

**SINTESIS KOMPOSIT KITOSAN-Fe₃O₄ BEADS DARI SISIK
IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) DAN LIMBAH PASIR
ZIRKON SERTA UJI KATALIS FOTO-FENTON ZAT WARNA
METILEN BIRU**

SKRIPSI



**OLEH
ABED NEGO PURBA
223010902003**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2026**

**SINTESIS KOMPOSIT KITOSAN-Fe₃O₄ BEADS DARI SISIK
IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*) DAN LIMBAH PASIR
ZIRKON SERTA UJI AKTIVITAS FOTO-FENTON PADA
METILEN BIRU**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**OLEH
ABED NEGO PURBA
223010902003**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALA**

PERNYATAAN ORIGINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul sintesis komposit kitosan- Fe_3O_4 beads dari sisik ikan nila (*oreochromis niloticus*) dan limbah pasir zirkon serta uji aktivitas foto-Fenton pada metilen biru adalah karya saya sendiri yang dibuat dengan arahan dari dosen pembimbing. Semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk dalam skripsi ini telah saya nyatakan dengan benar. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada universitas palangka raya.

Palangka Raya, 09 Juni 2026

Nama : Abed Nego Purba

NIM : 223010902003

Tanggal : 09 Juni 2026

Tanda Tangan :



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Sintesis Komposit Kitosan-Fe₃O₄ Beads Dari Sisik Ikan Nila
(*Oreochromis Niloticus*) Dan Limbah Pasir Zirkon Serta Uji
Aktivitas Foto-Fenton Pada Metilen Biru

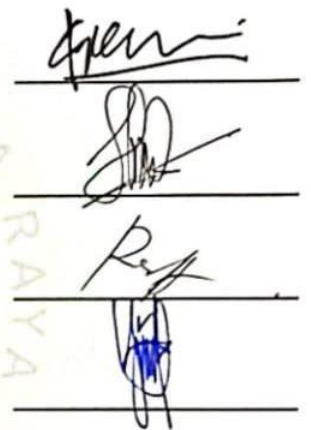
Nama : Abed Nego Purba

NIM : 223010902003

Palangka Raya, 09 Juni 2026

Disetujui Oleh

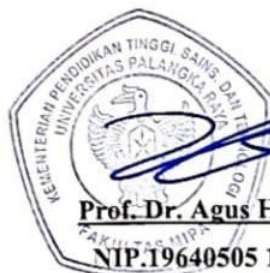
1. Pembimbing I : Ir. Erwin Prasetya Toepak, M.Si
2. Pembimbing II : Marvin Horale Pasaribu S.Si., M.Si
3. Penguji I : Rasidah S.Pd., M.Si
4. Penguji II : Zimon Pereiz S.Si., M.Si



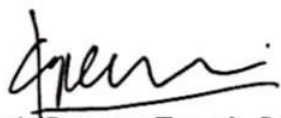
Diketahui Oleh

Dekan FMIPA

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Agus Harvono, M.Si
NIP.19640505 198903 1 003



Ir. Erwin Prasetya Toepak, S.Si., M.Si
NIP. 19910617 201903 1 016

Nama : Abed Nego Purba

Program Studi : Kimia

Pembimbing 1 : Ir. Erwin Prasetya Toepak, S.Si., M.Si.

Pembimbing 2 : Marvin Horale Pasaribu, S.Si., M.Si

Judul Skripsi : Sintesis Komposit Kitosan-Fe₃O₄ *Beads* Dari Sisik Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dan Limbah Pasir Zirkon Serta Uji Aktivitas Foto-Fenton Pada Metilen Biru

ABSTRAK

Pencemaran air oleh zat warna metilen biru merupakan masalah lingkungan yang serius karena sulit terdegradasi secara alami. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan limbah sisik ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dan limbah magnetik pasir zirkon sebagai bahan dasar sintesis komposit *beads* kitosan-Fe₃O₄ untuk katalis foto-Fenton dalam degradasi metilen biru. Kitosan disintesis melalui tahap deproteinasi, demineralisasi, depigmentasi, dan deasetilasi dengan rendemen 3,3%. Hasil FTIR menunjukkan perubahan struktur kimia yang ditandai dengan munculnya gugus amina bebas pada unit β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glukosamin. Pada komposit kitosan-Fe₃O₄, pita serapan Fe-O pada 560-580 cm⁻¹ mengonfirmasi keberadaan magnetit serta adanya interaksi antara Fe₃O₄ dengan gugus amina dan hidroksil kitosan. Analisis XRD menunjukkan puncak khas Fe₃O₄ pada 2θ sekitar 30,22°; 35,58°; dan 43,18° sesuai bidang (220), (311), dan (400). Pada komposit, puncak Fe₃O₄ masih teramati pada 30,85°; 35,15°; dan 42,80°, serta muncul puncak kitosan pada 21,13°, yang menandakan terbentuknya komposit. Hasil SEM menunjukkan permukaan komposit kasar dan berpori dengan distribusi partikel Fe₃O₄ dalam matriks kitosan. Pada tahap adsorpsi yang paling tinggi adalah pada 2:1 dengan nilai C/Co nya 0,3850 pada tahap foto-Fenton Nilai yang paling bagus adalah pada 1:1 dengan nilai akhir C/Co sebesar 0,0495 pada 1,5ml H₂O₂. Hasil ini menunjukkan bahwa komposit kitosan-Fe₃O₄ efektif, stabil, dan mudah dipisahkan secara magnetik untuk pengolahan limbah cair.

Kata Kunci: metilen biru; foto-Fenton; limbah, *beads*; kitosan-Fe₃O₄

Name : Abed Nego Purba
Study Program : Chemistry
Supervisor 1 : Ir. Erwin Prasetya Toepak, S.Si., M.Si.
Supervisor 2 : Marvin Horale Pasaribu, S.Si., M.Si
Title of Thesis : Synthesis of Chitosan-Fe₃O₄ Composite *Beads* from Tilapia Fish Scales (*Oreochromis niloticus*) and Zircon Sand Waste and Their Photo-Fenton Activity toward Methylene Blue

ABSTRACT

Water contamination by methylene blue dye constitutes a significant environmental concern due to its recalcitrance to natural degradation processes. This study investigates the valorization of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish scale waste and magnetic zircon sand for the synthesis of chitosan-Fe₃O₄ composite *beads*, which function as photo-Fenton catalysts for methylene blue degradation. Chitosan was prepared via sequential deproteinization, demineralization, depigmentation, and deacetylation, resulting in a yield of 3.3%. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) analysis revealed characteristic modifications in chemical structure, notably the appearance of free amine groups on the β -(1 $\rightarrow$ 4)-D-glucosamine moiety. In the chitosan-Fe₃O₄ composite, Fe–O absorption bands at 560–580 cm⁻¹ confirmed the presence of magnetite and interactions between Fe₃O₄ and the amine and hydroxyl functionalities of chitosan. X-ray diffraction (XRD) data exhibited signature Fe₃O₄ reflections at $2\theta \approx 30.22^\circ$, 35.58° , and 43.18° , corresponding to the (220), (311), and (400) planes. In the composite, Fe₃O₄ peaks persisted at 30.85° , 35.15° , and 42.80° , alongside a chitosan peak at 21.13° , confirming composite formation. Scanning Electron Microscopy (SEM) highlighted a rough, porous composite morphology with Fe₃O₄ particles well-dispersed in the chitosan matrix. The optimal adsorption performance was achieved at a 2:1 ratio, yielding a C/Co value of 0.3850, whereas the most effective photo-Fenton degradation occurred at a 1:1 ratio, with a final C/Co of 0.0495 using 1.5 mL H₂O₂. These findings establish the chitosan-Fe₃O₄ composite as an efficient, stable, and magnetically recoverable material for aqueous waste remediation.

Keywords: methylene blue; photo-Fenton; waste; beads; chitosan-Fe₃O₄

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul " Sintesis komposit kitosan- Fe_3O_4 beads dari sisik ikan nila (*oreochromis niloticus*) dan limbah pasir zirkon serta uji aktivitas foto-Fenton pada metilen biru

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada bapak Ir. Erwin Prasetya Toepak, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I dan bapak Marvin Horale Pasaribu S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II serta semua pihak yang turut membantu menyusun dan memberikan bimbingan, arahan, saran, nasihat, dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agus Haryono M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Ir. Erwin Prasetya Toepak, selaku Ketua Program Studi kimia Universitas Palangka Raya.
3. Ibu Dwi Hermayatni S.Si., M.Si selaku Kepala Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Palangka Raya
4. Saya juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. Erwin Prasetyo, S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing saya yang telah membimbing, mengarahkan, selama proses penelitian ini hingga penelitian ini dapat saya selesaikan dengan baik..
5. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Marvin Horale Pasaribu S.Si., M.Si selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing saya selama proses penyusunan penelitian ini
6. Saya Juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Rasidah S.Pd., M.Sc dan juga bapak Zimon Pereiz S.Si., M.Sc selaku dosen penguji saya selama penelitian ini berjalan
7. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen dan seluruh staf prodi kimia yang telah memberikan ilmu kepada saya selama perkuliahan berlangsung.

8. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua saya bapak Rohalim purba dan ibu Hotma Uhur Damanik yang sudah mendoakan dan mendukung saya.
9. Saya juga mengucapkan kepada saudara/saudari saya Ramhot Mager Purba, Rado Bettrio Purba, Rosa Purba atas dukungan dan semangat yang telah diberikan .

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan penelitian ini ke depannya.

Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menjadi kontribusi ilmiah dalam pengembangan material berbasis *Beads* kitosan-Fe₃O₄ dalam aplikasi degradasi zat warna metilen biru.

Palangka raya, 09 Juni 2026

Penulis



Abed Nego Purba

223010902003

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN ORIGINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA.....	Error!
Bookmark not defined.	
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ikan Nila.....	5
2.2 Kitin-Kitosan	6
2.3 Rendemen dan Derajat Deasetilasi Kitosan.....	9
2.4 Limbah Magnetik Pasir Zirkon	10
2.5 <i>Beads</i> dan komposit Kitosan-Fe ₃ O ₄	13
2.6 Foto-Fenton	15
2.7 Metilen Biru	16
2.8 Spektrofotometer UV–Vis (<i>Ultraviolet–Visible Spectrophotometer</i>)	18
2.9 FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	19
2.10 XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	21
2.11 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Waktu dan Tempat	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.3 Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1 Preparasi sampel sisik ikan Nila	24
3.3.2 Sintesis Kitosan	24
3.3.3 Sintesis Fe ₃ O ₄ Dari limbah magnetik Pasir Zirkon	26
3.3.4 Pembuatan <i>Beads</i> Kitosan-Fe ₃ O ₄	26
3.3.5 Uji Karakterisasi	26
3.3.6 Pembuatan Larutan Standar Metilen Biru	27
3.3.7 Uji Foto Katalis	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	28

4.1	Preparasi Sampel sisik Ikan Nila	29
4.2	Sintesis Kitosan Sisik Ikan Nila	30
4.2.1	Deproteinasi	30
4.2.2	Demineralisasi	31
4.2.3	Depigmentasi	32
4.2.4	Deasetilasi	34
4.3	Sintesis Fe_3O_4	36
4.4	Pembuatan <i>Beads</i> Kitosan - Fe_3O_4	38
4.5	UJI KARAKTERISASI	43
4.5.1	FTIR (<i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i>)	43
4.5.2	Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	46
4.5.3	SEM (<i>Scanning Electron Microscopy</i>)	48
4.6	Uji Foto Fenton	50
4.6.1	Variasi Material Katalis	50
4.6.2	Variasi Kondisi Reaksi Foto-Fenton	56
4.6.3	Variasi volume H_2O_2	57
BAB V KESIMPILAN DAN SARAN		60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN		69

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Rendemen sintesis sisik ikan nila.....	35
Tabel 4. 2 Bilangan Gelombang Gugus Fungsi FTIR kitosan, kitosan-Fe ₃ O ₄ <i>Beads</i> , Fe ₃ O ₄	45
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Adsorpsi dan Foto-Fenton Metilen Biru Menggunakan Katalis Kitosan-Fe ₃ O ₄	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 (A) sisik ikan nila (b) sisik ikan nila yang sudah di haluskan	30
Gambar 4. 2 Kitin Hasil Dipegmentasi	33
Gambar 4. 3 (A) Kitosan dan (B) stuktur Kitosan (Setiawan <i>et al.</i> , 2020).....	34
Gambar 4. 4 Fe_3O_4 hasil sintesis dari limbah magnetik pasir zirkon	38
Gambar 4. 5 Ilustrasi interaksi kordinasi kitosan- Fe_3O_4	39
Gambar 4. 6 Iustrasi interaksi hidrogen Fe_3O_4 dan gugus aktif pada kitosan.....	40
Gambar 4. 7 (A) kitosan- Fe_3O_4 <i>Beads</i> hasil sintesis dan (B) kitosan- Fe_3O_4 <i>Beads</i> saat didekatkan dengan magnet.....	42
Gambar 4. 8 Grafik FTIR Kitosan- Fe_3O_4 <i>Beads</i> , Kitosan, Kitin	43
Gambar 4. 9 Grafik Difraktogram XRD Sampel kitosan, Fe_3O_4 dan kitosan- Fe_3O_4 beads.....	47
Gambar 4. 10 Morfologi SEM dari sampel (A) Kitosan (B) Kitosan - Fe_3O_4 <i>beads</i> , dan (C) Kitosan - Fe_3O_4 <i>beads</i> Setelah Teradsorpsi Metilen Biru.....	49
Gambar 4. 11 Grafik uji komoponen kitosan dan Fe_3O_4	51
Gambar 4. 12 Grafik foto Degradasi Metilen biru Variasi Komposisi Kitosan- Fe_3O_4 <i>Beads</i> (A) 1:1 (B) 1:2 (c) 2:1(D) 1:3.....	53
Gambar 4. 13 Grafik pengaruh variasi keadaan	56
Gambar 4. 14 Variasi H_2O_2 0,5 ml, 1 ml, dan 1.5 ml.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan DD Kitin dan Kitosan	69
Lampiran 2. Tabel Variasi Material Katalis	70
Lampiran 3. Tabel variasi komponen.....	72
Lampiran 4. Tabel Pengaruh Variasi foto-Fenton (kitosan-Fe ₃ O ₄ <i>beads</i> 1:1)	73
Lampiran 5. Uji Variasi H ₂ O ₂ (kitosan-Fe ₃ O ₄ <i>beads</i> 1:1)	74
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian	70

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, T. E., Bustomi, A., & Manalaoon, J. (2016). Pengaruh konsentrasi TiO₂ dan konsentrasi limbah pada proses pengolahan limbah pewarna sintetik procion red dengan metode UV/Fenton/TiO₂. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(1), 65–72.
- AHDIATY, R. (2022). *Adsorpsi Anion Dalam Air Dengan Nanokomposit Magnetik Fe₃O₄/Karbon Aktif Anions Adsorption In Aqueous Solution With Magnetic Nanocomposite Fe₃O₄/Activated Carbon*.
- Azhari, D., & Tomaso, A. M. (2018). Kajian kualitas air dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang dibudidayakan dengan sistem akuaponik. *Akuatika Indonesia*, 3(2), 84–90.
- Cahyono, E. (2018). Karakteristik kitosan dari limbah cangkang udang windu (*Panaeus monodon*). *Akuatika Indonesia*, 3(2), 96–102.
- CHAERUNNISA, B. I. (2021). *Penentuan Logam Krom Total Pada Hasil Adsorpsi Dengan Kitosan Dan Kitosan Bead Secara Spektrofotometer Serapan Atom*.
- Choiriyah, A. R., Madjid, A. D. R., Yulianti, E., Mubasyiroh, M., Adi, T. K., Zulfikar, M. A., & Setiyanto, H. (2025). Sintesis dan Pemanfaatan Kitosan Berbasis Limbah Udang: Integrasi Etika Islam dan Sains dalam Pengembangan Bahan Ramah Lingkungan. *Es-Syajar: Journal of Islam, Science and Technology Integration*, 3(1), 297–321.
- Ciptawati, E., Dzikrulloh, M. H. A., Septiani, M. O., Rinata, V., Rokhim, D. A., Fauziyyah, N. A., & Sribuana, D. (2022). Analisis kandungan mineral dari lumpur panas sidoarjo sebagai potensi sumber silika dan arah pemanfaatannya. *Indonesian Journal of Chemical Analysis (IJCA)*, 5(1), 18–28.
- Citrowati, A. N., Satyantini, W. H., & Mahasri, G. (2017). Pengaruh kombinasi NaOH dan suhu berbeda terhadap nilai derajat deasetilasi kitosan dari cangkang kerang kampak (*Atrina pectinata*). *Journal of Aquaculture and Fish Health*, 6(2), 48–56.
- Dinira, L. (2022a). *Modifikasi Kitosan sebagai Komposit Biopolimer untuk Pemisahan Pb (II) dan Cd (II) secara Simultan pada Sistem Multikomponen*.
- Dinira, L. (2022b). *Modifikasi Kitosan sebagai Komposit Biopolimer untuk Pemisahan Pb (II) dan Cd (II) secara Simultan pada Sistem Multikomponen*.
- Dompeipen, E. J. (2017a). Isolasi dan identifikasi kitin dan kitosan dari kulit udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan spektroskopi inframerah. *Majalah Biam*, 13(01), 31–41.
- Dompeipen, E. J. (2017b). Isolasi dan identifikasi kitin dan kitosan dari kulit udang Windu (*Penaeus monodon*) dengan spektroskopi inframerah. *Majalah Biam*, 13(1), 31–41.
- Dompeipen, E. J., Kaimudin, M., & Dewa, R. P. (2016). Isolasi kitin dan kitosan dari limbah kulit udang. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 12(1), 32–39.
- Dompeipen, E. J., Riset, B., Standarisasi, D., Ambon, I., Kebun, J., & Ambon, C. (2017). *ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KITIN DAN*

- KITOSAN DARI KULIT UDANG WINDU (Penaeus monodon) DENGAN SPEKTROSKOPI INFRAMERAH ISOLATION AND IDENTIFICATION OF CHITIN AND CHITOSAN FROM WINDU SHRIMP (Penaeus monodon) WITH INFRARED SPECTROSCOPY.*
- El Ghandoor, H., Zidan, H. M., Khalil, M. M. H., & Ismail, M. I. M. (2012). Synthesis and some physical properties of magnetite (Fe₃O₄) nanoparticles. *International Journal of Electrochemical Science*, 7(6), 5734–5745.
- Elvina, W., Utami, R. T., Pardiansyah, D., & Yulfiperius, Y. (2022). Potensi limbah sisik ikan laut sebagai bahan kitosan dalam pembuatan bioplastik. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi Dan Budidaya Perairan*, 20(2), 451–458.
- Fatimah, S., Juharni, J., & Wahyuni, A. S. H. (2023). Green synthesis of Fe₃O₄ nanoparticles based on natural sand as methylene blue degradation by electrocoagulation method. *Positron*, 13(1), 86–94.
- Hakim, L., Dirgantara, M., & Nawir, M. (2019). Karakterisasi struktur material pasir bongkahan galian golongan c dengan menggunakan X-Ray Difraction (X-RD) di kota Palangkaraya. *Jurnal Jejaring Matematika Dan Sains*, 1(1), 44–51.
- Handarini, K., Prajudanti, A. A., Rahmiati, R., & Kusyairi, A. (2025a). Pengawet Alami Dari Berbagai Tanaman Indonesia Yang Diaplikasikan Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*): Studi Pustaka. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1), 95–108.
- Handarini, K., Prajudanti, A. A., Rahmiati, R., & Kusyairi, A. (2025b). Pengawet Alami Dari Berbagai Tanaman Indonesia Yang Diaplikasikan Pada Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*): Studi Pustaka. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(1), 95–108.
- Hardian, A., Putri, R. H., Budiman, S., & Syarif, D. G. (2021). Sintesis keramik komposit ZrO₂-ZnFe₂O₄ sebagai fotokatalis magnetik untuk degradasi metilen biru. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 17(1), 43–53.
- HERNITA, J. (2025). *SINTESIS DAN KARAKTERISASI PENGGABUNGAN NANOPARTIKEL KITOSAN-PLA DENGAN VARIASI KONSENTRASI NANOSELULOSA MENGGUNAKAN PELARUT ASAM ASETAT.*
- Hiola, F., Pakaya, M. S., & Akuba, J. (2021). Analisis Kadar Senyawa Rhodamin B Pada Sediaan Lipstik Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 3(2), 98–105.
- Indah, D. R. (2022). Adsorpsi Metilen Biru Menggunakan Karbon Baggase Tanpa Aktivasi. *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*, 9(1), 50–58.
- Jami, A., Nuri, H. L., & Subhiyah, H. (2021). Kajian Teknologi Instrumen untuk Analisis Plastik Sintilasi Berbasis Polistirena. *PRIMA-Aplikasi Dan Rekayasa Dalam Bidang Iptek Nuklir*, 18(2), 1–7.
- Kanani, N., Wardhono, E. Y., Adiwibowo, M. T., Pinem, M. P., Wardalia, W., Demustila, H., Farhan, M., & Anwari, R. (2023). Ekstraksi Kitosan Berbasis Cangkang Keong Mas (*Pomacea canaliculata*) Menggunakan Gelombang Ultrasonikasi. *Jurnal Integrasi Proses*, 12(2), 73–80.

- Kedang, Y. I., Oktavianawati, I., & Tea, M. T. D. (2024). Utilization of Windu Shrimp Shell Waste from Malaka-NTT for Chitosan Synthesis: Characterization Study and Application Potential. *BERKALA SAINSTEK*, 12(4), 157–163.
- Kristanty, R. E., Suriawati, J., & Iswandana, R. (2025). Isolation and Characterization of Chitosan from Tilapia Fish Scale (*Oreochromis niloticus*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1482(1), 012029.
- Kristiningsih, A., Wittriansyah, K., Hastuti, H. D., & Sodikin, J. (2024). Karakteristik Fisik Bioplastik Kitosan Dengan penambahan Selulosa Kulit Nipah (*Nypa fruticans*). *Journal of Marine Research*, 13(4), 721–730.
- Lare, T., Hirpaye, B. Y., Eeranna, B. C., & Srinivasan, B. (2022). Extraction and characterization of chitin and chitosan from Nile tilapia scale in Lake Chamo, Arba Minch and their application in clarification of apple juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(12), e17194.
- Leha, M. A. (2013). Pengembangan Alat Produksi Kitin dan Kitosan dari Limbah Udang. *Indonesian Journal of Industrial Research*, 9(2), 58–64.
- Lesi, W. S., Ali, M., & Rosariawari, F. (2020a). Proses foto Fenton dalam reaktor resirkulasi untuk menyisahkan beban pencemar pada lindi. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(1).
- Lesi, W. S., Ali, M., & Rosariawari, F. (2020b). Proses foto Fenton dalam reaktor resirkulasi untuk menyisahkan beban pencemar pada lindi. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(1).
- Lestari, I., Prasetyo, E., & Gusti, D. R. (2021). Penggunaan karbon aktif magnetit-Fe₃O₄ sebagai penyerap zat warna remazol yellow. *Jurnal Bio-Geo Material Dan Energi*, 1(1), 29–37.
- Lisdiana, A. (2014). *Sintesis Dan Karakterisasi Kompleks Fe (II) Dengan Para-Aminobenzoic Acid (PABA) Sebagai Antibakteri*.
- Liza Yudistira Yusan, L. (2024). Nanopartikel Kitosan Limbah Cangkang Rajungan (*Portunus pelagicus*.) Terhadap Aktivitas Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* pada Pasien Gangren. Scopindo Media Pustaka.
- Madjid, A. D. R., Nitsae, M., & Sabarudin, A. (2018). Perbandingan Butiran Kitosan dengan Pengikat Silang Epiklorohidrin (ECH) dan Glutaraldehid (GLA): Karakterisasi dan Kemampuan Adsorpsi Timbal (Pb). *ALCHEMY: Journal of Chemistry*, 6(1), 29–37.
- Mardila, V. T., Sabarudin, A., & Santjojo, D. J. D. H. (2016). Pembuatan Nanopartikel Kitosan-Fe₃O₄ secara Ko-Presipitasi In-Situ Menggunakan Tripolyphosphate/Sitrat sebagai Crosslinker dan Karakterisasinya Menggunakan XRD. *Natural B*, 3(3), 205–212.
- Maryudi, M., Aktawan, A., & Amelia, S. (2021). Pengolahan limbah pewarna metilen biru menggunakan arang aktif dan zeolit aktif dengan katalis Fe dan oksidator hidrogen peroksida. *Jurnal Riset Kimia*, 12(2).
- Mashuni, M., Ritonga, H., Jahiding, M., & Hamid, F. H. (2022). Sintesis Kitosan dari Kulit Udang sebagai Bahan Membran Elektrode Au/Kitosan/GTA/ACHe untuk Deteksi Pestisida. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 18(1), 112–121.

- Mudrikah, S., Hidayah, H., Amelia, T., & Helsen, H. (2024a). Perbandingan Metode Analisis Instrumen HPLC dan Spektrofotometer UV-VIS. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(13), 377–386.
- Mudrikah, S., Hidayah, H., Amelia, T., & Helsen, H. (2024b). Perbandingan Metode Analisis Instrumen HPLC dan Spektrofotometer UV-VIS. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(13), 377–386.
- Muljani, S., Kusuma, K. A., Nofitasari, L., Amalia, A. R., & Hapsari, N. (2018). Sintesis Membran Kitosan Silika Dari Geothermal Sludge. *Jurnal Teknik Kimia*, 13(1), 22–26.
- Mustafa, M. A., Setiady, D., & Kamiludin, U. (2017). Keterdapatan pasirbesi di Pantai Beo dan sekitarnya, Kepulauan Talaud Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Geologi Kelautan*, 14(2).
- Nugroho, I., Putri, N., Adji, J. E. P., Nur, S. R., & Sekarningrum, N. A. (2024). Tinjauan Kritis Kemampuan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) dalam Analisis dan Karakterisasi Senyawa Obat. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(15), 332–344.
- Nurfirzatulloh, I., Insani, M., Shafira, R. A., & Abriyani, E. (2023). Literature Review Article: Identifikasi Gugus Fungsi Tanin Pada Beberapa Tumbuhan Dengan Instrumen Ftir. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(4), 201–209.
- Pasaribu, M. H., Karelius, K., Agnestisia, R., Toepak, E. P., & Pereiz, Z. (2024). POTENTIAL OF MAGNETITE (Fe₃O₄) SYNTHESIZED FROM ZIRCON SAND WASTE AS METHYLENE BLUE DYE ADSORBENT. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 9(2), 98–107.
- Pasaribu, M. H., Karelius, K., Ramdhani, E. P., Agnestisia, R., Pereiz, Z., & Toepak, E. P. (2023a). Synthesis of Mil-100 (Fe)₃O₄ Composite using Zircon Mining Magnetic Waste as an Adsorbent for Methylene Blue Dye. *BIO Web of Conferences*, 70, 02010.
- Pasaribu, M. H., Karelius, K., Ramdhani, E. P., Agnestisia, R., Pereiz, Z., & Toepak, E. P. (2023b). Synthesis of Mil-100(Fe)₃O₄ Composite using Zircon Mining Magnetic Waste as an Adsorbent for Methylene Blue Dye. *BIO Web of Conferences*, 70. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237002010>
- Pertiwi, R. M., Nurilmala, M., Nurjanah, N., & Nurhayati, T. (2025). Karakteristik sisik ikan nila merah sebagai bahan baku kolagen: Characteristics of red tilapia fish scales as raw materials for the collagen industry. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(6), 546–558.
- Pratiwi, D. I., & Purwanti, A. (2021). PEMBUATAN KITOSAN DARI LIMBAH SISIK IKAN (Variabel Suhu Ekstaksi dan Volume NaOH). *Jurnal Inovasi Proses*, 6(1), 13–19.
- Rahmi, K., Indra, Muhammad, B., & Ilfa, H. P. (2022). *Scanning Electron Microscope (SEM) TM 3000: Teori Dan Aplikasinya* (A. Hasnah, Ed.; 1st ed., Vol. 1). PT. Pena Persada Kerta Utama.
- Randrikasari, O., Oktariani, P., & Islamiyah, N. (2025). Strengthening Indonesia's Nickel Downstream Industry through Green Energy-Based Smelter Technology. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Pertambangan*, 2(1), 35–46.

- RISTIYANI, M. (2022). *Sintesis Prototipe Produk Zirkonil Klorida Lokal Derajat Industri*.
- Rohmatun, D. R. S. N. (2007). Studi Penurunan Kandungan Besi Organik dalam Air Tanah dengan Oksidasi H₂O₂-UV. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 39(1–2).
- Rosiqin, M. M. A., Ganda, A. N. F., & Puspitasari, D. (2025). STUDI MIKROSTRUKTUR SERBUK NANO KARBON HASIL PROSES BALL MILLING DENGAN METODE (SCANNING ELECTRON MICROSCOPY) SEM. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(03), 620–627.
- Sabzi Dizajyekan, B., Jafari, A., Vafaie-Sefti, M., Saber, R., & Fakhroueian, Z. (2024). Preparation of stable colloidal dispersion of surface modified Fe₃O₄ nanoparticles for magnetic heating applications. *Scientific Reports*, 14(1), 1296.
- Saffruddin, S., Amini, A., Ubaidillah, A. R., Septiana, B. I., Elistiani, E., Lana, E. S., Hartini, H. L., Dewi, N. W. A. P., Jumiaty, N., & Hasanah, R. (2022). PENGOLAHAN IKAN NILA MENJADI ABON IKAN DAN KERUPUK TULANG IKAN DI DESA LINGSA KECAMATA LINGSAR KABUPATEN LOMBOK BARAT. *Jurnal Pendidikan Dan Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 103–110.
- Sahdiah, H., & Kurniawan, R. (2023). Optimasi Tegangan Akselerasi pada Scanning Electron Microscope–Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (SEM-EDX) untuk Pengamatan Morfologi Sampel Biologi. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 6(2), 117–123.
- Sahumena, M. H., Ruslin, R., Asriyanti, A., & Djuwarno, E. N. (2020). Identifikasi jamu yang beredar di kota Kendari menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 2(2), 65–72.
- Santoso, H. (2018). Kajian Morfologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Dalam Habitat Air Tawar dan Air Payau: Fish Morfology Study of Nila (*Oreochromis niloticus*) in the Habitat of Fresh and Brackish Water. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, 3(3), 10–17.
- Sari, D. P., & Abdiani, I. M. (2015). Pemafaatan kulit udang dan cangkang kepiting sebagai bahan baku kitosan. *Jurnal Harpodon Borneo*, 8(2).
- Sartifa, W. O., Harimu, L., & Mulyana, W. O. (2022). *Variasi Konsentrasi Asam Klorida (HCl) dan Lama Perendaman Slag Nikel Dalam Proses Leaching Serta Variasi Volume NH₄OH untuk Mengendapkan Besi (Fe)*.
- Setiati, R., Siregar, S., Wahyuningrum, D., & Fathaddin, M. T. (2021). Potensi keberhasilan kulit udang sebagai bahan dasar polimer kitosan: studi literatur. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 156–164.
- Setiawan, N., Sarofah, U., & Priyanto, A. D. (2020a). Efektivitas kitosan cangkang keong mas (*Pomacea canaliculata*) terhadap penurunan logam timbal (Pb) kerang darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 4(2), 197–207.
- Setiawan, N., Sarofah, U., & Priyanto, A. D. (2020b). Efektivitas kitosan cangkang keong mas (*Pomacea canaliculata*) terhadap penurunan logam timbal (Pb) kerang darah (*Anadara granosa*). *Jurnal Ilmu Pangan Dan Hasil Pertanian*, 4(2), 197–207.

- Silalahi, A. M., Fadholah, A., & Artanti, L. O. (2020). Isolasi dan identifikasi kitin dan kitosan dari cangkang susuh kura (*Sulcospira testudinaria*). *Pharmaceutical Journal of Islamic Pharmacy*, 4(1), 1–9.
- Situmorang, R. F. (2017). *Pengolahan Air Menggunakan Adsorben Magnetik Kitosan*. DOI.
- Sugesti, U. (2018). *Pembuatan Dan Karakterisasi Zno/Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit Teraktivasi Zncl₂ Menggunakan Metode Hidrotermal Untuk Penjerapan Fenol*.
- Sujatno, A., Salam, R., Bandriyana, B., & Dimiyati, A. (2015). Studi scanning electron microscopy (SEM) untuk karakterisasi proses oksidasi paduan zirkonium. *Urnal Forum Nuklir (JFN)*, 9(1), 44–50.
- Suprihatin, I. E., Suat, R. M., & Negara, I. M. S. (2022). Fotodegradasi Zat Warna Methylene Blue dengan Sinar UV dan Fotokatalis Nanopartikel Perak. *Jurnal Kimia*, 16(2), 168–173.
- Suryani, S., Rihayat, T., Fitria, F., & Safitri, A. (2022). Pembuatan Bioplastik Ramah Lingkungan Berbasis Pla-Pcl Dengan Composite Catechin Dan Kitosan Sebagai Bahan Baru Pengganti Plastik Berbasis Petroleum. *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*, 20(01).
- Tia Deka, P., & Tinggi Ilmu Kesehatan Delima Persada Gresik, S. (2019). Artikel Penelitian. *Journal of Pharmacy and Science*, 4(2).
- Utami, R. T., Elvina, W., Pardiansyah, D., & Yulfiperius, Y. (2023). Pemanfaatan Limbah Sisik Ikan Nila dan Ikan Kakap Merah sebagai Kitosan. *Jurnal Akuakultur Sungai Dan Danau*, 8(2), 142–146.
- WAHYUDI, A. C. H. A. (2021). *Karakterisasi Komposit TiO₂ Karbon Aktif Tandan Pisang Menggunakan FTIR Dan SEM-EDX*.
- Wibowo, A. (2020). *Tinjauan Naratif: Validitas Metode Spektrofotometri UV-Vis Derivatif Zero Crossing dalam Analisis Multikomponen Senyawa Obat pada Sediaan Farmasi*.
- Widiyanto, W., Uju, U., & Nurilmala, M. (2022). Karakteristik kolagen dari kulit dan sisik ikan coklatan, swanggi, dan kurisi sebagai bahan gelatin. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(3), 512–527.
- Wulandari, I. O., Santjojo, D., Shobirin, R. A., & Sabarudin, A. (2017). Characteristics and magnetic properties of chitosan-coated Fe₃O₄ nanoparticles prepared by ex-situ co-precipitation method. *Rasayan J. Chem*, 10(4), 1348–1358.
- Zahrattunnisa, Z., Azizah, N., Husain, S., & Haryanti, N. H. (2025). Karakterisasi Struktural dan Fungsional Komposit Fe₃O₄@ C dari Bahan Alam dengan Variasi Rasio untuk Aplikasi Adsorpsi Zat Warna. *Jurnal Natural Scientiae*, 5(1).
- Zannah, M. (2020a). *Isoterm Adsorpsi Metilen Biru oleh Biochar dari Kulit Singkong (Manihot esculenta crantz) yang Dimodifikasi Menggunakan Magnetit (Fe₃O₄)*.
- Zannah, M. (2020b). *Isoterm adsorpsi metilen biru oleh biochar dari kulit singkong (Manihot Esculenta Crantz) yang dimodifikasi menggunakan magnetit (Fe₃O₄)*.
- Zukhri, M. F., Dewi, P. E. D. P. E., Widiyanto, J. E. W. J. E., & Masruroh, S. M. S. (2025). Ekstraksi Kitin Dan Kitosan Tulang Sotong Menggunakan

Teknologi Microwave. *Jurnal Mahasiswa: Jurnal Ilmiah Penalaran Dan Penelitian Mahasiswa*, 7(01), 40–56.

