

**Sintesis Titanium Dioksida Terembankan Zeolit Aktivasi dalam  
Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tahu**

**Skripsi**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan**

**Mencapai derajat Sarjana Kimia**



**Oleh:**

**Alfina Nur Istiqomah**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
18106030012  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI KIMIA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2023**



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
 Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-329/Un.02/DST/PP.00.9/02/2023

Tugas Akhir dengan judul : Sintesis Titanium Dioksida Terembankan Zeolit Aktivasi dalam Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tahu

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ALFINA NUR ISTIQOMAH  
 Nomor Induk Mahasiswa : 18106030012  
 Telah diujikan pada : Selasa, 24 Januari 2023  
 Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

#### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Didik Krisdiyanto, S.Si., M.Sc  
 SIGNED

Valid ID: 63dc6465c0468



Penguji I

Dr. Imelda Fajriati, M.Si.  
 SIGNED

Valid ID: 63db865e11ab1



Penguji II

Sudarlin, M.Si.  
 SIGNED

Valid ID: 63db6476c6777



Yogyakarta, 24 Januari 2023  
 UIN Sunan Kalijaga  
 Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.  
 SIGNED

Valid ID: 63dc6fc1ad697



## **SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR**

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

*Assalamu'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Alfina Nur Istiqomah  
NIM : 18106030012  
Judul Skripsi : Sintesis Titanium Dioksida Terembankan Zeolit Aktivasi dalam Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tahu

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Kimia.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

*Wassalamu'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 20 Desember 2022  
Pembimbing

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

  
Didik Khrisdiyanto, S.Si, M.Sc.  
NIP: 19811111 201101 1 007



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

**NOTA DINAS KONSULTASI**

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir

Lamp : -

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Alfina Nur Istiqomah  
NIM : 18106030012  
Judul Skripsi : Sintesis Titanium Dioksida Terembankan Zeolit Aktivasi dalam Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tahu

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*Yogyakarta, 02 Januari 2023  
Konsultan

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



Dr. Imelda Fajriati, M.Si.  
NIP. 19750725 200003 2 001



## NOTA DINAS KONSULTASI

Hal : Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir  
Lamp : -

Kepada  
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta  
di Yogyakarta

*Assalamu 'alaikum wr. wb.*

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Alfina Nur Istiqomah  
NIM : 18106030012  
Judul Skripsi. : Sintesis Titanium Dioksida Terembankan Zeolit Aktivasi dalam Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tahu

sudah benar dan sesuai ketentuan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Kimia.

Demikian kami sampaikan. Atas perhatiannya, kami ucapkan terimakasih.

*Wassalamu 'alaikum wr. wb.*

Yogyakarta, 02 Januari 2023

Konsultan

Sudarlin, M.Si.

NIP. 19850611 201503 1 002

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Alfina Nur Istiqomah  
NIM : 18106030012  
Jurusan : Kimia  
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Sintesis Titanium Dioksida Terembankan Zeolit Aktivasi dalam Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tahu”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 20 Desember 2022



Alfina Nur Istiqomah  
18106030012

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## MOTTO

“Sesungguhnya Bersama kesukaran itu ada kemudahan. Karena itu bila kau telah selesai (mengerjakan yang lain) dan kepada Tuhan, berharaplah.”

(Q.S. Al Insyirah : 6-8)

“Ilmu ada 3 tahapan. Jika seseorang memasuki tahapan pertama, dia akan sombong. Jika dia memasuki tahapan kedua, maka dia akan rendah hati. Jika dia memasuki tahapan ketiga, maka dia akan merasa bahwa dirinya tidak ada apa-apanya.”

(Umar Bin Khattab)

“There is only one thing that makes a dream impossible to achieve: the fear and failure.”

(Paulo Coelho)



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya sederhana ini saya persembahkan kepada kedua orangtua penulis Bapak Sumarlin dan Ibu Misti yang selalu menyayangi, mendukung dan memotivasi, sahabat-sahabat penulis dan Almamater UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.



## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahma, taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Sintesis Titanium Dioksida Terembankan Zeolit Aktivasi dalam Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tahu.” Tak lupa, sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa petunjuk kebenaran bagi seluruh umat manusia yaitu Ad-Dinul Islam yang diharapkan. Penyusunan skripsi ini tidak luput dari dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu ucapan terimakasih tersebut secara khusus disampaikan kepada:

1. Prof. Dr. Phil Al Makin, S.Ag., M.A. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
2. Dr. Hj. Khurul Wardati M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
3. Didik Krisdiyanto, M.Sc. selaku dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan banyak waktu, arahan, nasehat, pemikiran, masukan, membimbing dengan penuh kesabaran dan keikhlasan, serta selalu memberikan motivasi untuk percaya pada kemampuan diri dan tetap optimis.
4. Dr. Imelda Fajriati M.Si. selaku Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

5. Dr. Maya Rahmayanti, S.Si. M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah bersedia membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi selama studi.
6. Bapak/Ibu dosen Program Studi Kimia UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta dan seluruh staf karyawan Fakultas Sains dan Teknologi yang telah memberikan ilmu dan bantuan selama studi.
7. Kedua orangtua saya tercinta Bapak Sumarlin dan Ibu Misti serta seluruh anggota keluarga akan do'a, semangat, nasihat, dukungannya yang selalu menyertai langkahku serta dukungan moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan.
8. Seluruh staf Laboratorium Kimia dan Laboratorium Fisika serta staf administrasi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atau bantuan dan arahan selama proses penelitian.
9. Sahabat penulis Ashwatul Ulum yang telah membantu, memberikan semangat, saling bertukar pikiran, berfikir bersama, mendengarkan keluh kesah penulis dan selalu ada untuk penulis dalam suka maupun duka.
10. Nise Khairani dan Sania Fatmasari teman satu bimbingan sekaligus sahabat penulis dari awal perkuliahan yang telah memberikan saran, masukan, dan bantuannya dari awal perkuliahan sampai selesai studi ini.
11. Teman teman penulis Afifah, Aisyiyah, Martina, Nurma, Nisa, Sera, Nurul, Riang, Siti, Dewi, dan Binti terimakasih atas do'a dan semangatnya selama ini untuk penulis.

12. Seluruh sahabat seperjuangan CAFFEINE yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah memberikan motivasi, inspirasi, serta semangat pada penulis.
13. Semua rekan-rekan dan pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungannya dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Dalam penyusunannya skripsi ini tentu penulis tidak lepas dari ilmu pengetahuan yang terbatas sehingga penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan secara umum dan kimia secara khusus.

*Wassallamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, Desember 2022

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

Alfina Nur Istiqomah

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	ii
NOTA DINAS KONSULTASI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	v
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
ABSTRAK .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Batasan Masalah .....	4
C. Rumusan Masalah.....	5
D. Tujuan Penelitian .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	7
A. Tinjauan Pustaka.....	7
B. Landasan Teori.....	10
C. Hipotesis Penelitian.....	21
BAB III METODE PENELITIAN.....	23
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	23
B. Alat penelitian .....	23
C. Bahan Penelitian .....	23
D. Prosedur Penelitian .....	24
E. Teknik Analisis Data.....	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
A. Preparasi dan Aktivasi Zeolit Alam.....	29

B. Karakterisasi FTIR.....	31
C. Karakterisasi XRD.....	34
D. Karakterisasi UV-Vis DRS.....	37
D. Uji Kinerja Katalis.....	38
E. Uji parameter limbah cair Tahu.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
A. Kesimpulan.....	60
B. Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62
LAMPIRAN.....	68

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 PerMenLH No. 5 tahun 2014 Baku Mutu Limbah Cair Tahu .....	18
Tabel 4.1 Interpretasi hasil FTIR .....	40
Tabel 4.2 Interpretasi XRD ZA dan TiO <sub>2</sub> -zeolit.....	44
Tabel 4.3 Energi Celah Pita .....	46
Tabel 4.4 Nilai Konstanta Laju Reaksi Kondisi Reaksi.....	51
Tabel 4.5 Nilai Konstanta Laju Reaksi Variasi Berat.....	54
Tabel 4.6 Nilai Konstanta Laju Reaksi Variasi Suhu .....	58
Tabel 4.7 Kualitas Awal Limbah Cair Tahu .....	60
Tabel 4.8 Hasil Uji Parameter COD .....	61
Tabel 4.9 Hasil Uji Parameter BOD .....	64
Tabel 4.10 Hasil Uji Parameter TSS.....	66
Tabel 4.11 Tabel Uji Parameter Limbah Cair Tahu.....	69



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1 Aktivitas Fotokatalis Titanium Dioksida .....	14
Gambar 2.2 Limbah Cair Tahu .....	17
Gambar 2.3 Skema Kerja FTIR .....	23
Gambar 4.1 Hasil Karakterisasi FTIR.....	38
Gambar 4.2 Hasil Karakterisasi XRD .....	42
Gambar 4.3 Hasil Karakterisasi UV-Vis DRS .....	45
Gambar 4.4 Grafik regresi UV tanpa katalis.....	49
Gambar 4.5 Grafik Regresi katalis.....	49
Gambar 4.6 Grafik Regresi UV + Katalis.....	49
Gambar 4.7 Tingkat Degradasi Kondisi Reaksi.....	50
Gambar 4.8 Tingkat Degradasi Variasi Berat .....	52
Gambar 4.9 Grafik Regresi Berat 0,1 gram .....	53
Gambar 4.10 Grafik Regresi Massa 0,2 gram.....	53
Gambar 4.11 Grafik Regresi Massa 0,3 gram.....	54
Gambar 4.12 Tingkat Degradasi Variasi Suhu .....	56
Gambar 4.13 Grafik Regresi Suhu 25°C.....	57
Gambar 4.14 Grafik Regresi Suhu 35°C.....	57
Gambar 4.15 Grafik Regresi Suhu 45°C.....	57
Gambar 4.16 Grafik Pengukuran Parameter COD.....	63
Gambar 4.17 Grafik Pengukuran parameter BOD.....	65
Gambar 4.18 Grafik Pengukuran Parameter TSS .....	67
Gambar 4.19 Grafik Hasil Uji Parameter.....	69

## ABSTRAK

### SINTESIS TITANIUM DIOKSIDA TEREMBANKAN ZEOLIT AKTIVASI DALAM FOTODEGRADASI LIMBAH CAIR INDUSTRI TAHU

**Alfina Nur Istiqomah**

**18106030012**

Telah dilakukan penelitian Sintesis Titanium Dioksida Terembankan Zeolit Aktivasi dalam Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tahu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik material zeolit aktivasi dan sintesis  $\text{TiO}_2$ -zeolit sebagai katalis, kinetika degradasi dan uji parameter limbah cair tahu. Karakterisasi gugus fungsional menggunakan spektrofotometer FTIR, kristalinitas menggunakan difraksi sinar-X (XRD) dan pengukuran energi celah pita menggunakan UV-Vis DRS. Kinetika degradasi terhadap katalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit dilakukan dengan variasi kondisi reaksi, variasi berat dan variasi suhu dengan variasi waktu kontak secara fotokatalitik 0 menit, 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Uji parameter limbah cair industri tahu dengan uji kadar COD, BOD, TSS dan pH.

Hasil karakterisasi zeolit aktivasi dan sintesis  $\text{TiO}_2$ -zeolit menggunakan FTIR dan XRD menunjukkan bahwa struktur zeolit aktivasi yang digunakan sebagai pengemban adalah zeolit modernit dan impregnasi  $\text{TiO}_2$ -zeolit telah berhasil dilakukan. Karakterisasi dengan UV-Vis DRS menunjukkan bahwa adanya  $\text{TiO}_2$  yang diembankan pada zeolit dapat menurunkan energi celah pita dari 3,03 eV menjadi 2,75 eV. Uji kinerja katalis  $\text{TiO}_2$ -zeolit optimum pada fotodegradasi waktu 30 menit dengan variasi berat 0,3 gram dan kinetika degradasi mengikuti pseudo orde dua. Uji parameter limbah cair tahu menunjukkan kadar limbah tahu secara fotokatalitik dengan persen degradasi COD (72%), BOD (17,8%), TSS (51,7%) dan pH (6,1).

**Kata Kunci** : Fotokatalis,  $\text{TiO}_2$ -zeolit, degradasi, limbah cair, katalis

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Perkembangan industri di Indonesia menjadi salah satu cara untuk meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup masyarakat. Industri juga digunakan sebagai peningkatan standar dalam bidang sumber daya alam dan sumber daya manusia. Maraknya pembangunan kegiatan industri menimbulkan masalah lingkungan hidup dan membutuhkan banyak perhatian. Pencemaran lingkungan meningkat karena pembuangan limbah (cair, padat, gas) dengan kualitas dan kuantitas yang semakin meningkat (Nursabrina dkk, 2021). Dunia industri saat ini berkembang dengan pesat yang memberikan dampak negatif maupun dampak positif terhadap segala aspek. Kemajuan teknologi menjadi salah satu peran penting didalamnya.

Tahu menjadi salah satu makanan yang digemari masyarakat di Indonesia. Konsumsi tahu selalu mengalami peningkatan, sehingga industri pabrik tahu menjadi salah satu peluang dalam meningkatkan taraf perekonomian di masyarakat. Aktivitas industri tahu ini menjadi salah satu penyalur pencemaran yang cukup besar di lingkungan yang menyebabkan dampak negatif, dengan berkembangnya sektor perindustrian mengakibatkan limbah yang dihasilkan semakin tinggi (Masitho dkk, 2021).

Limbah menjadi permasalahan yang serius di seluruh dunia termasuk juga di Indonesia, yang menjadi salah satu penyebab lingkungan tercemar dan ketidaknyamanan di lingkungan. Limbah ialah buangan yang telah terpakai dan tidak digunakan yang merupakan sisa-sisa kegiatan/produksi rumah tangga maupun

industri yang mengandung bahan beracun dan dapat membahayakan manusia, hewan, tumbuhan dan lingkungan sekitar (Nababan, 2019). Salah satunya ialah limbah cair yaitu hasil sisa atau sampingan dari proses pembuatan tahu berupa limbah cair tahu yang mengandung banyak bahan organik seperti protein, karbohidrat, lemak dan zat terlarut yang mengandung padatan tersuspensi (Rasmito dkk, 2019)

Limbah cair yang terdapat disekeliling kita yaitu limbah cair tahu dihasilkan dari proses perendaman, pencucian, perebusan, pengepresan, dan percetakan (Lestari, 2018). Pencemaran lingkungan dari industri ini dikarenakan pembuangan hasil limbah tahu dibuang secara sembarang oleh pelaku industri yang menyebabkan keresahan masyarakat sekitar, bau tidak sedap dan menurunkan kualitas air sehingga dapat merusak ekosistem di perairan (Masitho dkk, 2021). Pengolahan yang kurang baik pada limbah cair tahu memberikan dampak yang besar pada lingkungan sehingga dapat merusak ekosistem dan membunuh makhluk dalam perairan (Rasmito, 2019). Baku mutu air limbah bagi pelaku industri kedelai menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.68/Menlhk/Setjen/Kum1/8/2016 tentang baku mutu air limbah domestik adalah parameter pH, BOD, COD, TSS, Amonia, minyak lemak serta total coliform (Masitho, 2021) dan PermenLH No. 5 tahun 2014 lampiran XVIII kadar yang diperbolehkan untuk parameter BOD 150mg/L, COD 300 mg/L, TSS 200mg/L dan 6-9 pH unit (Rasmito, 2019). Kualitas dan daya dukung perairan akan menurun jika limbah cair tahu langsung dibuang ke badan air karena kandungan bahan organik tinggi dan kadar COD juga cukup tinggi (Febrian dkk, 2020).

Berbagai upaya telah dilakukan dalam pengolahan limbah cair tahu seperti biofilter, teknologi plasma, elektrokoagulasi namun metode-metode tersebut kurang efektif dalam mengatasi permasalahan limbah cair dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Slamet dkk (2006) dalam Wardhani (2019), fotodegradasi menggunakan fotokatalis merupakan metode yang efektif dalam menguraikan senyawa berbahaya menjadi senyawa yang tidak berbahaya seperti pada  $H_2O$  dan  $CO_2$ . Metode ini dilakukan dengan menggunakan katalis sebagai semikonduktor. Fotokatalis ialah suatu reaksi kimia yang membutuhkan katalis dan unsur cahaya untuk mempercepat reaksi dengan menggunakan material fotokatalis (Rahma, 2018). Material semikonduktor yang banyak digunakan ialah titanium dioksida ( $TiO_2$ ), karena  $TiO_2$  harganya ekonomis, stabil secara kimia dan fisika, semikonduktor, memiliki stabilitas yang tinggi, dan tidak beracun sehingga semikonduktor ini dapat digunakan untuk pengolahan limbah industri (Syukron dkk, 2019). Tujuan dikembangkannya metode-metode sintesis fotokatalis  $TiO_2$  agar didapatkan metode yang efektif dan efisien (Suslick dan Prince, 1999) dalam pengolahan limbah cair industri.

Fotokatalis  $TiO_2$  memiliki aktivitas yang tinggi sehingga tidak dapat mengimbangi kemampuan dalam mengadsorpsi senyawa target, sehingga fotokatalis  $TiO_2$  jika digunakan dalam keadaan murni dan peluang kontak  $TiO_2$  dengan polutan kurang maksimal, hal ini juga disebabkan karena luas permukaan  $TiO_2$  relatif rendah. Aktivitas fotokatalis  $TiO_2$  dapat ditingkatkan dengan mengembankan pada suatu adsorben. Zeolit ialah adsorben yang biasa digunakan karena memiliki struktur 3 dimensi dengan pori yang besar (Wardhani, 2019).

Zeolit dapat dimodifikasi sesuai dengan yang dibutuhkan karena memiliki struktur unik yang mudah diatur (Ali, 2019). Dalam dunia industri zeolit dimanfaatkan sebagai adsorben, penghilang logam berat dan katalis. Namun pemanfaatan potensi zeolit hingga saat ini belum maksimal sehingga perlu dikembangkan agar aplikasinya lebih bervariasi (Muttaqii, 2019) karena zeolit merupakan salah satu mineral yang banyak di temukan di Indonesia. Di Pulau Jawa sumber daya zeolit yang paling banyak ditemukan di wilayah Wonosari dan Klaten (Setiawan, 2018).

Penelitian ini dilakukan pemanfaatan zeolit alam teraktivasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) yang berasal dari Kecamatan Wonosari Kabupaten Gunungkidul Daerah Istimewa Yogyakarta. Zeolit alam ini digunakan sebagai pengemban fotokatalis  $TiO_2$  untuk mengoptimalkan kemampuannya dalam mendegradasi limbah cair industri tahu. Penelitian ini diharapkan menjadi alternatif dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan (Setiyawati, 2020). Proses fotodegradasi dilakukan dengan variasi kondisi reaksi, variasi berat dan variasi suhu. Pembaruan dalam penelitian ini adalah fotodegradasi yang diaplikasikan pada limbah cair tahu dan uji kinerja katalis untuk memperoleh titik optimum tingkat degradasi pada limbah cair tahu.

## **B. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Sampel limbah cair yang digunakan untuk penelitian berada di daerah Piyungan, Bantul, Yogyakarta.
2. Karakterisasi kristal  $TiO_2$  dilakukan memakai instrumen XRD, Uv-Vis DRS, dan FTIR.
3. Zeolit alam yang digunakan berasal dari Gunungkidul, Yogyakarta.

4. Aktivasi zeolit alam dilakukan dengan menggunakan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 2 N.
5. Uji kinerja katalis dilakukan dengan pengukuran kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dengan beberapa variasi.
6. Uji parameter limbah cair yang digunakan ialah parameter COD, BOD, TSS dan pH.

### **C. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik fisik (gugus fungsi, ukuran kristal, struktur kristal dan energi celah pita) dari material zeolit aktivasi dan komposit  $\text{TiO}_2$ -zeolit?
2. Bagaimana uji kinerja  $\text{TiO}_2$ -zeolit dalam mendegradasi kadar COD pada limbah cair?
3. Bagaimana aplikasi  $\text{TiO}_2$ -zeolit terhadap penurunan kadar limbah cair industri tahu?

### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengkaji karakteristik fisik (gugus fungsi, ukuran kristal, struktur kristal dan energi celah pita) material zeolit aktivasi dan komposit  $\text{TiO}_2$ -zeolit.
2. Mengkaji uji kinerja  $\text{TiO}_2$ -zeolit dalam uji COD pada limbah cair tahu.
3. Mengkaji aplikasi  $\text{TiO}_2$ -zeolit dalam mendegradasi limbah cair industri tahu.

### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kajian pengembangan zeolit alam yang belum dimanfaatkan secara maksimal melalui aktivasi zeolit dan modifikasi zeolit yang diimbangkan pada  $\text{TiO}_2$  sebagai katalis dalam proses fotokatalis dan memberikan metode alternatif yang efisien dan efektif dalam pengolahan limbah cair industri tahu.



## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengolahan limbah cair secara fotokatalis menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>-zeolit dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil analisa FTIR zeolit aktivasi menunjukkan puncak-puncak yang muncul merupakan gugus fungsi dari kerangka zeolit, vibrasi ulur asimetri Al-O dan Si-O pada bilangan gelombang 794,67 cm<sup>-1</sup> dan 1080,14 cm<sup>-1</sup> dan vibrasi tekuk Si-O dan Al-O pada bilangan gelombang 470,63 cm<sup>-1</sup>. Analisa dengan XRD menunjukkan karakteristik zeolit mordenit dengan daerah 2θ = 19,61; 21,182; 25,862; 26,959 dan 27,544. Hasil karakterisasi FTIR sintesis TiO<sub>2</sub>-zeolit menunjukkan pada bilangan gelombang 694,37 cm<sup>-1</sup> merupakan gugus fungsi dari material TiO<sub>2</sub>. Analisa XRD menunjukkan karakteristik TiO<sub>2</sub> fasa anatase dan monoklinik. Sedangkan hasil sintesis TiO<sub>2</sub>-zeolit didapatkan energi celah pitanya mengalami penurunan dari TiO<sub>2</sub> sintesis sebesar 3,03 eV menjadi 2,75 eV pada katalis TiO<sub>2</sub>-zeolit terlihat pada spektra UV-Vis *Diffuse Reflectance Spectroscopy* (DRS).
2. Uji kinerja katalis TiO<sub>2</sub>-zeolit secara fotodegradasi menunjukkan bahwa semakin besar massa katalis yang digunakan maka persen degradasi akan semakin tinggi. Waktu kontak antara katalis dan limbah cair tahu paling optimum yaitu 30 menit. Degradasi limbah cair tahu dengan katalis TiO<sub>2</sub>-zeolit mengikuti kinetika orde 2.
3. Pengolahan limbah cair tahu secara fotokatalis menggunakan katalis TiO<sub>2</sub>-zeolit memiliki penurunan kadar pencemar limbah cair tahu dengan tingkat efektivitas

adalah sebagai berikut: COD (72%), BOD (17,8%), TSS (51,7%) dan pH (6,1). Dari keempat parameter tersebut parameter COD mengalami penurunan yang paling tinggi, namun belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang standar baku mutu bagi industri tahu.

## **B. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian lebih lanjut antara lain:

1. Perlu dilakukan analisa kromatografi lanjutan seperti GCMS dan HPLC agar diketahui kandungan dari larutan sisa hasil fotodegradasi.
2. Perlu dilakukan karakterisasi menggunakan instrumen XRF untuk diketahui unsur penyusun pada TiO<sub>2</sub>-zeolit.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrozi, A. S. (2010). *Sintesis Dan Karakterisasi Katalis Non Komposit Berbasis Titania Untuk Produksi Hidrogen Dari Gliserol Dan Air*. Jakarta: Jurusan Teknik Kimia UI.
- Agung Rasmito, A. H. (2019). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dengan Cara Fermentasi Limbah Cair Tahu, Starter Filtrat Kulit Pisang Dan Kubis, Dan Bioaktivator Em4. *Jurnal Iptek*, 23 (1).
- Alaerts, G. D. (1984). *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Ali, M., & Agustina, R. P. (2019). Degradasi Sianida Dengan Pengolahan Fotokatalis Tio<sub>2</sub>-Zeolit Pada Limbah Tapioka. *Jurnal Envirotek*, 11 (1).
- Andika, B., Wahyuningsih, P., & Dan Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD Dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air Dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, Vol 2 (1).
- Aprilianingrum, Fia Azzahraawani. (2016). Optimalisasi dan Regenerasi Fotokatalis Ca<sub>1-x</sub>Co<sub>x</sub>TiO<sub>3</sub> Pada Proses Degradasi Metilen Biru Dengan Sinar UV. *Skripsi*. FMIPA. Kimia. Yogyakarta: UNY.
- Aulia, M., Mahmud, & Mu'min, B. (2021). Studi Isoterm Dan Kinetika Adsorpsi COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Air Sungai Terhadap Karbon Aktif Kayu Ulin. *JTAM Teknik Lingkungan*, Vol 4 (2).
- Badan Pusat Statistik. 2016. Survey Sosial Ekonomi Nasional Tahun 2016 . Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan.
- Cheetam, D. A. (1992). *Solid State Compound*. Oxford University.
- Das, A., Adak, M. K., Mahata, N., & Biswas, B. (2021). Wastewater Treatment With The Advent Of Tio<sub>2</sub> Endowed Photocatalysts And Their Reaction Kinetics With Scavenger Effect. *Journal Of Molecular Liquids*.
- Effendy. (2010). *Logam, Aloi, Semikonduktor, Dan Superkonduktor*. Malang: Bayumedia Publishing.
- Ethica, S. N. (2018). *Buku Referensi Bioremediasi Limbah Biomedik Cair*. Yogyakarta: Deepublish.
- Fadli, D. A., & Utami, A. Y. (2021). Pengaruh Karakteristik Limbah Cair Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai Di Desa Siraman, Kecamatan Wonosari, Kabupaten Gunungkidul, DIY. *Prosiding Seminar Nasional*.

- Fatmawati, D., Aritonang, A. B., & Nurlina, D. (2018). Sintesis Dan Karakterisasi TiO<sub>2</sub>-Kaolin Menggunakan Metode Sol Gel. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, Vol 8 (2).
- Fauzi, W. A., Simpen, I. N., & Dan Sudiarta, I. W. (2019). Sintesis Dan Karakterisasi Zeolit-TiO<sub>2</sub> Serta Pemanfaatannya Sebagai Fotokatalis Untuk Degradasi Rhodamin B. *Jurnal Kimia (Journal Of Chemistry)*, 13 (1).
- Flanigen, E. M., Jacobs, P., Jansen, J., & Bekkum, H. V. (1991). *Introduction To Zeolite Science And Practice, 1st Edition*. New York: Elsevier.
- Flanigen, M., & Sand, L. (1971). *Infrared Structure Studies Of Zeolite Framework*. American Society Advances In Chemistry.
- Gustina, L. R., & Koesnarpadi, S. D. (2020). Modifikasi Zeolit Alam Dengan TiO<sub>2</sub> Untuk Degradasi Rhodamin B Dari Limbah Sarung Tenun Secara Fotokatalisis. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 17 (2).
- Gustina, L. R., Koesnarpadi, S., & Dan Hindryawati, N. (2020). Modifikasi Zeolit Alam Dengan TiO<sub>2</sub> Untuk Degradasi Rhodamin B Dari Limbah Sarung Tenun Secara Fotokatalisis. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 17 (2).
- Haerun, R., Mallongi, A., & Dan Natsir, M. F. (2018). Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow Dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan (JNIK) LP2M Unhas*, Vol 1 (2).
- Hartono, R., Wijanarko, A., & Hermansyah, D. H. (2018). Potensi Zeolit Alam Bayah Banten Sebagai Katalis Heterogen Pada Pembuatan Biodiesel Secara Transesterifikasi. *Prosiding Semnastek*.
- Hendayana, S. (1994). *Kimia Analitik Instrumen Edisi Ketiga*. Semarang: IKIP Semarang Press.
- Hoffman, M. R., Martin, Scot T., Choi, Wonyong dan Bahneman, D.W. (1995). Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*. 95 (1).
- Husaini, & Suyartono. (1991). *Tinjauan Terhadap Kegiatan Penelitian Karakterisasi Dan Pemanfaatan Zeolit Indonesia*. Bandung: PPTM. JPPSH.
- Khatimah, N., & Kadirman Dan Fadilah, R. (2018). Studi Pembuatan Nugget Berbahan Dasar Tahu Dengan Tambah Sayuran. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, Vol 4.
- Kim, H., Choi, J., & Hun-Joon Sohn Dan Kang, T. (1999). The Insertion Mechanism Of Lithium Into Mg<sub>2</sub>Si Anode Material For Li-Ion Batteries. *J. Electrochem Soc.*

- Kordi, K. (2010). *Budidaya Perairan*. Bandung: Citra Aditya Bakti.
- Krisdiyanto, Didik, Wahidatun, Khoirul Wahyu, Khamidinal dan Nugraha, Irwan. (2015). Kesetimbangan, Kinetika Dan Termodinamika Adsorpsi Logam Cr(Vi) Pada Zeolit Alam Dari Klaten Yang Teraktivasi Asam Sulfat. *Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 9 (1).
- Lukman, L. K., & Kusumawardani, C. (2020). Optimasi Waktu Dan Suhu Hidrotermal Pada Sintesis Nanotabung TiO<sub>2</sub> Terdoping Nitrogen Untuk Aplikasi Fotokatalis. *Jurnal Sains Dasar*, Vol 9 (2).
- Martini, S., Yuliwati, E. dan Kharismadewi, D. (2020). Pembuatan Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri. *Distilasi* . 5(2).
- Muhajir, Mika Septiawan. (2013). "Penurunan Limbah Cair BOD Dan COD Pada Industri Tahu Menggunakan Tanaman Cattail (*typha Angustifolia*) Dengan Sistem Constructed Wetland" . Skripsi. FMIPA. Kimia. Semarang: UNS.
- Masitho, D., Mustopa, R., Brata, B., & Suherman, D. (2021). Analisa Kualitas Limbah Cair Industri Tahu Dan Strategi Pengelolaan Penanganan Limbah Cair Industri Tahu Wilayah Kabupaten Rejang Lebong. *Jurnal Penelitian Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 10 (2).
- Mawarni, T., Fadarina, H., Aznury, M., & Taufik, M. (2021). Degradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Sintesis Fotokatalis ZnO/NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Dan Diaplikasikan Pada Limbah Cair Industri Pulp Dan Kertas. *Jurnal Kinetika*, 12 (3).
- Muttaqi, M., Brawidha, D. C., Isnugroho, K., Amin, M., Hendronursito, Y., Istiqomah, A. D., & Dewangga, D. P. (2019). Pengaruh Aktivasi Secara Kimia Menggunakan Larutan Asam Dan Basa Terhadap Karakteristik Zeolit Alam. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 13 (2).
- Nababan, D. , Sitorus, M.E.J. , Brahmana, N.E.Br. dan Silitonga, E.M. (2019). Kemampuan Biofilter Anaerob Berdasarkan Jenis Media Dalam Pengolahan Air Limbah Domestik Tahun 2016 . *Jurnal Riset Hesti Medan Akper Kesdam I/BB Medan* . 4 (2) .
- Nurhalimah, Deci Siti. (2017). Uji Fotodegradasi TiO<sub>2</sub> Zeolit terhadap metilen Biru Dan Senyawa Organik Limbah Cair Industri Tahu. Skripsi. SAINTEK. Kimia. Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.
- Nursabrina, Aisya , Joko, Tri dan Septiani, Onny . (2021). Kondisi Pengelolaan Limbah B3 Industri Di Indonesia Dan Potensi Dampaknya: Studi Literatur. *Jurnal Riset Kesehatan*. 13 (1).

- Pagoray, H., Fitriyani, & Sulistyawati. (2021). Limbah Cair Industri Tahu Dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air Dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, Vol 9 (1).
- Pradana, T. D., Suharno, & Apriansyah, D. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan Kadar TSS Dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4 (2).
- Pradipta, A. R., Enriyani, R., Rahmatia, L., & Utami, A. (2021). Sintesis Nanokomposit  $\text{Fe}_3\text{O}_4/\text{TiO}_2$  Sebagai Fotokatalis Yang Dapat Diambil Kembali Dalam Fotoreduksi Limbah Ion Perak(I). *Warta Akab*, 45 (1).
- Pratama, N. A. (2018). Fotodegradasi Methylene Blue Menggunakan Komposit  $\text{TiO}_2$ -Zeolit Dengan Perlakuan Aerasi. *Skripsi*.
- Rahayu, E. S., Rahayu, S., Sidar, A., Purwadi, T., & Rochdyanto, S. (2012). *Teknologi Proses Produksi Tahu*. Yogyakarta: PT Kanisius.
- Rahma, Cukri. (2018). Efek Doping Terhadap Aktivitas Fotokatalis  $\text{Na}_2\text{Ti}_6\text{O}_{13}$  Dalam Mendegradasi Limbah Cair *Methylene Blue* Pada Industri tekstil . *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Pada Masyarakat*, Aceh: 2 Oktober 2018.
- Rasmito, A., Hutomo, A., & Hartono, A. P. (2019). Pembuatan Pupuk Organik Cair Dengan Cara Fermentasi Limbah Cair Tahu, Starter Filtrat Kulit Pisang Dan Kubis, Dan Bioaktivator EM<sub>4</sub>. *Jurnal IPTEK*, 23 (1).
- Rohman, T., Irwan, A., & Rahmi, Z. (2018). Penurunan Kadar Amoniak Dan Fosfat Limbah Cair Tahu Secara Foto Katalitik Menggunakan  $\text{TiO}_2$  Dan  $\text{H}_2\text{O}_2$ . *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, Vol 8 (2).
- Said, A. (2021). Degradasi Pewarna Tartrazin Dengan Fotokatalis Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ). *Cokroaminoto Journal Of Chemical Science*.
- Said, N. I. (2002). *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Biologis*. Jakarta: Pusat Pengkajian Dan Penerapan Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material Dan Lingkungan, Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi.
- Sakti, R., Subagio, A., & Dan Sutanto, H. (2019). Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit  $\text{TiO}_2/\text{CNT}$  Menggunakan Metode Sol-Gel Dan Aplikasinya Untuk Fotodegradasi Zat Warna Azo Orange 3R. *Younger Physics Journal*, Vol 1(3).
- Sanjaya, H., Hardeli, & Syafitri, R. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis  $\text{ZnO-TiO}_2$  Secara Fotosonolisis. *Eksakta*, 19(1).
- Sasmita, J. F. (2018). Kajian Kinetika Degradasi Termal Dan Stabilitas Kurkuminoid Dalam Sistem Dispersi Padat Ekstrak Kunyit-Pvp K-30 Pada Berbagai Drugload. *Skripsi*.

- Sayow, F., Polii, B. V., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Jurnal Transdisiplin Pertanian*.
- Septian, D. D., & Dan Sugiarti, S. (2019). Modifikasi Zeolit Alam Ende Dengan Garam Logam Serta Potensinya Sebagai Katalis Transformasi Glukosa Menjadi 5-Hidroksimetilfurfural (HMF). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 15 (2).
- Setiawan, Y., Mahatmanti, F. W., & Harjono, D. (2018). Preparasi Dan Karakterisasi Nanozeolit Dari Zeolit Alam Gunungkidul Dengan Metode Top-Down. *Indonesian Journal Of Chemical Science*, 7 (1).
- Setiyawati, D., Simpen, I. N., & Ratnayani, O. (2020). Fotodegradasi Zat Warna Limbah Cair Industri Pencelupan Dengan Katalis Zeolit Alam/TiO<sub>2</sub> Dan Sinar UV. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal Of Applied Chemistry)*, 8 (1).
- Simonescu. (2012). *Application Of FTIR Spectroscopy In Environmental Studies*. Intech.
- Sinko, P. (2006). *Martin Farmasi Fisika Dan Ilmu Farmasetika*. Jakarta: EGC.
- Smith, B. (2011). *Fundamentals Of Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. CRC Press.
- Sons, J. W. (2005). *Coloring Of Plastic : Fundamentas*. New York: Wiley Published.
- Sudaryati, N. L. (2021). *Monograf Sedimen Perairan Tercemar Untuk Bahan Lumpur Aktif Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. Banten: Media Sains Indonesia.
- Suharto. (2017). *Bioteknologi Dalam Bahan Bakar Nonfosil*. Yogyakarta: Andi.
- Supeno, M. (2009). *Interaksi Asam Basa*. Medan : USU Press.
- Suslick, K.S. dan Prince, G.J. (1999). Application of Ultrasound to Material Chemistry . *Annual Review of Material Science* 29 : 295-326.
- Syukron, A., Safitri, R.E. dan Malis, E. (2019). Pengaruh Massa Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) Terhadap Pengembangan Membran Nata De Soya Pada Proses Fotodegradasi Pewarna Tekstil . *FMIPA Universitas PGRI Banyuwangi*. ISSN 2685-7065.
- Tan, K. H. (1991). *Dasar-Dasar Kimia Tanah*. Yogyakarta: UGM Press.
- Utami, N. F. (2017). Sintesis Dan Analisis Spektra IR, Difraktogram XRD, SEM Pada Material Katalis Berbahan Ni/Zeolit Alam Teraktivasi Dengan Metode Impregnasi. *Journal Cis-Trans (JC-T)*, 1 (1).

- Wardhani, S., & Andari, N. D. (2019). Fotokatalis Tio<sub>2</sub>-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Chemistry Progress*, 7 (1).
- Weithkamp, J., & Puppe, L. (1999). *Catalysis And Zeolites Fundamentals And Applications*. Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Wellia, D. V., Nofebriani, D., Pratiwi, N., & Safni, S. (2022). Synthesis Of Porous N-Doped TiO<sub>2</sub> By Using Peroxo Sol-Gel Method For Photocatalytic Reduction Of Cd(II). *Bulletin Of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 17 (1).
- West, A. R. (1984). *Solid State Chemistry And Its Application*. New York: John Wiley And Sons, Ltd.
- Wijaya, K., Surgiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., & Dan Kurniyasih, D. (2006). *Utilisasi Tio<sub>2</sub>-Zeolit Dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red*. Yogyakarta: MIPA UGM.
- Yogo Setiawan, F. W. (2018). *Preparasi Dan Karakterisasi Nanozeolit Dari Zeolit Alam Gunungkidul Dengan Metode Top-Down*. Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- Yulianto, R., Prihanto, R. L., Redjeki, S., & Iriani, D. (2020). Penurunan Kandungan Cod Dan Bod Limbah Cair Industri Tahu Dengan Metode Ozonasi. *Journal Of Chemical And Process Engineering*, Vol 1 (1).
- Yullizar, Y. (2004). *Kuliah Kimia Nanopartikel*. Depok: Departmen Kimia FMIPA UI.
- Yunita, A. I., Sulistyaningsih, T., & Dan Widiarti, N. (2019). Karakterisasi Dan Uji Sifat Fisik Material Zeolit Modifikasi Magnetit Sebagai Adsorben Ion Klorida Dalam Larutan Berair. *Indonesian Journal Of Chemical Science*.