

**SINTESIS KOMPOSIT KITOSAN- Al_2O_3 DENGAN METODE SOL-GEL
DAN APLIKASINYA PADA FOTODEGRADASI METILEN BIRU**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Bidang Studi Kimia**



Oleh:

Ipro Hati Padillah

08031381722085

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**SINTESIS KOMPOSIT KITOSAN- Al_2O_3 DENGAN METODE SOL-GEL
DAN APLIKASINYA PADA FOTODEGRADASI METILEN BIRU**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

Ipro Hati Padillah
08031381722085

Indralaya, 17 Februari 2022

PEMBIMBING I



Dr. Muhammad Said, M.T
NIP. 197407212001121001

PEMBIMBING II



Dr. Desnelli, M.Si
NIP. 196912251997022001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “Sintesis Komposit Kitosan- Al_2O_3 dengan Metode Sol-gel dan Aplikasinya Pada Fotodegradasi Metilen Biru” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Februari 2022 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang telah diberikan.

Indralaya, 17 Februari 2022

Ketua :

1. **Dr. Muhammad Said, M.T**
NIP : 197407212001121001

()

Anggota :

2. **Dr. Desnelli, M.Si**
NIP : 196912251997022001

()

3. **Dr. Addy Rachmat, M.Si**
NIP : 197409282000121001

()

4. **Prof. Dr. Elfita, M.Si**
NIP : 196808271994022001

()

5. **Widia Purwaningrum, M.Si**
NIP : 197304031999032001

()


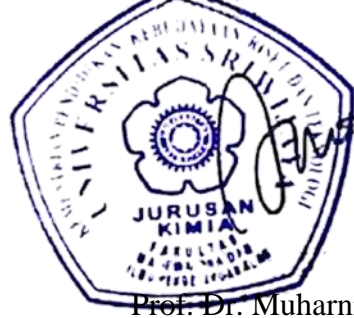
Mengetahui,

Dekan FMIPA




Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197111191997021001

Ketua Jurusan Kimia

Prof. Dr. Muharni, M.Si
NIP. 196903041994122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Ipro Hati Padillah
NIM : 08031381722085
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain. Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 17 Februari 2022

Penulis



Ipro Hati Padillah

NIM. 08031381722085

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Ipro Hati Padillah

NIM : 08031381722085

Fakultas/Jurusan : MIPA/Kimia

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Sintesis Komposit Kitosan- Al_2O_3 dengan Metode Sol-gel dan Aplikasinya Pada Fotodegradasi Metilen Biru”. Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak untuk menyimpan, mengalih, edit/memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikianlah surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, 17 Februari 2022

Penulis



Ipro Hati Padillah
NIM. 08031381722085

SUMARRY

SYNTHESIS OF CHITOSAN- Al_2O_3 COMPOSITES BY THE SOL-GEL METHOD AND THE APPLICATION AS PHOTODEGRADATION METHYLENE BLUE

Ipro Hati Padillah : Supervised by Dr. Muhammad Said, M.T.
and Dr. Desnelli, M.Si.

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Sriwijaya University

xviii + 72 pages, 8 pictures, 4 tabels, 20 attachments

The research entitled synthesis of chitosan- Al_2O_3 composites by the sol-gel method and the application as photodegradastion methylene blue has been carried out. The study aims to determine the ability of chitosan- Al_2O_3 composites in degrading methylene blue. The photodegradation process was carried out with several variables including the influence of pH, contact time and initial concentration of methylene blue. Chitosan- Al_2O_3 varied by mass ratios (1:1), (1:2) and (1:3). The product were characterized using XRD and UV-DRS. Chitosan- Al_2O_3 ratio (1:1) were characterized by SEM-EDS and used as a photocatalyst to degrade methylene blue.

XRD characterization of chitosan- Al_2O_3 (1:1), showed the formation of chitosan peaks at angles of $2\theta = 20.376^\circ$ and based on JCPDS card no. 00-010-0425, Al_2O_3 peaks at angles of $2\theta = 45.2$ and 66.5° . UV-DRS characterization, the band gap energy is 1,35 eV. The morphological condition by SEM of Chitosan- Al_2O_3 (1:1) showed a spherical shape with a small size, and a porous surface the constituent elements C (4.93%), O (33.31%), Na (13.92%), Al (45.59%) dan Zn (2.24%). The optimum conditions for photodegradation were obtained at pH 10, contact time of 200 minutes and concentration of 20 ppm with a percentage of degradation effectiveness of 79,35%.

Keyword : Composites, Chitosan- Al_2O_3 , Photodegradation, methylene blue,
 H_2O_2

Citation : 56 (1985-2021)

RINGKASAN

SINTESIS KOMPOSIT KITOSAN- Al_2O_3 DENGAN METODE SOL-GEL DAN APLIKASINYA PADA FOTODEGRADASI METILEN BIRU

Ipro Hati Padillah : Dibimbing oleh Dr. Muhammad Said, M.T.
and Dr. Desnelli, M.Si.

Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya
xviii + 72 halaman, 8 gambar, 4 tabel, 20 lampiran

Penelitian yang berjudul sintesis komposit kitosan- Al_2O_3 menggunakan metode sol-gel dan aplikasinya pada degradasi metilen biru telah dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan komposit Kitosan- Al_2O_3 dalam mendegradasi metilen biru. Proses fotodegradasi metilen biru dilakukan dengan beberapa variabel diantaranya pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi awal zat warna metilen biru. Komposit Kitosan- Al_2O_3 dibuat dengan perbandingan massa (1:1), (1:2) dan (1:3). Produk dikarakterisasi menggunakan XRD dan UV-DRS. Material dengan perbandingan (1:1) dipilih untuk dikarakterisasi menggunakan SEM-EDS dan digunakan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi metilen biru.

Hasil karakterisasi XRD komposit kitosan- Al_2O_3 (1:1) menunjukkan terbentuknya puncak khas kitosan pada sudut $2\theta = 20,376^\circ$ dan berdasarkan data JCPDS no. 00-010-0425, puncak khas Al_2O_3 pada sudut $2\theta = 45,2$ dan $66,5^\circ$. Hasil karakterisasi UV-DRS komposit kitosan- Al_2O_3 (1:1) menunjukkan nilai celah pita energi 1,35 eV. Morfologi komposit kitosan- Al_2O_3 (1:1) berbentuk bulat dengan ukuran yang kecil, serta permukaan yang berpori dengan komposisi unsur penyusun C (4,93%), O (33,31%), Na (13,92%), Al (45,59%) dan Zn (2,24%). Kondisi optimum fotodegradasi diperoleh pada pH 10, waktu kontak 200 menit dan konsentrasi 20 ppm dengan persen efektivitas degradasi sebesar 79,35%.

Kata kunci : Komposit, Kitosan- Al_2O_3 , Fotodegradasi, Metilen biru, H_2O_2
Sitasi : 56 (1985-2021)

HALAMAN PERSEMBAHAN

“Raihlah Ilmu dan untuk meraih ilmu belajarlah tenang dan sabar.”

- Umar Bin Khattab -

“Angin tidak berhembus untuk menggoyangkan pepohonan, melainkan menguji kekuatan akarnya.”

- Ali bin Abi Thalib -

“When you’re struggling and feel alone, listen to this song. Look forward to this melody you liked, the voice that will flow out of the radio. The only thing I can do is to sing the lyrics of this song. Even if things are hard, it’s okay. Everything will be okay. I believe in you”

- BTOB -

Skripsi ini sebagai tanda syukur kepada:

- ✓ Allah SWT
- ✓ Nabi Muhammad SAW

Dan kupersembahkan kepada:

- ✓ Kedua orang tuaku
- ✓ Saudara/i ku
- ✓ Seluruh keluarga besarku
- ✓ Pembimbing tugas akhir penelitian skripsi bapak Dr. Muhammad Said M.T dan ibu Dr. Desnelli, M.Si
- ✓ Almamaterku Universitas Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur hanyalah milik Allah SWT, kita memujinya, memohon ampunan dan meminta pertolongan kepada-Nya dan pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Sintesis Komposit Kitosan- Al_2O_3 dengan Metode Sol-gel dan Aplikasinya Pada Fotodegradasi Metilen Biru”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Kimia Universitas Sriwijaya.

Proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari berbagai rintangan, mulai dari pengumpulan literatur, penelitian, pengumpulan data dan sampai pada pengolahan data maupun dalam tahap penulisan. Namun dengan kesabaran dan ketekunan yang dilandasi dengan rasa tanggung jawab selaku mahasiswa dan juga bantuan dari berbagai pihak, baik material maupun moril, akhirnya selesai sudah penelitian skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak **Dr. Muhammad Said, M.T** dan Ibu **Dr. Desnelli, M.Si** atas segala bimbingan, bantuan, arahan serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allahu Subhannahu Wa ta’ala dan Nabi Muhammad Shallauhu’alaihi Wa salam atas segala rahmat dan ridho-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini
2. Bapak Hermansyah, Ph.D selaku Dekan FMIPA Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Prof. Dr. Muharni, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku Sekretaris Jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Orang tua Ipro dikampus, terimakasih banyak untuk nasehat dan semangat yang bapak berikan setiap semesternya.
6. Bapak Dr. Muhammad Said, M.T dan Ibu Dr. Desnelli, M.Si selaku Dosen Pembimbing tugas akhir penelitian skripsiku. Terimakasih untuk semua masukkan serta arahan untuk Ipro selama ini.

7. Ibu Prof. Dr. Elfita, M.Si., Ibu Widia Purwaningrum, M.Si dan Bapak Dr. Addy Rachmat, M.Si selaku pembahas dan penguji sidang sarjana.
8. Seluruh Dosen FMIPA Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, mendidik dan membimbing selama masa kuliah.
9. Bak dan Emak yang senantiasa selalu mendoakan dan mendukung apapun yang po lakukan. Tak lupa juga nasehat serta teguran untuk selalu beribadah dikala po lalai dan dibutakan nikmat dunia. Inshaallah po akan selalu ingat nasehat yang Bak dan Mak berikan. Semoga Bak dan Mak selalu sehat dan selalu dalam lindungan-Nya agar po bisa membahagiakan mak dan bak, aamiin.
10. Aak Fiqri, Ayuk Nila, Ayuk Evi dan Aak Andik yang selalu mendoakan dan memberi po semangat sehingga po bisa lulus. Terimakasih karena selalu menyayangi po.
11. Sepupuku Mona yang telah menjagaku selama masa perkuliahan dan menjadi teman sekaligus saudara perempuanku. Terimakasih mon untuk semua kesabaranmu dalam menghadapi aku dan untuk semua kebaikan yang mona lakukan. Semoga kita bisa menjadi orang yang sukses dunia dan akhirat.
12. Keluarga besarku yang selalu mendoakan dan senantiasa memberikan dukungan serta semangat.
13. Analis Jurusan Kimia (yuk Yanti, yuk Niar dan yuk Nur) dan Admin Jurusan Kimia (Mbak Novi dan Kak Cosiin) yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan administrasi selama kuliah
14. Kak Novia yang selalu membantu ipo selama masa perkuliahan terutama praktikum, terimakasih untuk semua arsip, buku-buku MK dan saran yang kakak berikan.. aku nothing tanpa bantuan kakak wkwk. Kak Ayu walau kita baru kenal saat ipo masuk BEM sudah banyak kebaikan yang kakak lakuin untuk ipo.. makasih banyaak ya kak. Kak Adeee yang selalu membantu ipo selama masa perkuliahan terutama masih jaman mabaa, terimakasih untuk semua ilmu dan kebaikan kakak. Kak Delisha dan Mbak Pemi yang telah memberi ipo masukkan dan jalan keluar saat ipo dilemma di semester akhir.

15. Circle Toxic, S.Si (Vadia, Juju dan Dian) walau sering coret PC dan pusing pelunasan serta tagihan dimana-mana, akhirnya semua S.Si juga ya. Terimakasih telah saling support dan saling bantu dipenghujung masa perkuliahan ini. Walau sesekali cekcok untuk hal kecil, tapi tetap satu jua. Buat juju makasih udah bantuin war pc dan tetap balesin chatku digrup walau responmu lama dan buat dian juga jangan capek-capek ngadepin aku yang kadang lemot ini wkwkwk. Kalau badiak mah mana ada capeknya ngadepin kelemotan aku karena kita sama huhu. Semoga kedepannya kita tetap sedekat ini dan nonton konser bareng di korea ya... sukses buat kita semua.
16. Makhluk Astral (Puput, Vadia dan Nyak) terimakasih banyak untuk kenangan indah selama masa perkuliahan. Sejajurnya aku rindu nonton bareng terus buat boomerang tapi karena kita cawa makanya tak pernah jadi. Puputtt yang nampak cuek tapi aslinya bucin spiderman aw, makasih ya put karena mau nerima aku sebagai teman dan jadi tempat penampunganku disemester awal wkwk. Banyak kebaikan yang puput lakuin buat ipo, makasih banyaak untuk itu.. semoga puput selalu sehat dan diperlancar setiap jalan kedepannya yaaa. Oh iya put mianhae karena ga pernah hadir di semhas, sidang dan yudisium puput itu karena aku ga tau jadwal nak wkwkwk. Badiaaaa temen Kpop pertama W huhu ga nyangka masih bisa berteman sampe sekarang. Makasih banyaak untuk semua kebaikan dan menjadi teman hebohku.. Badd kalau sudah jadi komandan jangan lupa bagi kartu anggota biar aku bebas tilang wkwk semoga semua tes yang akan vadia lalui nanti mendapatkan hasil yang baikkk. Nyakkk partner PA, TA, BEM huhuu makasih banyak karena mau menjadi temanku, selalu ingetin aku dan bantuin aku dalam banyaak hal.. kurrr jangan capek dan bosan untuk aku repotin yaa hihiw. Semoga kedepannya kita tetap berteman walau grup sepi wkwk. Sukses untuk kita semua.
17. Biasku BTOB oppadeul (Eunkwang, Minhyuk, Changsub, Peniel, Hyunsik dan Sungjae), Ilhoonie oppa, Dowoonie, Eaj, Taehyung, Jungkook dan bujang-bujang lainnya yang telah memberikanku semangat

melalui karya serta menjadi alasanmu tersenyum dan tertawa. Terimakasih banyak telah mewarnai kehidupanku, semoga dikemudian hari aku bisa mendapatkan kesempatan untuk menemui kalian secara langsung sehingga aku dapat menyampaikan rasa terimakasihku. Sukses untuk semua biasku dan diriku.

18. Aliyah Aisyiyah Mirrahma sahabatku dari SMA, terimakasih untuk canda tawanya, semangat dan support selama ini. Banyak sekali kebaikan yang ais kasih buat aku. Disemester awal kita masih cukup sering jalan untuk melepas rindu, tapi sekarang kesibukan masing-masing menghalangi. Terlepas dari itu semua semoga kita tetap berteman dan bisa jalan setidaknya 1 kalilah, kangen nich wkwkwk. Oh iyaa semangat untukmu alis, semoga setiap langkah dan perjalananmu dipermudahkan dan dilancarkan. Sukses untuk kita berdua.
19. Penghuni kantin belakang (Vadia, Puput, Ecak dan Dea) terimakasih banyak telah menjadi teman ipo diawal semester, banyak hal yang kita lewati bareng. Semoga kedepannya kita dapat menjadi orang sukses dan membanggakan kedua orang tua kita.
20. FORKOM (Alfan, Apres, Indah, Putam, Redo, Rise, Vadia, Yana, Bang Ibul, Putra, Sisi, Utari Ecak) yang menjadi tempat berbagi cerita, keluh kesah, saling menguatkan dan memotivasi dikala IPS keluar. Terimakasih untuk canda dan tawanya selama ini, sukses untuk kita semua.
21. Teman-teman penelitianku Nafa, Nyak, Melsy, Ulpa dan Putri yang telah banyak membantu ipo selama tugas akhir hingga penulisan skripsi. Terimakasih banyak untuk semua kebaikan kalian, sukses untuk kita semua.
22. BPH HIMAKI Kabinet Hidrogen, khususnya Apresi selaku Bupati, Agus selaku Wakil Bupati dan Iren selaku Kedep KASTRAT. Terimakasih telah membantuku berkembang didepartemen yang tidak familiar untukku. Terimakasih juga untuk anak-anakku di Kastrat Hidrogen atas semua canda tawa selama 1 tahun kepengurusan, kalian orang-orang hebat dengan pemikiran yang sama hebatnya, jangan pernah lelah untuk

23. menebar kebermanfaatan. Sukses untuk kita semua. HIDUP MAHASISWA!!
24. Teman berbeda-beda fandom tapi tetap satu jua (cik ayu, ismi, sisi, vadia, dian dan juju) terimakasih telah menghiburku walau waktu kebersamaan kita hanya sebentar karena grup kini telah sepi, sukses untuk kita semua dan tetap cintai bias.
25. Dian dan Yuk Defi selaku teman seperjuangan skripsi, terimakasih sudah membantu banyak hal mengenai skripsi mulai dari saling berbagi informasi hingga bolak-balik Palembang-indralaya, serta healing. Sukses untuk kita semua
26. Teman-teman seangkatan Kimia 2017, terkhusus perangkat angkatan yang telah banyak membantu dan memberikan informasi selama masa perkuliahan, sukses untuk kita semua.
27. Grup Among us (Cireng, Juju, Dian, Vadia, Reni, Apres, Nyak, Balqis, Mayang, Devi, Jeff, Rahmad, Feby, Teja, Restu, Rezonsi, Oliv dan lainnya yang pernah mabar among us bareng aku) terimakasih untuk semua canda tawa dan emosinya selama main among us, kalian sedikit mengurangi tekanan selama masa perkuliahan disemester yang cukup berat. Sukses untuk kita semua.
28. COIN, salah satu tempatku berkembang. Terimakasih sudah mengajarkan banyak hal baru, tempat memberi informasi dan juga tempat aku memperbanyak relasi.
29. BEM MIPA, tempatku berkembang dan mengubahku dari mahasiswa apatis. Terimakasih untuk pembelajarannya selama 1 tahun disini serta terimakasih untuk kenangannya selama ini. Sukses untuk kita semua.
30. Dwi Hamelia dan Ratri Puspa adik asuhku, terimakasih untuk semua kebaikan kalian walau interaksi kita sangat sedikit. Maaf untuk cara pendekatan kakak yang kurang ke kalian. Semangat untuk kalian kedepannya, jangan pernah putus asa dan semoga kalian segera lulus dengan nilai yang bagus dan dipermudah dalam semua hal. Sukses terus ya dek.

31. Adik-adik Angkatan 18 dan 19 yang telah banyak membantu serta memberikan support, semangat untuk kalian semua, semoga cepat lulus dengan nilai yang bagus dan dipermudah dalam semua hal, sukses terus kalian.
32. Chibe selaku tetangga kosku selama 4 bulan yang banyak membantuku dan sering aku repotin, Yana teman sekamarku selama 2 bulan, Sheli selaku orang baik yang menolongku disaat tak ada yang dapat membantu saat itu, Juju yang mau aku repotin dengan pertanyaan “gimana cara chat dosen”, Raga dan Amri yang mau aku repotin untuk memberi tumpangan untukku, Rise dan Ramdan yang mau kasih pinjam helm untuk aku pulang ke Palembang, serta semua pihak yang telah membantu dan memberikan informasi baik secara langsung maupun tidak langsung selama masa penelitian tugas akhir, sehingga ipro dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan baik.
33. Last but not least, I wanna thank me, for believing me, for doing all this hard work, for having no days off, for never quitting, for just being me all times.

Semoga bimbingan, ilmu, bantuan dan masukan yang telah diberikan kepada penulis menjadi amal shaleh dan pahala yang setimpal dari Allah SWT. Semoga bantuan kalian menjadi kemudahan dalam menjalankan kehidupan yang dirahmati Allah SWT. Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Februari 2022
Penulis,



Ipro Hati Padillah
08031381722085

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
SUMARRY	ii
RINGKASAN	vii
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Metilen Biru	4
2.2 Fotodegradasi.....	5
2.3 Aluminium Oksida (Al ₂ O ₃).....	6
2.4 Kitosan.....	7
2.5 Metode Sol-gel.....	9
2.6 Komposit Kitosan–Al ₂ O ₃	9
2.7 Karakterisasi	10
2.7.1 Difraksi sinar-X atau <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	10
2.7.2 <i>Diffuse Reflectance Spectroscopy</i> -UV (UV-DRS).....	10
2.7.3 <i>Scanning Electron Microscopy-Eenergy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM-EDS).....	11
2.7.4 Spektrofotometer <i>Ultra Violet-Visible</i> (UV Vis)	12
2.7.5 Total Organic Carbon (TOC)	13

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.2.1 Alat.....	14
3.2.2 Bahan	14
3.3 Prosedur Kerja	14
3.3.1 Preparasi Al ₂ O ₃ (Batan dan Larasgita, 2015).....	14
3.3.2 Pembuatan komposit kitosan-Al ₂ O ₃ (Saengkwamsawang <i>et al.</i> , 2014)	15
3.3.3 Pembuatan Larutan Metilen Biru	15
3.3.4 Fotodegradasi Larutan Metilen Biru	16
3.3.5 Analisa Data.....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Karakterisasi Komposit Kitosan-Al ₂ O ₃	19
4.1.1 Karakterisasi Komposit Kitosan-Al ₂ O ₃ menggunakan XRD	19
4.1.2 Karakterisasi komposit Kitosan-Al ₂ O ₃ menggunakan UV-DRS	21
4.1.3 Karakterisasi Kitosan dan komposit Kitosan-Al ₂ O ₃ menggunakan SEM-EDS.....	22
4.2 Fotodegradasi Zat Warna Metilen Biru	23
4.2.1 `Pengaruh pH Larutan Terhadap Fotodegradasi Metilen Biru	23
4.2.2 Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Proses Fotodegradasi Metilen Biru	25
4.2.1 Pengaruh Konsentrasi Awal Zat Warna Metilen Biru Terhadap Proses Fotodegradasi.....	26
4.3 Uji <i>Total Organic Carbon</i> (TOC) Zat Warna Metilen Biru	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	28
5.1 Kesimpulan	28
5.2 Saran	28
DAFTAR PUSTAKA.....	29
LAMPIRAN.....	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Struktur senyawa metilen biru.....	4
Gambar 2. Serbuk kitosan.....	8
Gambar 3. Struktur senyawa kitosan	8
Gambar 4. Spektra XRD	19
Gambar 5. Morfologi SEM kitosan dan komposit kitosan- Al_2O_3	22
Gambar 6. Kurva efektivitas penurunan konsentrasi metilen biru terhadap pengaruh variasi pH.....	24
Gambar 7. Kurva efektivitas penurunan konsentrasi metilen biru terhadap pengaruh waktu kontak.....	25
Gambar 8. Kurva efektivitas penurunan konsentrasi metilen biru terhadap pengaruh konsentrasi awal zat warna metilen biru.....	26

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Ukuran kristal dari komposit kitosan- Al_2O_3	20
Tabel 2. Nilai energi celah pita dari Al_2O_3 dan komposit kitosan- Al_2O_3	21
Tabel 3. Komposisi unsur-unsur penyusun kitosan dan komposit kitosan- Al_2O_3 perbandingan (1:1)	23
Tabel 4. Hasil pengujian TOC sebelum dan setelah degradasi metilen biru	27

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Prosedur penelitian	36
Lampiran 2. Hasil karakterisasi XRD erbuk Kitosan.....	39
Lampiran 3. Hasil karakterisasi XRD Al ₂ O ₃	41
Lampiran 4. Hasil karakterisasi XRD komposit kitosan-Al ₂ O ₃ (1:1)	43
Lampiran 5. Hasil karakterisasi XRD komposit kitosan-Al ₂ O ₃ (1:2)	45
Lampiran 6. Hasil karakterisasi XRD komposit kitosan-Al ₂ O ₃ (1:3)	47
Lampiran 7. Hasil karakterisasi UV-DRS	49
Lampiran 8. Hasil karakterisasi UV-DRS Al ₂ O ₃	51
Lampiran 9. Hasil karakterisasi UV-DRS komposit kitosan-Al ₂ O ₃ (1:1).....	53
Lampiran 10. Hasil karakterisasi UV-DRS komposit kitosan-Al ₂ O ₃ (1:2)	55
Lampiran 11. Hasil karakterisasi UV-DRS komposit kitosan-Al ₂ O ₃ (1:3)	57
Lampiran 12. Hasil karakterisasi SEM Kitosan.....	59
Lampiran 13. Hasil karakterisasi SEM kitosan-Al ₂ O ₃	60
Lampiran 14. Penentuan panjang gelombang serapan maksimum metilen biru..	61
Lampiran 15. Penentuan kurva standar zat warna metilen biru	62
Lampiran 16. Penentuan kondisi optimum fotodegradasi zat warna metilen biru menggunakan komposit kitosan-Al ₂ O ₃ terhadap pengaruh pH larutan	64
Lampiran 17. Penentuan kondisi optimum fotodegradasi zat warna metilen biru menggunakan komposit kitosan-Al ₂ O ₃ terhadap pengaruh waktu kontak	66
Lampiran 18. Penentuan kondisi optimum fotodegradasi zat warna metilen biru menggunakan komposit kitosan-Al ₂ O ₃ terhadap pengaruh konsentrasi larutan metilen biru	68
Lampiran 19. Hasil uji TOC komposit kitosan-Al ₂ O ₃	70
Lampiran 20. Gambar Penelitian	72

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri Tekstil menjadi salah satu penyumbang limbah zat warna sintetik di perairan. Sekitar 15% dari total penggunaan pewarna akan dibuang dalam bentuk limbah, karena pewarna sintetik bersifat karsinogenik dan memiliki toksisitas yang tinggi (Nguyen *et al.*, 2018). Hal ini berpotensi membahayakan lingkungan sehingga dapat mengganggu keberlangsungan ekosistem di perairan (Houas *et al.*, 2001). Selain itu, air yang telah terkontaminasi pewarna sintetik dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti iritasi kulit, iritasi mata hingga menyebabkan kanker (Latifah dkk, 2020). Salah satu pewarna sintetik yang banyak digunakan dalam industri tekstil adalah *Methylene Blue* (MB) harganya yang ekonomis. Pewarna metilen biru termasuk dalam golongan senyawa organik dengan struktur aromatik heterosiklik sebagai penyusunnya (Fajarwati dkk, 2016), dan termasuk dalam pewarna basa bermuatan positif (Fajriati dkk, 2019). Limbah pewarna metilen biru akan sulit terurai karena tersusun atas gugus aromatik (Dhanya dan Aparna, 2016).

Berbagai metode telah dilakukan untuk mengatasi kontaminan pewarna sintetik seperti metode adsorpsi, biodegradasi, fotodegradasi dan metode AOPs. Metode AOPs merupakan metode pengolahan air yang memanfaatkan proses oksidasi kimiawi untuk menetralkan kontaminan organik di perairan (Zhu *et al.*, 2009). Metode AOPs menunjukkan efisiensi dalam mendegradasi pewarna sintetik dengan memanfaatkan semikonduktor yang disertai dengan penambahan oksidator kuat berupa sinar UV dan H_2O_2 (Chong *et al.*, 2010). Penambahan H_2O_2 berfungsi untuk meningkatkan produksi radikal hidroksil melalui reduksi, semakin banyak jumlah radikal hidroksil yang dihasilkan maka jumlah zat warna yang terdegradasi semakin banyak (Perdana dkk, 2014).

Salah satu semikonduktor yang berpotensi menghilangkan atau mendegradasi polutan cair zat pewarna adalah Al_2O_3 (Widihati dkk, 2016). Energi foton berupa sinar *Ultraviolet* (UV) yang diiradiasikan ke metal oksida akan merangsang elektron dari pita valensi menuju pita konduksi sehingga terbentuklah lubang elektron. Ketika air berinteraksi dengan hole maka akan terbentuk ion

yang sangat reaktif. Ion inilah yang akan berinteraksi dengan senyawa organik dan menguraikannya menjadi senyawa dengan berat molekul yang lebih kecil serta tidak beracun (Nguyen *et al.*, 2018). Pathania *et al* (2016) telah berhasil memanfaatkan katalis alumina oksida *nanoparticles* dalam proses fotokatalisis untuk mendegradasi pewarna *malachite green* sebesar 45% selama 6 jam.

Reaksi fotokatalis semikonduktor yang diolah dengan menambahkan elemen non-logam atau logam dapat memberikan keuntungan antara lain memperluas zona cahaya responsif untuk meningkatkan pemanfaatan sinar matahari atau UV, menghambat terjadinya rekombinasi elektron-hole dan meningkatkan efisiensi kuantitatif dari fotokatalis semikonduktor dan memiliki daya serap yang berperan penting dalam reaksi fisika dan kimia (Lin *et al*, 2019). Kitosan merupakan salah satu biopolimer yang banyak diteliti dalam kajian komposit karena memiliki kemampuan adsorpsi yang baik, biodegradable, dan tidak beracun (Maharani dan Hidayah, 2015). Zainal *et al* (2009) telah berhasil memanfaatkan fotokatalis TiO₂-Chitosan untuk menghilangkan pewarna monoazo melalui proses fotodegradasi-adsorpsi dengan persentase keberhasilan 47,9-87,0% dalam variasi perbandingan rasio massa.

Pada penelitian ini akan dilakukan sintesis komposit Kitosan-Al₂O₃ menggunakan metode sol-gel yang akan diaplikasikan pada proses fotodegradasi metilen biru terhadap pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi dengan penambahan H₂O₂. Komposit hasil sintesis akan dikarakterisasi menggunakan XRD, UV-DRS dan SEM-EDS. Uji metilen biru setelah degradasi secara kuantitatif menggunakan Spektrofotometer UV-Visible dan *Total Organic Carbon* (TOC).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh perbandingan massa terhadap karakteristik komposit kitosan-Al₂O₃ berdasarkan hasil karakterisasi menggunakan analisa XRD, UV-DRS, dan SEM-EDS?
2. Bagaimana kemampuan komposit Kitosan-Al₂O₃ dalam mendegradasi zat warna metilen biru dengan penambahan H₂O₂ terhadap pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi zat warna metilen biru?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis komposit kitosan- Al_2O_3 dengan metode sol-gel dengan perbandingan massa (1:1), (1:2) dan (1:3), serta dikarakterisasi menggunakan analisa XRD, UV-DRS dan SEM-EDS.
2. Mengetahui kemampuan komposit Kitosan- Al_2O_3 dalam mendegradasi zat warna metilen biru dengan penambahan H_2O_2 terhadap pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi zat warna metilen biru, serta uji secara kuantitatif menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan Total Organic Carbon (TOC).

1.4 Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat menambah pengetahuan tentang kemampuan komposit kitosan- Al_2O_3 yang disintesis menggunakan metode sol-gel dalam mendegradasi zat warna metilen biru terhadap pengaruh pH, waktu kontak dan konsentrasi zat warna metilen biru.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusnar Harry. 2007. Penggunaan Kitosan Dari Tulang Rawan Cumi-Cumi (*Loligo Pealli*) Untuk Menurunkan Kadar Ion Logam Cd Dengan Menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom. *Jurnal Sains Kimia*. 11 (1): 15–20.
- Azam, M., Adnan, M., Phoon, B. L. and Julkapli, N. M. 2020. Mitigation of Pollutants by Chitosan/Metallic Oxide Photocatalyst: A Review. *Journal of Cleaner Production*. 261 (1): 1-17.
- Batan, N. M. H. S. dan Larasgita, L. 2015. Penggunaan Katalis γ -Alumina Untuk Degradasi Gliserol Menggunakan Teknologi Sonikasi. *Skripsi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Bunaciu, A. A., Udristoiu, E. G. and Aboul-Enein, H. Y. 2015. X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 45 (4): 289-299.
- Chong, M. N., Jin, B., Chow, C. W. K. and Saint, C. 2010. Recent Developments in Photocatalytic Water Treatment Technology: A review. *Water Research*. 44 (10): 2997-3027.
- Darjito, Purwonugroho, D. and Nisa, S. N. 2006. Study on Adsorpsi Cd (III) Pada Kitosan-Alumina. *Indo Journal Chem*. 6 (3): 238-244.
- Darmawan, F. R. P., Nurentama, F. dan Susilowati, T. 2019. Adsorpsi Logam Berat Tembaga (Cu) Dengan Kitosan Dari Limbah Cangkang Kupang Putih. *Jurnal Teknik Kimia*. 14 (1): 16-21.
- Dewi, A. F. 2019. Degradasi Metilen Biru Menggunakan MnFe_2O_3 yang Dicoating PEG-4000. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Dhanya, A. dan Aparna, K. 2016. Synthesis and Evaluation of TiO_2 /Chitosan Based Hydrogel for The Adsorptional Photocatalytic Degradation of Azo and Anthraquinone Dye under UV Light Irradiation. *Procedia Technology*. 24 (1) : 611–18.
- Dhawale, V. P., Khobragade, V. B. and Kulkarni, S. D. 2018. Synthesis and Characterization of Aluminium Oxide (Al_2O_3) Nanoparticles and its Application in Azodye Decolorisation. 2 (1): 10-17.
- Fajarwati, F. I., Sugiharto, E., dan Siswanta, D. 2016. Film of Chitosan-

- Carboxymethyl Cellulosepolyelectrolyte Complex as Methylene Blue Adsorbent. *Eksakta: Jurnal Ilmu-Ilmu MIPA*. 16 (1): 36-45.
- Fajriati, I., Mudasir dan Wahyuni, E. T. 2019. Adsorption and Photodegradation of Cationic and Anionic Dyes by TiO₂-Chitosan Nanocomposite. *Indonesian Journal of Chemistry*. 19 (2): 441–453.
- Falisa, Chandra, H dan Harnani. 2019. Studi Karakteristik Geokimia Batu Lempung Berdasarkan Analisa Scanning Electron Microscope (SEM) dan Energy Dispersive X-Ray (EDX), Daerah Merapi Dan Sekitarnya Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. *Prosiding Applicable Innovation of Engineering and Science Research*. 978-979-190-72-4-8.
- Farda, E. dan Maharani, K. 2013. Penentuan pH Optimum dan Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Ni(II) oleh Komposit Kitosan-Alumina. *UNESA Journal of Chemistry*. 2 (1): 19-23.
- Fauzi, N. I. M. *et al.* 2020. Nanostructured Chitosan/Maghemite Composites Thin Film for Potensial Optical Detection of Mercury Ion by Surface Plasmon Resonance Investigation. *Polymers*. 12 (1497): 1-14.
- Filatova, E. O. and Konashuk, A. S. 2015. Interpretation of the Changing the Band Gap of Al₂O₃ Depending on its Crystalline Form: Connection with Different Local Symmetries. *The Journal Physical Chemistry*. 119 (35): 20755-20761.
- Hamdaoui, O. dan Chica, M. 2007. Removal of Methylene Blue from Aqueous Solutions by Wheat Bran. *Acta Chimica Slovenica*. 54 (2): 407-418.
- Hidaka, H. *et al.* 1996. Total Organic Carbon Measurements in the TiO₂-Assisted Photomineralization of surfactants. *Journal photodegradation of surfactants*. 45 (1): 21-28.
- Houas, A. *et al.* 2001. Photocatalytic Degradation Pathway of Methylene Blue in Water. *Applied Catalysis B: Environmental*. 31 (2): 145-157.
- Jatoi, Y. F., Fiaz, M. and Athar, M. 2021. Synthesis of Efficient TiO₂/Al₂O₃@Cu(BDC) Composite For Water Splitting and Photodegradation of Methylene Blue. *Journal of the Australian Ceramic Society*. 57 (2): 489-496.
- Kanakaraju, D. and Wong, S. P. 2018. Photocatalytic Efficiency of TiO₂-biomass Loaded Mixture for Wastewater Treatment. *Journal of Chemistry*. 2018 (1):

1-14.

- Katwal, R., Kaur, R. and Kaur, H. 2017. Photoderadation of Congo Red, Methylene Blue and Methylene Red Dyes Using Electrochemically Synthesized Al_2O_3 Nanocatalyst. *Asian Journal of Chemistry*. 29 (5): 1095-1097.
- Kurniasari, I. D. dan Maharani, D. K. 2015. Pembuatan Komposit Kitosan Alumina Sebagai Agen Fiksasi Zat Warna Rodamin B pada Kain Katun. *Unesa Journal of Chemistry*. 4 (1): 75-80.
- Latifah, S., Ridho, R. dan Baiti, I. F. 2020. Imobilisasi Fotokatalis Komposit TiO_2 -Kitosan Sebagai Pendegradasi zat Warna Remazol Yellow Fg. *Jurnal Crystal: Publikasi Penelitian Kimia dan Terapannya*. 2 (1): 25-35.
- Lin, X., *et al.* 2019. Treatment of Aquaculture Wastewater through Chitin/ZnO Composite Photocatalyst. *Water*. 11 (2): 1-19.
- Maharani, D. K. dan Hidayah, R. 2015. Preparasi Dan Karakterisasi Komposit Kitosan-ZnO/ Al_2O_3 . *Jurnal Molekul*. 10 (1): 9-18.
- Mende, M., Schwarz, D., Steinbach, C., Boldt, R dan Schwarz, S. 2016. Simultaneous Adsorption of Heavy Metal Ions and Anions From Aqueous Solutions on Chitosan-investigated by Spectrophotometry and SEM-EDX Analysis. *An International Journal Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*. 344 (1): 1-20.
- Mirsalari, S, A, and Ejhieh, A, N. 2021. CsS- Ag_3PO_4 nano-catalyst: a Brief Characterization and Kinetic Study Towards Methylene Blue Photodegradation. *Material Science in Semiconductor Processing*. 122 (2021): 1-9.
- Mohadi, R., Hidayati, N. dan Lesbani, A. 2018. Isolation of β -Chitosan from Squid Bone as Raw Material to Synthesize of Hybrid Photocatalysts TiO_2 -Chitosan. *Journal of Physics: Conference Series*. 1095 (1): 1-5.
- Monshi, A., Forough, M. R. and Monshi, M. R. 2012. Modified Scherrer Equation to Estimate More Accurately Nano-Crystallite Size Using XRD. *World Journal of Nano Science and Engineering*. 2 (3): 154-160.
- Morales, A. E., Mora, E. S. dan Pal, U. 2007. Use of Diffuse Reflectance Spectroscopy for Optical Characterization of Un-supported Nanostructures.

- Revista Maxicana De Fisica*. 53 (5): 18-22.
- Mulya, M. dan Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Surabaya: Airlangga University Press.
- Nguyen, C. H., Fu, C. C. and Juang, R. S. 2018. Degradation of Methylene Blue and Methyl Orange by Palladium-doped TiO₂ Photocatalysis for Water Reuse: Efficiency and Degradation Pathway. *Journal of Cleaner Production*. 202 (1): 413-427.
- Ningsih, S. K. W., Nizar, U. K. dan Novitria, U. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel ZnO Doped Cu²⁺ Melalui Metode Sol-gel. *Eksakta*. 18 (2): 39-51.
- Noviana, M. dan Mahatmanti, W. F. 2020. Preparasi Komposit Kitosan-Alumina *Beads* sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (II) dan Nikel (II) dalam Larutan. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 9 (1): 48-55.
- Nurbaiti Barisah. 2017. Pembuatan Komposit Kitosan-Alumina Dengan Metode Sol-Gel Dan Aplikasinya Untuk Menyerap Zat Warna Procion Biru. *Skripsi*. Indralaya: Universitas Sriwijaya.
- Oroh, J., Sappu, F. P. dan Lumintang, R. 2013. Analisis Sifat Mekanik Material Komposit dari Serat Sabut Kelapa. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin Unsrat*. 1 (1): 1-10.
- Pathania, D., Katwal, R. and Kaur, H. 2016. Enhanced Photocatalytic Activity of Electrochemically Synthesized Aluminium Oxide Nanoparticles. *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*. 23 (3): 358-371.
- Perdana, N. D., Wardhani, S dan Khunur, M, M. 2014. Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Terhadap Degradasi Methylene Blue Dengan Menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Journal Kimia Student*. 2 (2): 576-582.
- Riskiani, E., Suprihatin, I, E dan Sibarani, J. 2019. Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃ Untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Jurnal Cakra Kimia*. 7 (1): 46-54.
- Rozita, Y., Brydson, R. and Scott, A.J. 2010. An Investigation of chemical gamma-Al₂O₃ nanoparticles. *Journal of Physics: Conference Series* 241. 241

(1): 1-4.

- Safaat Muhammad. 2020. Potensi Logam Oksida Sebagai Fotokatalis Degradasi Plastik Di Air Laut. *Jurnal Oseana*. 45 (1): 40-58
- Sanjaya, H., Hardeli dan Syafitri, R. 2018. Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO₂ Secara Fotosonolisis. *Eksakta*. 19 (1): 91-99.
- Saengkhwamsawang, P., Pimanpaeng, S., Amornkitbamrung, V. and Maensiri, S. 2014. Syntesis and Caracterization of Al₂O₃ Nanopowders by Simple Chitosan-polymer Complex Solution Route. *Ceramics International*. 40 (4): 5137-5143.
- Syahroni, C dan Djarwanti. 2015. Pengembangan Reaktor Fotokatalitik Rotating Drum Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. 6 (2): 35-44.
- Tahir, M., Muflihunna, A. dan Syafrianti. 2017. Penentuan Kadar Fenolik Total Ekstrak Etanol Daun Nilam (*Pogostemon Cablin* Benth.) Dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*. 4 (1): 215-218.
- Tayade, R. J., Natarajan, T. S. and Bajaj, H. C. 2009. Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Dye Using Ultraviolet Light Emitting Diodes. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 48 (23): 10262-10267.
- Triyati ETTY. 1985. Spektrofotometer Ultra-Violet dan Sinar Tampak Serta Aplikasinya Dalam Oseanologi. *Jurnal Oseana*. 10 (1): 39-47.
- Utami, A. R. dan Catur, W. N. K. 2020. Verifikasi Metode Pengujian Total Organic Carbon (TOC) Dalam Air Limbah Kegiatan Minyak dan Gas Dengan Menggunakan TOC Analyzer. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. 1 (1): 258-267.
- Wardani, D. 2014. Sintesis Serbuk Al₂O₃ Menggunakan Metode Logam-Terlarut Asam. *Tugas Akhir*. Surabaya: Intitut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wardhani, S., Bahari, A. dan Khunur, M. M. 2016. Aktivitas Fotokatalitik Beads Tio₂-N/ Zeolit-Kitosan Pada Fotodegradasi Metilen Biru (Kajian Pengembangan, Sumber Sinar Dan Lama Penyinaran). *Journal of Environmental Engineering & Sustainable Technology*. 03 (02): 78-84.
- Wibowo, E, A. P., Aji, N. R. and Widiarti, N. 2017. Synthesis of TiO₂/Chitosan Photocatalyst, TiO₂/Bentonite and Adsorption of Zeolite to Purify Unnes's

- Water Reservoir. *International Journal of ChemTech Research*. 10 (2): 62-69.
- Widihati, I. A. G., Diantariani, N. P. dan Nikmah, Y. F. 2011. Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al_2O_3 . *Jurnal Kimia*. 5 (1): 31-42.
- Zainal, Z., Hui, L. K., Hussein, Abdullah, A. H. and Hamadneh, I. R. 2009. Characterization of TiO_2 -Chitosan/ Glass Photocatalyst for The Removal of a Monoazo Dye Via Photodegradation-Adsorption Process. *Journal of Hazardous Materials*. 164 (1): 138-145.
- Zavareh, S., Zarei, M., Darvishi, F. and Azizi, H. 2015. As(III) Adsorption And Antimicrobial Properties of Cu-Chitosan/alumina Nanocomposite. *Chemical Engineering Journal*. 273 (1): 610-621.
- Zhu, H. *et al.* 2009. Photocatalytic Decolorization and Degradation of Congo Red on Innovative Crosslinked Chitosan/ Nano-Cds Composite Catalyst Under Visible Light Irradiation. *Journal of Hazardous Materials*. 169 (1-3): 933-940.