* dalam rangka degradasi zat organik.



Gambar 2.

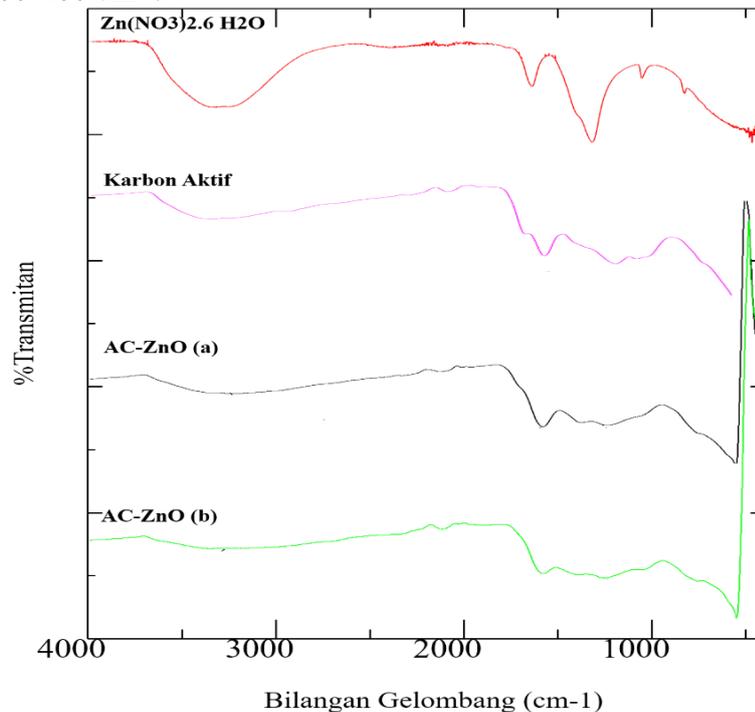
Grafik Perubahan Nilai *Band Gap* ZnO Pada Karbon aktif-ZnO Impregnasi 6 Jam

Karakterisasi Karbon aktif-ZnO dengan UV-DRS ini juga menunjukkan pengaruh penambahan konsentrasi semikonduktor ZnO pada karbon aktif impregnasi 6 jam yang mengakibatkan perubahan nilai celah pita, masing-masing variasi memiliki celah pita 4,62 eV pada 5%; 3,82 eV pada 10%; 2,62 eV pada 15%; 4,22 eV pada 20%; dan 5,01 eV pada 25%. Nilai optimum band gap adalah pada 15% Karbon aktif-ZnO. Hal ini disebabkan terputusnya ikatan kovalen yang terbentuk ketika suhu kristal dan konsentrasi semikonduktor dinaikkan sehingga menghasilkan elektron bebas yang sudah dalam keadaan konduksi dengan tingkat energi E_c .

Suatu katalis dikategorikan semikonduktor apabila memiliki rentang nilai celah pita (E_g) 0 hingga 4 eV. Energi ini dibutuhkan untuk melakukan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Aminullah et al., 2019). Dengan berhasilnya diturunkan *band gap* dari Karbon Aktif-ZnO akan menghasilkan banyak keuntungan dari rasio degradasi polutan organik yang tinggi, waktu penyinaran yang singkat, biaya rendah, dan tidak ada polutan sekunder.

Uji Karakterisasi FTIR

Analisis FTIR dilakukan untuk melihat gugus-gugus yang terbentuk pada karbon aktif sebelum dan setelah diimpregnasi dengan seng nitrat heksahidrat yang dilakukan pada gelombang 4000-400 cm^{-1} .



Gambar 3. Hasil Karakterisasi FTIR

Pada spektrum $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, bilangan gelombang 417,60 cm^{-1} hingga 458,10 cm^{-1} menunjukkan puncak serapan daerah regangan Zn-O. Hal ini sesuai dengan penelitian Sanjaya et al., (2017) yang menyatakan, daerah regangan Zn-O berada di rentang 400-500 cm^{-1} . Kemudian, daerah serapan 819,76 cm^{-1} menunjukkan terbentuknya koordinasi tetrahedral Zn (Rabia et al., 2016). Lalu daerah serapan 1311,62 cm^{-1} dan 3265,54 cm^{-1} dikaitkan dengan adanya gugus C-O dan regangan O-H.

Pada spektrum Karbon Aktif, memperlihatkan terdapat daerah regangan O-H di bilangan gelombang 3346,29 cm^{-1} . Hal Ini membuktikan bahwa karbon aktif bersifat higroskopis karena terdapat air didalamnya (Soleimani & Kaghazchi, 2014). Selain itu, gugus C=C aromatik di bilangan gelombang 1591,79 cm^{-1} menunjukkan struktur dasar grafit yang berupa

lembaran graphene dengan heksagonal C=C terkonjugasi. Lalu di bilangan gelombang $1214,64\text{ cm}^{-1}$ terdapat regangan gugus fungsi C-O yang berasal dari lignin (Murti, 2008).

Pada spektrum AC-ZnO 15% impregnasi 6 jam (AC-ZnO a), teridentifikasi daerah Zn-O stretching pada bilangan gelombang $445,27\text{ cm}^{-1}$. Hal ini membuktikan bahwa ZnO telah terjerap dalam pori-pori karbon aktif. Kemudian adanya daerah regangan C-O alifatik dan C=C aromatik membuktikan bahwa dalam fotokatalis tersebut terdapat karbon aktif. Hasil tersebut didukung dengan adanya puncak serapan pada bilangan gelombang $1231,36\text{ cm}^{-1}$ dan $1571,23\text{ cm}^{-1}$ (Saraswati et al., 2015). Lalu bilangan gelombang $3234,39\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya daerah regangan gugus fungsi O-H (hidroksil) dari pelarut air yang digunakan selama impregnasi.

Pada spektrum AC-ZnO 15% impregnasi 12 jam (AC-ZnO b), memperlihatkan spektrum dengan pola yang sama dengan AC-ZnO 20% impregnasi 6 jam dan tidak memberikan perbedaan yang signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa fotokatalis dibuat melalui proses impregnasi dalam larutan $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, pengeringan, dan kalsinasi. Kondisi optimum katalis terdapat pada 75 mg 15% Karbon aktif-ZnO terimpregnasi dengan penurunan nilai *band gap* ZnO menjadi 2,62 eV dan teridentifikasinya gugus fungsi Zn-O di karbon aktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulisan artikel ini tidak terlepas dari bimbingan dan arahan dari semua pihak. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Miftahul Khair, S.Si,M.Si, Ph.D selaku dosen Pembimbing dan Penasehat Akademik yang telah membimbing dalam penulisan artikel. Tidak lupa pula terima kasih atas dukungan kepada bapak/ibu analis Laboratorium Instrumen Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Padang.

REFERENSI

- Abdessemed, A., Rasalingam, S., Djebbar, K. E. Z., & Koodali, R. (2019). Impregnation of ZnO onto a vegetal activated carbon from algerian olive waste: A sustainable photocatalyst for degradation of ethyl violet dye. *International Journal of Photoenergy*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4714107>
- Aminullah, M. W., Setiawan, H., Huda, A., Samaulah, H., Haryati, S., & Bustan, M. D. (2019). Pengaruh Komposisi Material Semikonduktor Dalam Menurunkan Energi Band Gap dan Terhadap Konversi Gelombang Mikro. *Jurnal EECCIS*, 13(2), 65–70.
- Aworn, A., Thiravetyan, P., & Nakbanpote, W. (2008). Preparation and characteristics of agricultural waste activated carbon by physical activation having micro- and mesopores. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 82, 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2008.04.007>
- Desta, V. (2017). Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit sebagai Penyangga pada Katalis Cu/Zn/Karbon Aktif untuk Konversi SYGAS (H_2/CO) Menjadi Metanol. *Skripsi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah*.
- Dhamayanti, Y., Wijaya, K., & Tahir, I. (2003). Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Fe_2O_3 -Montmorillonit dan Sinar Ultraviolet. *Prosiding Seminar Nasional DIES KE 50 FMIPA UGM*.
- Durri, S., & Sutanto, H. (2015). Karakterisasi Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO doping Al yang di Deposisi diatas Kaca dengan Metode Sol-Gel Teknik Spray-Coating. XIX, 38–40
- Fanani, N., & Ulfindrayani, I. F. (2019). Synthesis of Activated Carbon (AC) from Bamboo Waste as A Support of Zinc Oxide (ZnO) Catalyst. *Konversi*, 8(2), 108–112.

- Ginting, B. S. O., Tarigan, B. D., & Hindryawati, N. (2017). Impregnasi Natrium Hidroksida pada Karbon Aktif Cangkang Jengkol sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*, 143–147.
- Meisrilestari, Y., Khomaini, R., & Wijayanti, H. (2013). Pembuatan Arang Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia, dan Fisika-Kimia. *Jurnal Konversi*, 2(1), 45–50
- Mohamed, R. M., & Aazam, E. S. (2012). Enhancement of photocatalytic activity of ZnO–SiO₂ by nano-sized Ag for visible photocatalytic reduction of Hg (II). *Desalination and Water Treatment*, 50(1-3), 140–146.
- Munnik, P., Jongh, P. E. De, & Jong, K. P. De. (2014). Recent Developments in the Synthesis of Supported Catalysts.
- Murti, S. 2008. Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom. *Skripsi Universitas Indonesia*.
- Naimah, S., A, S. A., Jati, B. N., Nur, N., & Arianita, C. (2014). Degradasi Zat Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Nanokomposit TiO₂-Zeolit. *Jurnal Kimia Kemasan*, 36.
- Rabia, J., Muhammad, U., Saira, T., & Zia, M. 2016. Effect of Capping Agents : Structural , Optical and Biological Properties of ZnO Nanoparticles. *Applied Surface Science*. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.06.042>
- Sandi, A. P., & Astuti. (2014). Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H₃PO₄ terhadap Struktur dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*). *Jurnal Fisika Unand*, 3(2), 115–120.
- Sanjaya, H., Pinta, R., & Ningsih, S. K. W. 2017. Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis ZnO-PEG dengan Metode Fotosonolisis. *Jurnal Eksakta*, 18(2).
- Saraswati, I. G. A. A., Diantariani, N. P., & Surya, P. 2015. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red dengan Fotokatalis ZnO-arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (UV). *Jurnal Kimia*, 9(2).
- Varughese, G., Jithin, P. W., & Usha, K. T. (2015). Determination of optical band gap energy of wurtzite ZnO: Ce nanocrystallites. *Physical Science International Journal*, 5(2), 146
- Zhafirah, A. (2019). Studi Struktur Kristal, Morfologi, Dan Sifat Optik Film Tipis ZnO Doping Mg Yang Dideposisikan Dengan Metode Sol-Gel Spin Coating. *Skripsi Universitas Negeri Semarang*.