

**SINTESIS Fe₂O₃ TERIMOBILISASI PADA SiO₂ DARI DAUN
BAMBU SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK
FOTODEGRADASI ZAT WARNA BROMO FENOL BIRU**

SKRIPSI

**Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mencapai Gelar Sarjana Sains
(S.Si) pada Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu
Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia Yogyakarta**



diajukan oleh :

HESTI MEKARSARI

No. Mahasiswa : 16612107

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020**

**SINTESIS Fe₂O₃ TERIMOBILISASI PADA SiO₂ DARI DAUN
BAMBU SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK
FOTODEKOLORISASI ZAT WARNA BROMO FENOL BIRU**

SKRIPSI

yang diajukan Oleh :

HESTI MEKARSARI

No. Mahasiswa : 16612107

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Penguji Skripsi
Prodi Ilmu Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia :

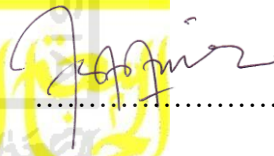
Dewan Penguji

Tanda Tangan

1. Prof. Dr. rer. nat. Ir. Agus Taftazani

.....

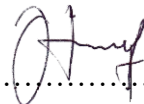

2. Prof. Dr. Is Fatimah, S.Si, M.Si

.....


3. Argo Khoirul Anas, S.Si, M.Sc.

.....


4. Wiyogo Prio Wicaksono, S.Si, M.Si

.....


Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia




Prof. Riyanto S.Pd., M.Si., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hesti Mekarsari
NIM : 16612107
Program studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul Sintesis Fe_2O_3 Terimobilisasi pada SiO_2 dari Daun Bambu Sebagai Fotokatalis untuk Fotodekolorisasi Zat Warna Bromo Fenol Biru bersifat asli dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan dalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan didalam skripsi ini. Apabila kemudian hari ditemukan pernyataan yang tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka saya berhak dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tanggung jawab.

Yogyakarta, Oktober 2020

Yang menyatakan,



Hesti Mekarsari
NIM. 16612107

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada baginda Nabi Muhammad Rasulullah SAW sebagai pembimbing dan suri tauladan bagi seluruh umat manusia.

Proposal Skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak yang selama ini telah banyak membantu dan berperan dalam menulis skripsi ini yang berjudul “Sintesis Fe_2O_3 Terimobilisasi pada SiO_2 dari Daun Bambu Sebagai Fotokatalis untuk Fotodekolorisasi Zat Warna Bromo Fenol Biru”. Laporan ini disusun bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai gelar sarjana sains (S.Si) Program Studi Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.

Selama proses penyusunan proposal skripsi ini penyusun telah mendapatkan bantuan dan bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak. Oleh Karena itu dengan segala kerendahan hati, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi.
2. Kedua orang tua dan adik-adik yang telah memberikan doa dan dukungan moril dan material sehingga penulisan proposal skripsi ini dapat terselesaikan.
3. Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
4. Dr. Dwiwarso Rubiyanto S.Si, M.Si Ketua Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia.
5. Prof. Dr. rer. nat. Ir. Agus Taftazani dan Prof. Dr. Is Fatimah S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan dan mendoakan penulis selama melakukan penelitian dan penulisan skripsi

6. Bapak Argo Khoirul Anas, S.Si, M.Sc. beserta bapak Wiyogo Prio Wicaksono M,Si selaku Dosen penguji Skripsi yang telah memberikan saran dan masukan. Terimakasih saya ucapkan untuk seluruh Dosen Kimia, staff pengajar, laboran, vii dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
7. Sahabat dan seluruh keluarga kimia yang telah memberikan dukungan kepada penulis.
8. Teman-Teman Lab. MEE dan kimia 2016 yang telah memotivasi dan mendukung penulis dalam menyelesaikan proposal skripsi.

Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan arahan, bimbingan, kritik, dan saran yang membangun. Akhir kata, penulis berharap laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, semua pihak yang terkait dan bagi ilmu pengetahuan.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, Oktober 2020

Hesti Mekarsari

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Fotodegradasi zat warna.....	4
2.2 Katalis Fe_2O_3 terimobilisasi SiO_2	7
BAB III	11
DASAR TEORI	11
3.1 Fotokatalis	11
3.2 Jenis katalis.....	12
3.3 Tanaman Bambu.....	12
3.4 Bromophenol blue	13
3.5 Besi (III) oksida (Fe_2O_3)	14
3.6 Spektrofotometer Uv-Vis	14
3.6 Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy FTIR.....	16

3.7 XRD (X-Ray Diffraction)	17
3.8 SEM-EDX (Scanning Electron Microscope Energi Dispersive X-Ray).....	18
3.9 Kinetika Reaksi	20
BAB IV	22
METODE PENELITIAN.....	22
4.1 Alat dan Bahan	22
4.1.1 Alat Penelitian.....	22
4.2 Prosedur Penelitian.....	23
4.2.1 Preparasi SiO ₂ dari daun bambu kering.....	23
4.2.2 Pembuatan Ekstrak Kulit Pete	23
4.2.3 Preparasi Katalis Fe ₃ O ₄ pada SiO ₂	23
4.2.4 Karakterisasi fotokatalis Fe ₃ O ₄ -SiO ₂	23
4.2.5 Uji aktivitas fotokatalis.....	23
BAB V.....	25
PEMBAHASAN	25
5.1 Preparasi SiO ₂ dari daun bambu kering	25
5.2 pembuatan ekstrak kulit pete.....	26
BAB VI	36
KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
6.1 Kesimpulan.....	36
6.2 Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme reaksi fotokatalis secara umum.....	7
Gambar 2. Struktur Bromo Fenol biru	14
Gambar 3. Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis (Khopkar, 2003)	15
Gambar 4. Skema FTIR	17
Gambar 5. Skematik Alat <i>Scanning Electron Microscopy</i>	20
Gambar 6. Silika dari daun bambu.....	25
Gambar 7. Ekstrak kulit pete.....	26
Gambar 8. Hasil sintesis Fe ₂ O ₃ -SiO ₂	27
Gambar 9. Spektra Inframerah dari Fe ₂ O ₃ -SiO ₂	28
Gambar 10. Difraktogram dari Fe ₂ O ₃ -SiO ₂	29
Gambar 11. Citra SEM dari Fe ₂ O ₃ -SiO ₂	30
Gambar 12. Hasil analisis EDX Fe ₂ O ₃ -SiO ₂	31
Gambar 13. Perubahan konsentrasi BPB dengan katalis Fe ₂ O ₃ -SiO ₂ tanpa penambahan H ₂ O ₂ dan dengan H ₂ O ₂	32
Gambar 14. Skematik Reaksi Fotokatalis	33
Gambar 15. Perubahan zat warna BPB dengan dan tanpa penambahan H ₂ O ₂	35

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil penelitian Fe_2O_3 teremban sebagai fotokatalis	8
Tabel 2. Komposisi unsur penyusun $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$	31
Tabel 3. Orde reaksi fotodegradasi zat warna BPB	34



**SINTESIS Fe₂O₃ TERIMOBILISASI PADA SiO₂ DARI DAUN
BAMBU SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK
FOTODEKOLORI ZAT WARNA BROMO FENOL BIRU**

Hesti Mekarsari

16612107

INTISARI

Pada penelitian ini dilakukan penelitian tentang fotodegradasi zat warna Bromofenol Biru (BPB) menggunakan fotokatalis Fe₂O₃ terimobilisasi SiO₂. SiO₂ disintesis dengan menggunakan daun bambu sedangkan Fe₂O₃ telah disintesis menggunakan metode sintesis kimia hijau menggunakan ekstrak kulit petai (*Parkia speciosa hassk*). Fe₂O₃ dibuat dengan prekursor FeCl₃.6H₂O dan FeSO₄.7H₂O kemudian ditambahkan dengan SiO₂ dari daun bambu dan di sonifikasi. Karakterisasi Fe₂O₃-SiO₂ dilakukan dengan menggunakan XRD, FTIR, SEM-EDX, dan spektroskopi UV-Vis. Uji aktivitas fotodegradasi dilakukan pada zat warna BPB 20 ppm dengan variasi waktu 0, 15, 30, 25 dan 60 menit. Hasil fotodegradasi dianalisis dengan spektroskopi UV-Vis. Hasil uji menunjukkan bahwa penambahan H₂O₂ memberikan persentase fotodegradasi yang lebih tinggi yaitu sebesar 99,17 % dibandingkan dengan tanpa penambahan H₂O₂ yaitu sebesar 97,83 %.

Kata Kunci : Daun bambu, Fe₂O₃-SiO₂, fotodegradasi, bromofenol biru

**SYNTHESIS OF IMOBILIZED Fe₂O₃ ON SiO₂ FROM
BAMBOO LEAVES AS A PHOTOCATALIST FOR
PHOTODECOLORIZATION OF BROMO PHENOL BLUE**

Hesti Mekarsari

16612107

ABSTRAK

A study has been conducted about photodegradation of bromophenol blue (BPB) using a photocatalyst. SiO₂ has been synthesized using bamboo leaves while Fe₂O₃ has been synthesized using green chemical synthesis method using petai bark extract (*Parkia speciosa hassk*). Characterization of Fe₂O₃-SiO₂ was performed using XRD, FTIR, SEM-EDX, and UV-Vis Spectroscopy. The photodegradation activity test was carried out on 20 ppm BPB dye with time variations of 0, 15, 30, 25 and 60 minutes. The photodegradation results were analyzed by UV-Vis spectroscopy. The test results showed that the addition of H₂O₂ gave a higher percentage of photodegradation, namely 99.17% compared to without the addition of H₂O₂, which was 97.83%.

Key : *Bamboo leaves, Fe₂O₃-SiO₂, fotodegradation, bromofenol blue*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tekstil di Indonesia berkembang begitu pesat sehingga menimbulkan dampak signifikan terhadap lingkungan perairan karena dalam prosesnya menggunakan zat warna. Banyak industri tekstil yang menggunakan pewarna sintetis karena murah, tahan lama, mudah diperoleh, dan mudah dalam penggunaan. Zat warna sintesis banyak digunakan dalam industri tekstil karena terikat kuat pada kain yang menjadikan kain tidak mudah pudar. Namun zat warna ini biasanya mengandung senyawa organik yang sulit didegradasi secara biologis. Hal tersebut dapat memberikan dampak negatif seperti pencemaran jika limbah yang mengandung zat warna tersebut dibuang secara langsung ke aliran sungai atau tidak diolah dengan baik sehingga masih mengandung zat yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan (Fayazi, dkk., 2016)

Upaya untuk pengolahan limbah zat warna ini sudah dilakukan berbagai cara yaitu adsorpsi menggunakan pasir aktif dan karbon aktif, atau lempung zeolite sampai metode yang mutakhir seperti biodegradasi, irradiasi pengion, maupun teknologi plasma. Namun metode secara konvensional ini memiliki kekurangan yaitu tidak efektif dalam mendegradasi zat pencemar dan memerlukan biaya yang cukup tinggi. Upaya alternatif dalam pengolahan limbah yaitu dengan prinsip fotodegradasi menggunakan material fotokatalis.

Beberapa oksida logam yang memiliki sifat semikonduktor seperti TiO_2 , ZnO , CuO , CdO , Fe_2O_3 , telah digunakan sebagai fotokatalis. Salah satu fotokatalis yang ekonomis yaitu Fe_2O_3 . Beberapa penelitian yang mengangkat Fe_2O_3 sebagai fotokatalis yaitu penelitian fotodegradasi zat warna remazol brilliant blue menggunakan bentonit- Fe_2O_3 . Persentase fotodegradasi paling maksimal diperoleh pada massa bentonit- Fe_2O_3 100 mg, dalam pH 4 dan waktu radiasi 2 jam, serta konsentrasi zat warna yang digunakan 200 ppm. Fotodegradasi menggunakan fotokatalis bentonit- Fe_2O_3 dengan sinar UV pada kondisi optimumnya dapat mendegradasi zat warna remazol brilliant blue sebesar 98,20%. (Riskiani, dkk.,

2019) Penelitian yang lain yaitu fotodegradasi jingga metil dengan menggunakan fotokatalis Fe_2O_3 -zeolit dapat mendegradasi jingga metil sebesar 52,54% dengan waktu penyinaran 60 menit (Wardhani, dkk., 2015).

Kelemahan Fe_2O_3 sebagai fotokatalis yaitu kemampuan fotokatalitiknya masih relatif rendah. Ini dikarenakan oksida besi mudah mengalami fotoreduksi yang berakibat pada pelarutan oksida yang menyebabkan larutan menjadi keruh. Hal ini mengganggu proses penyerapan cahaya oleh fotokatalis sehingga dapat menurunkan efisiensi dan efektivitas fotokatalisis (Kurnati, dkk., 2009). Untuk itu diperlukan immobilisasi Fe_2O_3 untuk mencegah pelarutan oksida cara merekombinasikan oksida besi dengan matriks seperti zeolit, lempung, silika atau polimer lain. Yang telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya yaitu dengan silika. Efektivitas fotodegradasi dengan menggunakan Fe_2O_3 - SiO_2 lebih tinggi yaitu sebesar 55,387% dibandingkan dengan oksida besi bebas yaitu 11,86%. Hal ini menunjukkan terimobilisasi oksida besi dalam silika dapat peningkatan fotoaktivitas sebagai fotokatalis dibandingkan dengan oksida besi bebas. (Fatimah, dkk., 2019)

Silika merupakan material berpori dengan komponen utama silikon dan oksigen. Salah satu contoh populer dari silika yaitu silika gel yang memiliki rumus kimia SiO_2 , suatu bahan yang serupa dengan penyusun pasir. Perbedaan antara silika gel dengan pasir yaitu pasir berstruktur kristalin dan tidak berpori, sedangkan silika gel memiliki struktur non-kristalin dan berpori. Silika gel memiliki sifat amorf adsorptif dengan karakteristik kimia yang stabil dan memiliki struktur pori yang tidak seragam. (Wijaya, K., 2010)

Berdasarkan penjelasan tersebut dalam penelitian ini akan dilakukan sintesis fotokatalis Fe_2O_3 yang diimmobilisasi pada SiO_2 dari limbah daun bamboo. Fotokatalis Fe_2O_3 - SiO_2 dari limbah daun bambu ini akan dikarakterisasi menggunakan alat instrumen SEM, XRD, FTIR, dan UV-Vis. Serbuk hasil sintesis akan digunakan sebagai katalis pada fotodegradasi zat warna.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana cara preparasi dan karakterisasi fotokatalis Fe_2O_3 - SiO_2 dari daun bambu sebagai fotokatalis dalam fotodegradasi zat warna?

2. Bagaimana kemampuan aktivitas fotokatalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dari daun bambu pada fotodegradasi zat warna dengan variasi waktu dan penambahan H_2O_2 ?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui proses preparasi dan karakterisasi fotokatalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dari daun bambu sebagai fotokatalis dalam fotodegradasi zat warna.
2. Mengetahui kemampuan aktivitas fotokatalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dari daun bambu dalam mendegradasi zat warna.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah untuk memanfaatkan sumber daya alam Indonesia yang melimpah khususnya pada daun bambu dan menemukan cara baru untuk menanggulangi zat warna yang efektif dan efisien serta ramah lingkungan, dapat memberikan penanganan pada pencemaran lingkungan berupa zat warna bromo fenol biru atau limbah tekstil berwarna dengan memanfaatkan material $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ sebagai katalis. Selain itu peran fotokatalis dapat mengoptimalkan dalam meningkatkan produktivitas industri tekstil tanpa khawatir mencemari lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotodegradasi zat warna

Industri tekstil di Indonesia sendiri mengalami peningkatan yang pesat untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam hal pakaian. Tetapi banyaknya jumlah industri tekstil di Indonesia tidak diimbangi dengan pengolahan limbah cair yang baik dan benar. Banyak industri tekstil di Indonesia menggunakan pewarna sintetis, hal ini dikarenakan lebih murah, tahan lama, mudah diperoleh, dan mudah dalam penggunaan. Tetapi kekurangan dalam penggunaan pewarna tekstil sintetis yaitu limbah yang dihasilkan sulit terdegradasi. Sehingga limbah pewarna tekstil harus diolah dengan baik dan benar sebelum dibuang ke lingkungan. (Ruzicka dkk 2014). Limbah zat warna tekstil sintetis sulit didegradasi baik secara biologis maupun kimiawi. Akibat zat warna tekstil sulit didegradasi, maka akan terjadi akumulasi atau penumpukan zat warna tekstil sintetis dalam air yang dapat mengganggu kehidupan biota air. Selain itu, zat warna tersebut dapat mengganggu kesehatan, misalnya iritasi kulit, iritasi mata, dan kanker (Ferdian, dkk., 2007).

Molekul zat warna terdiri dari gabungan zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat. Zat organik tidak jenuh dalam pembentukan zat warna yaitu senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya, serta senyawa-senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen. Sedangkan gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna (Manurung dkk 2004).

Salah satu pengolahan limbah zat warna yaitu dengan menggunakan prinsip fotokatalitik (Alinsafi et al. 2006). Fotodegradasi dalam prosesnya menggunakan cahaya (sinar matahari atau lampu UV) untuk mengaktifkan proses katalisis pada permukaan dari bahan semikonduktor yang akan menghasilkan radikal hidroksil (OH⁻) yang berfungsi untuk mendegradasi zat warna. Radikal hidroksil memiliki reaktivitas yang tinggi sehingga dengan meningkatnya jumlah radikal hidroksil maka semakin banyak zat warna yang terdegradasi. Sinar matahari

yang sampai ke bumi memiliki intensitas yang lemah sehingga proses degradasi berlangsung lambat. Untuk meningkatkan laju tersebut maka digunakan fotokatalis berupa oksida logam yang memiliki sifat semikonduktor seperti TiO_2 , ZnO , CuO , CdO , Fe_2O_3 , dan sebagainya. Bahan semikonduktor juga memiliki kemampuan fotokatalitik sehingga ketika terkena cahaya pada panjang gelombang (λ) tertentu akan menjadi oksidator yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (Charliell, dkk., 1995)

Dhamayanti, dkk (2015) melakukan penelitian fotodegradasi zat warna methyl orange menggunakan Fe_2O_3 -montmorillonit dan sinar ultraviolet. Peningkatan sifat semikonduktivitas ditunjukkan dengan kenaikan E_g dari 3,69 eV pada Fe_2O_3 ruah menjadi 3,80 eV pada Fe_2O_3 -montmorillonit. Aktivitas fotokatalisis Fe_2O_3 -montmorillonit untuk mendegradasi methyl orange mencapai 53,55% selama 70 menit penyinaran uv pada panjang gelombang 365 nm. Pembuatan Katalis Fe_2O_3 -montmorillonit dengan cara mendispersikan larutan kation besi polihidroksi ke dalam suspensi montmorillonit dengan perbandingan 40 mmol Fe/g montmorillonit (bentonit). Campuran diaduk selama lima jam dan dikalsinasi pada temperatur 250 °C selama lima jam.

Penelitian lain yaitu Wardhani, dkk (2015) melakukan penelitian fotodegradasi zat warna jingga metil menggunakan fotokatalis Fe_2O_3 -zeolit. Uji fotokatalis dilakukan dengan menambahkan 25 mg Fe_2O_3 -zeolit ke dalam larutan jingga metil 25 mL lalu diberikan sinar ultra violet 20 – 100 menit. Parameter pH jingga metil yang digunakan yaitu pH 2, 4, 6, 8, dan 10 sedangkan konsentrasi jingga metil yaitu 5, 10, 15, 20, dan 30 mg/L. Hasil dari penelitian ini menunjukkan lama penyinaran optimum pada 60 menit, konsentrasi Fe(III) terimpregnasi optimum adalah 40 mmol/g zeolit, konsentrasi dan pH optimum jingga metil yaitu 15 mg/L dan pH 2. Fotokatalis Fe_2O_3 -zeolit mampu mendegradasi jingga metil pada kondisi optimum sebesar 52,54%.

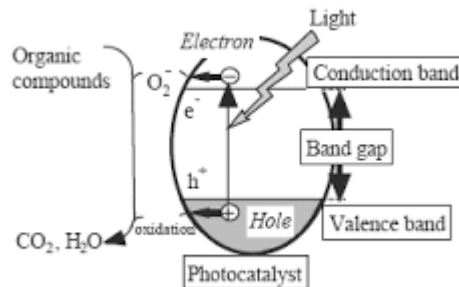
Pada penelitian lain yaitu Fotodegradasi zat warna remazol brilliant blue dengan fotokatalis bentonit- Fe_2O_3 . Hasil penelitian menunjukkan ukuran partikel dari bentonit dan bentonit- Fe_2O_3 sebesar 2707,6 nm dan 2726,9 nm, selain itu bentonit- Fe_2O_3 memiliki puncak yang tajam hal ini menunjukkan tingkat

kristalinitas tinggi, dan terdapat gugus fungsi Fe-O dalam bentonit-Fe₂O₃. Hasil analisis dengan SEM menunjukkan bahwa permukaan bentonit-Fe₂O₃ lebih homogen daripada bentonit. Fotodegradasi optimum dihasilkan pada massa bentonit-Fe₂O₃ 100 mg, pH 4, waktu irradiasi 2 jam, dan konsentrasi zat warna 200 ppm. Efektivitas fotodegradasi sebesar (98,20 ± 0,0676) % (Riskiani, dkk., 2019)

Fotodegradasi dalam prosesnya menggunakan energi dari cahaya (sinar matahari atau lampu UV) untuk mengaktifkan proses katalisis pada permukaan dari bahan semikonduktor yang akan menghasilkan radikal hidroksil (OH⁻) yang berfungsi untuk mendegradasi polutan organik dan zat warna. Radikal hidroksil memiliki reaktivitas yang tinggi sehingga dengan meningkatnya jumlah radikal hidroksil maka semakin banyak zat warna yang terdegradasi. Sinar matahari yang sampai ke bumi memiliki intensitas yang lemah sehingga proses degradasi berlangsung lambat. Untuk meningkatkan laju tersebut maka digunakan fotokatalis berupa oksida logam yang memiliki sifat semikonduktor seperti TiO₂, ZnO, CuO, CdO, Fe₂O₃, dan sebagainya. Bahan semikonduktor juga memiliki kemampuan fotokatalitik sehingga ketika terkena cahaya pada panjang gelombang (λ) tertentu akan menjadi oksidator yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (Charliell, dkk., 1995)

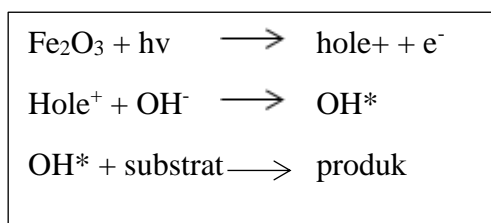
Fotokatalitik merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalis. Pada proses fotokatalitik diawali dengan terbentuknya pasangan electron hole positif (e⁻, h⁺) dalam partikel semikonduktor. Pasangan electron hole positif mengalami reaksi reduksi oksidasi menghasilkan radikal hidroksil (.OH) yang diduga dapat mendegradasi polutan organik berbahaya (Sakti et al. 2013). Prinsip fotodegradasi yaitu jika logam semikonduktor dikenai suatu energi foton maka akan terjadi loncatan elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Loncatan elektron menyebabkan timbulnya *hole* (lubang elektron) sehingga dapat berinteraksi dengan

pelarut (air) membentuk radikal OH yang bersifat aktif dan dapat menguraikan senyawa organik (Malldoti, dkk., 2000; Ranjit, dkk., 1998).



Gambar 1. Mekanisme reaksi fotokatalis secara umum

Apabila didasarkan pada prinsip mekanisme yang berlangsung, jika material fotokatalis Fe₂O₃ dikenai suatu foton dengan energi sebesar $h\nu$ yang sesuai dengan energi celah pita, maka akan terjadi eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi disertai pembentukan *hole* atau lubang elektron pada permukaan fotokatalis. Permukaan ini akan bersifat aktif redoks dan dapat mengoksidasi substrat organik sehingga menghasilkan radikal dari senyawa organik. Selain itu, permukaan aktif dapat berinteraksi dengan pelarut sehingga menghasilkan radikal *OH. Proses fotodegradasi akan diawali dengan oksidasi ion OH⁻ dari H₂O membentuk radikal, setelah suatu semikonduktor Fe₂O₃ menyerap cahaya membentuk *hole* atau lubang elektron. Adapun mekanisme reaksi yang diusulkan sebagai berikut (Mills dan Hunte, 1997) :



2.2 Katalis Fe₂O₃ terimobilisasi SiO₂

Fe₂O₃ dapat berfungsi sebagai semikonduktor fotokatalis karena struktur Fe₂O₃ memiliki pita valensi terisi dan pita konduksi kosong yang membentuk band gap (E_g) di antara kedua pita tersebut, sehingga dapat mempercepat reaksi oksidasi oleh cahaya. (Mondestov, 1997).

Besi oksida (Fe_2O_3) merupakan katalis heterogen yang bekerja dengan reaksi fenton. Hasil penelitian Zelmanov dan Zemiati menunjukkan hasil degradasi glikol etilen dan fenol dengan menggunakan nanokatalis Fe_2O_3 35 kali lebih tinggi daripada menggunakan nanokatalis homogen reaksi foto-Fenton (Kaloari, dkk., 2014). Ada amorf Fe_2O_3 dan empat polimer (alfa, beta, gamma, dan epsilon) sedangkan yang paling banyak ditemukan adalah hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) memiliki rhombedalheksagonal, prototype, struktur korundun yang banyak ditemukan di alam (Chirita, dkk., 2009).

Untuk menghasilkan nanopartikel Fe_2O_3 dapat menggunakan beberapa metode, yaitu metode sol-gel, dari metode tersebut diperoleh ukuran partikel dari Fe_2O_3 antara 22 – 56 nm (Popovici *et al.*, 2006; Safee *et al.*, 2009; Cannas *et al.*, 1998; Duhan & Devi, 2010), metode presipitasi-kalisinasi dengan ukuran partikelnya antara 2,1 – 58,5 nm (Sahoo *et al.*, 2010), metode hidrotermal dengan ukuran partikelnya 5 – 60 nm (Kandori & Ishikawa, 2004; Xiong *et al.*, 2004; Sreeja & Joy, 2007; Guohong *et al.*, 2011), metode electrodeposisi dengan ukuran partikelnya 7 – 23 nm [12], dan metode pembakaran (combustion) yang saat ini tengah dikembangkan (Basavaraja *et al.*, 2007; Song *et al.*, 2010).

Tabel 1. Hasil penelitian Fe_2O_3 teremban sebagai fotokatalis

No	Material	Hasil Penelitian	Penelitian
1	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ dari abu sekam padi	Nanokatalis Fe_2O_3 disintesis dengan metode etching menggunakan larutan HCl 12 M. Menghasilkan ukuran partikel maksimal 500 nm termasuk silika mesopori dan bentuknya tidak teratur. Komposisi utama dari hasil sintesis nanokatalis dengan silika mesopori adalah SiO_2 , adanya kandungan unsur besi pada hasil sintesis menunjukkan nanokatalis α -	(Kaloari, dkk., 2016)

		Fe ₂ O ₃ terikat baik pada permukaan silika mesopori.	
2.	Fe ₂ O ₃ /SiO ₂	Preparasi dilakukan dengan metode sol-gel pada temperatur kamar menggunakan tetraetil ortosilikat (TEOS) dan besi (III) nitrat sebagai prekursor diikuti dengan perlakuan termal pada temperature 500°C. Fe ₂ O ₃ /SiO ₂ dapat meningkatkan efektivitas fotodegradasi 4-klorofenol dari 11,86% menjadi 55,38%. Efektivitas fotodegradasi 4-klorofenol dipengaruhi oleh waktu penyinaran dan pH larutan, semakin lama waktu penyinaran efektifitas fotodegradasi semakin tinggi, namun waktu penyinaran yang lebih lama dari 4 jam dapat menurunkan efektivitasnya.	(Kunarti, dkk., 2009)
3.	Fe ₂ O ₃ /SiO ₂ dari daun bambu	Besi oksida yang didukung oleh silika biogenik yang berasal dari abu daun bambu terbukti efektif sebagai fotokatalis untuk rhodamin B fotodegradasi. Karakterisasi fisikokimia menunjukkan bahwa bahan tersebut merupakan kombinasi dari struktur nano hematit dan magnetit mulai dari 20 hingga 70nm dengan energi celah pita 2,27eV. Efektivitas degradasi hingga 99%	(Fatimah, dkk., 2019)

		dalam waktu 60 menit dengan katalis 0.2g/100mL dan H ₂ O ₂ =1 mL/L	
4.	α -Fe ₂ O ₃ /SiO ₂	Serbuk α -Fe ₂ O ₃ /SiO ₂ telah dibuat dari larutan FeCl ₃ dan SiO ₂ dengan Metode <i>Salt-Assisted Spray Pyrolysis</i> . Pada suhu 800°C kristalinitas α -Fe ₂ O ₃ belum terbentuk dan mulai terbentuk pada suhu 900°C. Serbuk α -Fe ₂ O ₃ /SiO ₂ yang dihasilkan memiliki ukuran yang cenderung bulat dengan diameter rata-rata 810 nanometer.	(Anrokhi, dkk., 2012).
5.	Fe ₂ O ₃ /SiO ₂ dari abu sekam padi (<i>Rice Husk Ash/RHA</i>)	Komposit Fe ₂ O ₃ /SiO ₂ dibuat melalui kalsinasi RHA dan FeCl ₃ pada temperatur 600 dan 900°C, selama 1 dan 4 jam. Hasil yang diperoleh pada suhu 600 °C adalah α -Fe ₂ O ₃ (hematit) dengan kadar Fe ₂ SiO ₄ rendah dan menunjukkan mikrostruktur yang terdiri dari mesopori dan makropori. Hasil fotokatalisis menunjukkan nilai konversi NO hingga 24% dapat tercapai untuk fotokatalis hematit. Selain itu, selektivitas proses oksidasi NO/NO ₂ /NO ₃ mencapai nilai setinggi 72% dengan adanya kristal hematit lempeng heksagonal besar.	(Balbuena, dkk., 2017).

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Fotokatalis

Fotokatalis berasal dari dua kata yaitu foto dan katalisis, dapat diartikan sebagai suatu proses kombinasi reaksi fotokimia yang memerlukan unsur cahaya dan katalis untuk mempercepat terjadinya transformasi kimia. Transformasi tersebut terjadi pada permukaan katalis yang katalisnya disebut sebagai fotokatalis. Fotokatalis merupakan salah satu metode AOPs (Advanced Oxidation Processes). Karakteristik AOPs adalah pembentukan radikal bebas yang sangat aktif, terutama radikal hidroksil (OH^{\bullet}) [Litter, 1999; Malato, 2003]

Proses fotokatalis dimanfaatkan untuk penghilangan atau pendegradasian polutan cair atau limbah cair menjadi senyawa yang lebih ramah lingkungan, misalnya untuk pengolahan fenol. Suatu teknologi yang didasarkan pada iradiasi fotokatalis semikonduktor seperti titanium dioksida (TiO_2), seng oksida (ZnO) atau cadmium sulfide (CdS) yang tergolong sebagai fotokatalis heterogen [Hermann, 1999].

Material fotokatalis adalah material semikonduktor dimana beberapa penelitian juga melaporkan bahwa beberapa senyawa organik juga memiliki kemampuan untuk digunakan sebagai material fotokatalis (Vyas, Lau, & Lotsch, 2016). Material fotokatalis atau semikonduktor merupakan salah satu material yang memanfaatkan proses fotokatalisis yakni suatu proses kombinasi antara fotokimia dan katalisis. Hal ini merupakan proses transformasi kimiawi yang melibatkan bantuan foton atau sinar sebagai pemicu dan pemercepat berlangsungnya proses transformasi tersebut. Proses ini memiliki kemiripan dengan proses yang terjadi pada tumbuhan yakni mekanisme fotosintesis. Material fotokatalis cukup beraneka macamnya seperti (1) fotokatalis oksida TiO_2 , ZnO , FeO_3 dan V_2O_5 ; (2) jenis sulfida seperti FeS , ZnS , MoS_2 , CdS dan PbS ; (3) jenis selenida seperti CdSe ; (4) semikonduktor *duo system* yang menggunakan TiO_2 dengan CdS , SnO_2 , ZnO atau CdSe hingga fotokatalis baru-baru ini yang telah diteliti yakni jenis fosfat Ag_3PO_4 [2-3] dan $\text{SrSn}(\text{OH})_6$.

3.2 Jenis katalis

Katalis digolongkan dalam 2 jenis, yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen yaitu katalis yang berada dalam fase yang sama dengan reaktan. Biasanya, semua reaktan dan katalis berada dalam satu fasa tunggal cair atau gas. Produksi biodiesel dengan katalis homogen secara umum menggunakan katalis H_2SO_4 , NaOH dan KOH (Busca, 2014).

Katalis heterogen merupakan katalis yang memiliki fase berbeda dengan reaktan. Interaksi yang terjadi antar substrat dan katalis berada dalam fase yang berbeda. Biasanya katalis heterogen berada dalam fase padat sedangkan pereaksi atau reaktan pada fase cair. Logam-logam transisi periode keempat adalah contoh katalisator heterogen yang banyak digunakan dalam proses-proses kimia, logam tersebut dapat berada pada keadaan logam murni maupun oksidanya (Widjajanti, 2005).

Kelebihan katalis heterogen dibandingkan dengan katalis homogen yaitu proses pemisahannya lebih mudah, katalis yang diperlukan dalam jumlah yang lebih sedikit, korosi pada reaktor minimal, dan pada umumnya dapat diregenerasi untuk mendapatkan katalis yang hampir sama dengan katalis yang belum dipakai dalam reaksi katalisis (Kurnia, 2007).

3.3 Tanaman Bambu

Bambu (*Bambusa sp.*) merupakan tanaman yang banyak ditemui di Indonesia karena tanaman ini merupakan tanaman keluarga rumput-rumputan, yang dapat menjadi penjelasan mengapa bambu memiliki laju pertumbuhan yang tinggi. Tanaman bambu banyak dimanfaatkan, pada bagian batang. Sedangkan daun yang dihasilkan hanya dibiarkan menjadi limbah agro. Padahal, kandungan silika yang cukup tinggi di abu daun bambu, menjadikan daun bambu berpotensi sebagai penghasil silika. Silika yang berasal dari bahan organik dikenal dengan nama bio-silika.

Dari kandungan silika yang dimiliki oleh bambu, pemanfaatan daun bambu menjadi lebih optimal dengan mengekstrak kandungan silika dari daun bambu tersebut. Silika merupakan bahan kimia yang pemanfaatannya dan aplikasinya cukup luas berbagai bidang. Adanya kandungan silika dalam daun

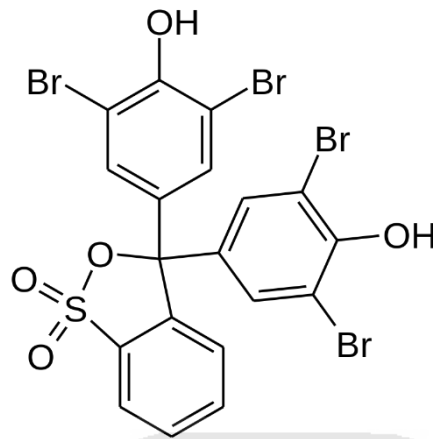
bambu memiliki potensial untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan material berbasah dasar silika. Silika dari daun bambu ini dapat diperoleh dengan metode pengabuan (Amu and Adetuberu, 2010; Cocina et al., 2008; Singh et al., 2007).

Kandungan abu daun bambu atau bamboo leaf ash (BLA) dari daun bambu sebesar 20% dengan kandungan silika sebesar 75.90 - 82.86%, di mana kandungan silika abu daun bambu ini merupakan yang terbesar kedua setelah abu sekam padi yaitu sebesar 93.2% (Dwivedi VN, et.al., 2006).

3.4 Bromophenol blue

Bromophenol blue (3',3'',5',5''-tetrabromophenolsulfonphthalein, BPB, albutest) merupakan pewarna anion phenolphthalein berbentuk serbuk oranye dengan berat molekul 669.96 g/mol. Bromophenol blue mudah larut dalam NaOH, alkohol, benzena, asam asetat dan sedikit larut dalam air. Bromophenol blue memiliki panjang gelombang maksimal sebesar 592 nm dan banyak digunakan sebagai zat pewarna. Perbedaan pH pada bromophenol blue akan mempengaruhi penyerapan warna yang terjadi. Pada pH netral, pewarna menyerap cahaya merah paling kuat dan mentransmisikan cahaya biru. Pada pH rendah, pewarna menyerap sinar ultraviolet dan biru paling kuat dan tampak berwarna kuning dalam larutan. Pada pH 3,6 dapat larut di dalam air tanpa penyesuaian pH. Bromophenol blue memiliki warna merah kehijauan yang akan berubah warna menjadi lebih terang dikarenakan terjadinya pergeseran warna atau yang sering disebut dengan warna dikromatik. Bromophenol blue merupakan zat yang memiliki nilai indeks

dikromatisasi karena memiliki perubahan rona warna terbesar, ketika konsentrasi sampel yang diamati meningkat atau menurun. (Kreft,2017).



Gambar 2. Struktur Bromo Fenol biru

3.5 Besi (III) oksida (Fe_2O_3)

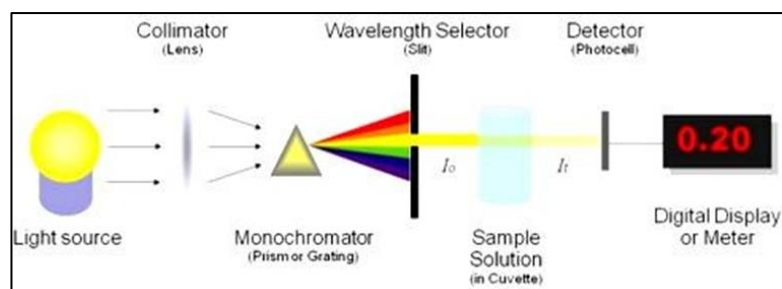
Besi (III) oksida dikenal dengan nama bijih besi adalah salah satu senyawa oksida dari besi yang mempunyai rumus kimia Fe_2O_3 dan mempunyai sifat paramagnetik. Fe_2O_3 memiliki banyak bentuk antara lain bentuk alfa, bentuk gamma, bentuk beta, bentuk epsilon, dan bentuk amorf (Wikipedia, 2018). Bentuk alfa atau $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ mempunyai struktur *rhombohedral, corundum* ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) dan merupakan bentuk yang paling umum ditemukan. Senyawa dalam bentuk ini terbentuk secara alamiah sebagai mineral bijih besi yang ditambang sebagai bijih besi utama. Senyawa ini bersifat *antiferromagnetic* di bawah suhu 260 K (suhu transisi Morin), dan ferromagnetik lemah antara 260 K dan 950 K (suhu Neel). Besi (III) oksida mudah disiapkan menggunakan dekomposisi termal dan pengendapan dalam suatu cairan. Sifat magnetiknya dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti tekanan, ukuran partikel, dan intensitas medan magnet (Greedon, 1994). Bentuk beta besi (III) memiliki sifat *Cubic face centered, metastable*, serta pada suhu di atas 500°C berubah ke bentuk alfa. Besi (III) oksida dalam bentuk ini bisa disiapkan dengan cara reduksi dari bijih besi oleh karbon, *pyrolysis* dari larutan besi (III) klorida, atau dekomposisi termal dari besi (III) sulfat.

3.6 Spektrofotometer Uv-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan alat dengan teknik spektrofotometer pada daerah ultra violet dan sinar tampak. Alat ini digunakan untuk mengukur

serapan sinar ultra violet atau sinar tampak oleh suatu materi dalam bentuk larutan dan dapat menganalisa secara kualitatif dan kuantitatif. Konsentrasi larutan yang dianalisis sebanding dengan jumlah sinar yang diserap oleh zat yang terdapat dalam larutan tersebut. Panjang gelombang sinar UV-Vis jauh lebih pendek daripada panjang gelombang radiasi inframerah. Spektrum sinar tampak terentang dari sekitar 400 nm-750 nm, sedangkan spectrum ultra violet terentang dari 100 nm-400 nm (Khopkar, 1990).

Prinsip dari spektrofotometri UV-Vis adalah mengukur jumlah cahaya yang diabsorpsi atau ditransmisikan oleh molekul-molekul di dalam larutan. Ketika panjang gelombang cahaya ditransmisikan melalui larutan, sebagian energi cahaya tersebut akan diserap (diabsorpsi). Besarnya kemampuan molekul-molekul zat terlarut untuk mengabsorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu dikenal dengan istilah absorbansi (A), yang setara dengan nilai konsentrasi larutan tersebut dan panjang berkas cahaya yang dilalui (biasanya 1 cm dalam spektrofotometri) ke suatu point dimana persentase jumlah cahaya yang ditransmisikan atau diabsorpsi diukur dengan phototube atau tabung foton hampa. Alat yang digunakan adalah spektrofotometer, yaitu suatu alat yang digunakan untuk menentukan suatu senyawa secara kualitatif maupun kuantitatif dengan mengukur transmittan ataupun absorbansi dari suatu senyawa sebagai fungsi konsentrasi. Spektrofotometri ini hanya terjadi bila terjadi perpindahan elektron dari tingkat energi yang rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi (Khopkar 2003).



Gambar 3. Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-Vis (Khopkar, 2003)

Prinsip dari spektrofotometri UV-Vis adalah melewatkan cahaya dalam rentang daerah unltaviolet dan sinar tamapk ke sampel yang akan diuji. Sampel akan menyerap cahaya pada Panjang gelombang tertentu dan meneruskan cahaya

selain Panjang gelombang tersebut. Sampel yang mampu menyerap cahaya dalam daerah tampak atau senyawa berwarna mempunyai elektron. Elektron tersebut pada keadaan normal atau berada pada kulit atom dengan energi terendah disebut keadaan dasar (ground state). Energi yang dimiliki sinar tampak mampu membuat elektron tereksitasi dari keadaan dasar menuju kulit atom yang energinya lebih tinggi (Rialita, 2013).

Prinsip penentuan spektrofotometer UV-Vis adalah aplikasi dari Hukum Lambert-Beer, yaitu:

$$A = -\log T = -\log I_t / I_0 = \epsilon \cdot b \cdot C$$

Dimana :

A = Absorbansi dari sampel yang akan diukur T = Transmittansi

I_0 = Intensitas sinar masuk

I_t = Intensitas sinar yang diteruskan ϵ = Koefisien ekstingsi

b = Tebal kuvet yang digunakan

C = Konsentrasi dari sampel

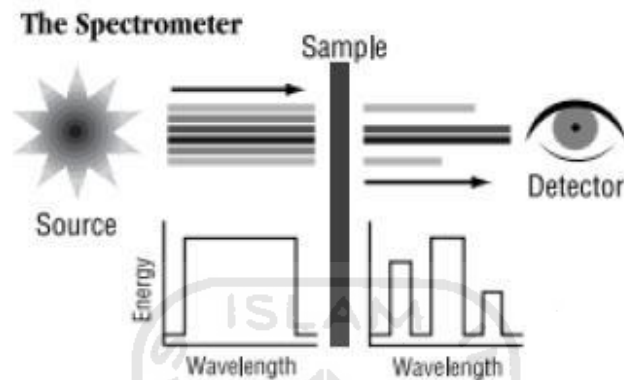
Aplikasi rumusan tersebut dalam pengukuran kuantitatif dilaksanakan dengan cara komparatif menggunakan kurva kalibrasi dari hubungan konsentrasi deret larutan standar dengan nilai absorbansinya. Konsentrasi cuplikan ditentukan dengan substitusi nilai absorbansi cuplikan ke dalam persamaan regresi dari kurva kalibrasi (Fatimah, 2009).

3.6 Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy FTIR

FTIR merupakan instrumen yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi adalah spektroskopi inframerah yang dilengkapi dengan transformasi fourier untuk deteksi dan analisis hasil spektrumnya (Anam, 2007). Spektroskopi inframerah berfungsi untuk identifikasi senyawa organik karena spektrumnya yang sangat kompleks yang terdiri dari banyak puncak-puncak (Chusnul, 2011).

Spektroskopi FTIR menggunakan sistem optik dengan laser yang berfungsi sebagai sumber radiasi yang kemudian diinterferensikan oleh radiasi inframerah agar sinyal radiasi yang diterima oleh detektor memiliki kualitas yang baik dan bersifat utuh (Giwangkara, 2006). Prinsip kerja FTIR berupa infrared yang melewati celah kesampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah

energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer (Thermo, 2001).



Gambar 4. Skema FTIR

3.7 XRD (X-Ray Diffraction)

Teknik X-Ray Diffraction (XRD) berperan penting dalam proses analisis padatan kristal maupun amorf. XRD adalah metode karakterisasi lapisan yang digunakan untuk mengetahui senyawa kristal yang terbentuk. Teknik XRD dapat digunakan untuk analisis struktur kristal karena setiap unsur atau senyawa memiliki pola tertentu. Apabila dalam analisis ini pola difraksi unsur diketahui, maka unsur tersebut dapat ditentukan. Metode difraksi sinar-x merupakan metode analisis kualitatif yang sangat penting karena kristalinitas dari material pola difraksi serbuk yang karakteristik, oleh karena itu metode ini disebut juga metode sidik jari serbuk (powder fingerprint method). Penyebab utama yang menghasilkan bentuk pola-pola difraksi serbuk tersebut, yaitu: (a) ukuran dan bentuk dari setiap selnya, (b) nomor atom dan posisi atom-atom di dalam sel (Smallman, 2000).

XRD adalah instrumen menggunakan sinar X yang terdifraksi dan dibentuk oleh atom-atom kristal dari suatu material. Sehingga timbul sudut dan pola difraksi yang menjelaskan sebuah karakteristik material yang diuji dengan melihat perbandingan antara hasil uji dan data base internasional. XRD berfungsi untuk mengidentifikasi fasa kristalin pada material yang berbentuk padatan maupun serbuk dan untuk analisis sifat-sifat material pada setiap fasa. Pada instrumen XRD,

ketika sinar X menembak sampel uji, energi yang ditembakkan oleh sinar X sangat besar sehingga dapat menembus sampel uji dan mendifraksi sinar tersebut keseluruhan arah pergerakan sinar memenuhi hukum bragg. Kemudian detektor bergerak sesuai dengan kecepatan sudut konstan untuk mendeteksi berkas cahaya sinar X dari sampel. Setiap bidang kisi memiliki beberapa sudut masing-masing dan memenuhi hukum bragg :

$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

Dengan,

n : orde difraksi (1,2,3,4,5,...)

λ : panjang sinar X

d : jarak kisi

θ : Sudut difraksi

Berdasarkan pada persamaan Bragg, jika seberkas sinar-X dijatuhkan pada sampel kristal, bidang kristal tersebut akan membiaskan sinar-X yang memiliki panjang gelombang sama dengan jarak antar kisi dalam kristal tersebut. Sinar yang dibiaskan dan ditangkap oleh detektor kemudian diterjemahkan sebagai sebuah puncak difraksi. Dimana semakin banyak bidang kristal yang terdapat dalam sampel, semakin kuat intensitas pembiasan yang dihasilkannya. Setiap hasil puncak yang muncul pada pola XRD dapat mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam sumbu tiga dimensi. Puncak-puncak yang didapatkan kemudian dicocokkan dengan standar difraksi sinar-X yang disebut *Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS)* (Cullity, 1978).

Prinsip dari instrumen X-Ray Diffraction (XRD) merupakan difraksi sinar X yang mengalami scattering setelah saling bertumbukan dengan atom kristal. Pola difraksi yang dihasilkan menjelaskan struktur kristal uji setelah dibandingkan dengan parameter uji dapat ditentukan ukuran material, parameter kisi material, serta ukuran partikel kristal. (Riyanto,2009)

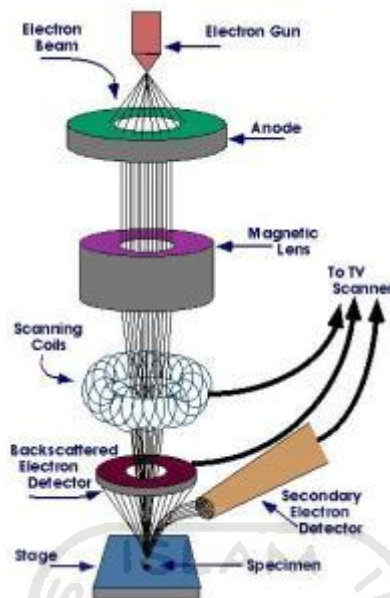
3.8 SEM-EDX (Scanning Electron Microscope Energi Dispersive X-Ray)

SEM merupakan instrumen yang digunakan untuk uji mikrostruktur pada sebuah sampel (Febriany, 2010). SEM adalah suatu tipe mikroskop elektron yang menggambarkan permukaan sampel melalui proses scan dengan menggunakan

pancaran energy yang tinggi dari electron dalam suatu pola scan raster (Razi, 2012). SEM dilengkapi dengan mikroskop optik yang berfungsi untuk mempelajari tekstur, topografi, dan sifat permukaan bubuk atau padatan dan karena ketajaman fokus dari alat SEM sehingga gambar yang dihasilkan memiliki kualitas tiga dimensi yang pasti (West, 1999).

SEM mempunyai keunggulan dalam proses pengoprasian yaitu kemudahan dalam penyiapan sampel sehingga dapat menghasilkan beragam sinyal karena adanya interaksi antara berkas elektron dengan sampel, dimana dari proses tersebut menghasilkan beragam tampilan data dari permukaan lapisan. Informasi yang akan diberikan dari hasil SEM ini yaitu berupa topologi, morfologi, komposisi, dan informasi mengenai kekristalan suatu bahan (Goldstein et al., 1981).

Metode SEM merupakan deteksi dan analisa permukaan dengan ketebalan lapisan sebesar 20 μm dari atas permukaan sampel. Hasil dari metode ini berupa topografi yang memiliki perbedaan warna dan bentuk yang dihasilkan. Prinsip kerja dari SEM yaitu pemindaian berkas elektron yang disinari oleh electron gun seperti scanning permukaan specimen, scanning dilakukan disetiap titik sehingga membentuk suatu garis pembacaan. Sinyal elektron sekunder dihasilkan pada titik permukaan dan kemudian sinyal tersebut ditangkap dan dibaca oleh detektor kemudian ditampilkan pada layar CRT. Sedangkan sinyal yang ditangkap pada back scattered electron ditangkap sesuai dengan nomor atom yang ada pada permukaan specimen sehingga gambar yang didapatkan berbedabeda sesuai dengan perbedaan unsur kimianya. Warna terang menunjukkan adanya unsur kimia yang lebih tinggi nomor atomnya. SEM dilengkapi dengan EDX dimana sinar-X yang diemisikan adalah hasil tumbukan elektron pada atomatom sampel uji (Sujaatno, 2015)



Gambar 5. Skematik Alat *Scanning Electron Microscopy*

Energi Dispersif sinar-X (EDX) merupakan karakterisasi material menggunakan sinar-X yang diemisikan ketika material mengalami tumbukan dengan elektron. Tingkat energi tergantung dari tingkatan energi kulit atom sebab sinar-X diemisikan dari transisi elektron dari lapisan kulit atom. Sehingga dengan mendeteksi tingkat energi yang dipancarkan dari sinar-X dan intensitasnya, maka dapat diketahui atom-atom penyusun material dan persentase massanya. Ada empat komponen utama dari susunan EDX: sumber berkas cahaya, detektor sinar- X, pengolah pulsa, dan penganalisis. Namun, sistem EDX yang paling umum ditemukan pada SEM. SEM dilengkapi dengan sebuah katoda dan lensa magnet untuk menciptakan dan memusatkan suatu berkas cahaya elektron, dan sejak 1960-an SEM telah dilengkapi kemampuan untuk menganalisa unsur. Suatu detektor digunakan untuk mengkonversikan energi sinar-X ke dalam sinyal tersebut dan melewati sinyal tersebut ke suatu penganalisis untuk menampilkan data dan analisa luas dari pengembangan cacat permukaan (Chardin et al, 1998).

3.9 Kinetika Reaksi

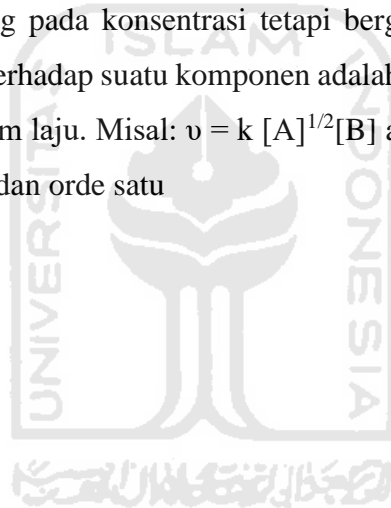
Kinetika reaksi merupakan ilmu yang mempelajari berlangsungnya suatu reaksi sedangkan laju reaksi adalah perubahan konsentrasi maupun produk dalam

suatu satuan waktu. Reaksi Kimia ditentukan oleh tinjauan termodinamika dan kinetika. Termodinamika memberikan informasi mengenai perubahan kimia baik secara spontan maupun tidak sedangkan kinetika membahas mengenai laju reaksi dan mekanisme reaksi. (Khotimah, 2008)

Laju reaksi adalah laju pengurangan reaktan tiap satuan waktu atau laju pembentukan produk tiap satuan waktu. Laju reaksi dipengaruhi oleh: sifat dan keadaan zat, konsentrasi, temperatur, dan katalisator. Secara stoikiometri ditulis

$$v_A = -d[A]/dt = -d[B]/dt$$

Laju reaksi terukur sebanding dengan konsentrasi reaktan dengan suatu pangkat tertentu. Misal: $A + B \rightarrow AB$ $v = k [A] [B]$ -----> hukum laju . K= konstanta laju yang tidak bergantung pada konsentrasi tetapi bergantung pada suhu. Orde reaksi atau tingkat reaksi terhadap suatu komponen adalah pangkat dari konsentrasi komponen itu dalam hukum laju. Misal: $v = k [A]^{1/2}[B]$ artinya reaksi mempunyai orde setengah terhadap A dan orde satu



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

4.1.1 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat gelas (*iwaki*, *pyrex*), magnetic stirrer model H-12/09, neraca analitik, oven (*memmert*), furnace, sendok sunggu, *Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive Xray* (SEM-EDX), *X-Ray Diffraction* (XRD) Rigaku Miniflex 600, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) perkin elmer, Spektrofotometer UV-Vis *Double Beam* (Hitachi U-2010), alat reaktor fotokatalis, seperangkat alat refluks, cawan porselen, tabung reaksi + rak, pipet tetes, pipet ukur 1 mL, pipet ukur 25 mL, kertas saring, plastik wrap, sonifikasi, dan corong.

4.1.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah aquades (Merck), kulit petai, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Merck), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Merck), Natrium Hidroksida (Merck), dan Hidrogen Peroksida (Merck), Bromofenol biru (Merck) dan daun bambu

4.2 Prosedur Penelitian

4.2.1 Preparasi SiO₂ dari daun bambu kering

Preparasi silika gel SiO₂ dapat dilakukan dengan menggunakan daun bambu. Daun bambu dikeringkan dengan oven, kemudian dikalsinasi 500°C selama 2 jam. Setelah itu, diambil 20 gram abu daun bambu dan di refluks dengan NaOH 2M 200 mL selama 4 jam. Disaring untuk mendapatkan filtrat dengan ditambahkan 250 mL aquades. Filtrat yang didapatkan ditetesi dengan HCl 8 M hingga terbentuk endapan putih silika gel. Lalu didiamkan satu malam dan didapatkan silika SiO₂.

4.2.2 Pembuatan Ekstrak Kulit Pete

Kulit pete dipotong kecil-kecil lalu dioven selama 24 jam. Kemudian 10 gram kulit pete yang sudah kering direndam dengan aquades sebanyak 200 mL selama 1 jam setelah itu dipanaskan selama 1 jam. Setelah dingin ekstrak di saring dan didapatkan ekstrak kulit pete.

4.2.3 Preparasi Katalis Fe₃O₄ pada SiO₂

Sintesis fotokatalis Fe₃O₄-SiO₂ dilakukan dengan membuat campuran Fe yaitu FeCl₂.4H₂O 0,1M sebanyak 50mL dan FeCl₃.6H₂O 0,2M sebanyak 50mL. Kemudian ditambahkan 25mL ekstrak kulit pete dan 10mL NaOH 0,1M. Setelah itu di sonifikasi selama 1 jam. Hasil dari larutan sonifikasi ditambah 3 gram SiO₂ daun bambu dan di autoklaf pada 100°C selama satu malam. Lalu larutan di oven sampai kering dan di kalsinasi pada 300°C selama 2 jam dan didapatkan serbuk halus Fe₃O₄-SiO₂.

4.2.4 Karakterisasi fotokatalis Fe₃O₄-SiO₂

Pada serbuk fotokatalis Fe₃O₄-SiO₂ yang sudah didapat kemudian di uji karakteristik dengan alat instrumen yaitu XRD, SEM-EDX, Spektrofotometer UV-Vis, dan FTIR.

4.2.5 Uji aktivitas fotokatalis

Uji aktivitas fotokatalis Fe₃O₄-SiO₂ dilakukan pada larutan Bromofenol biru dengan variasi penambahan H₂O₂. Pada uji aktivitas ini digunakan Bromofenol biru dengan konsentrasi 20 ppm. Bromofenol biru 20 ppm dibuat dengan 0,02 gram bromofenol biru kemudian diencerkan dengan akuadest 1000 mL. Setelah itu diambil 500 mL Bromofenol biru serta digunakan 0,25 gram katalis Fe₃O₄-SiO₂, lalu pada fotokatalis pertama ditambahkan H₂O₂ 0,5 mL dan yang kedua tidak.

Proses fotokatalis dilakukan dengan variasi waktu 0 menit, 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit.

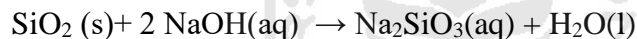


BAB V

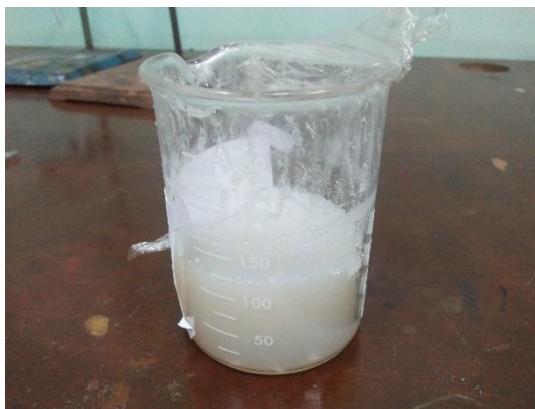
PEMBAHASAN

5.1 Preparasi SiO₂ dari daun bambu kering

Preparasi silika gel dilakukan dengan daun bambu yang dikeringkan dengan oven yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang terdapat dalam daun bambu, kemudian daun bambu yang sudah kering dikalsinasi pada suhu 500°C selama 2 jam agar membentuk abu daun bamboo yang mengandung silika. Menurut hasil penelitian Said (2015) pada suhu 500°C sudah dapat menghasilkan abu yang mengandung silika (300°C-700°C) walaupun sebenarnya semakin tinggi suhu yang digunakan maka semakin tinggi kandungan silika yang dihasilkan. Setelah itu sebanyak 20 gram abu daun bambu direfluk menggunakan NaOH 2M sebanyak 200 mL untuk mengekstraksi silika yang terdapat dalam daun bambu membentuk natrium silikat. Reaksi pembentukannya sebagai berikut.



Kemudian disaring dengan ditambahkan aquades 250 mL untuk memisahkan endapan yang tidak larut. Lalu filtrat yang didapat ditetesi dengan HCl 8M untuk mendapatkan silika yang berbentuk gel. Reaksi yang terjadi sebagai berikut (Ruth, 2014).



Gambar 6. Silika dari daun bambu

5.2 pembuatan ekstrak kulit pete

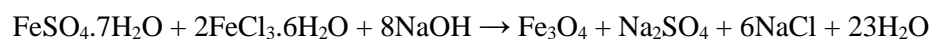
Ekstrak kulit pete ini berfungsi sebagai agen pereduksi untuk membentuk nanopartikel. Kulit pete dipotong kecil-kecil hal ini bertujuan untuk menambah luas permukaan partikel dari kulit pete, setelah itu dioven selama 24 jam untuk menghilangkan kadar air yang ada dalam kulit pete. 10 gram kulit pete yang sudah kering kemudian di rendam dengan menggunakan aquades 200 mL untuk mengekstraksi senyawa sekunder metabolit yang terkandung dalam kulit pete. Digunakan aquades agar sesuai dengan prinsip kimia hijau yaitu penggunaan air sebagai pengganti pelarut organik.



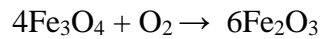
Gambar 7. Ekstrak kulit pete

5.3 Preparasi Katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Preparasi katalis ini menggunakan bahan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebagai agen prekursor dan ekstrak kulit pete sebagai bahan pereduksi. Reaksi yang terjadi antara $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan NaOH adalah



Pada reaksi tersebut produk yang dihasilkan yaitu Fe_3O_4 namun pada penelitian ini produk yang dihasilkan yaitu Fe_2O_3 hal ini dikarenakan pada penelitian ini partikel besi oksida (Fe_3O_4) mengalami oksidasi, karena pada dasarnya partikel besi oksida mudah mengalami oksidasi, selain itu penggunaan reagen ekstrak tanaman dapat mempercepat oksidasi karena terdapat gugus-gugus fenolik (Gubin, 2005). Reaksi oksidasi Fe_3O_4 yaitu

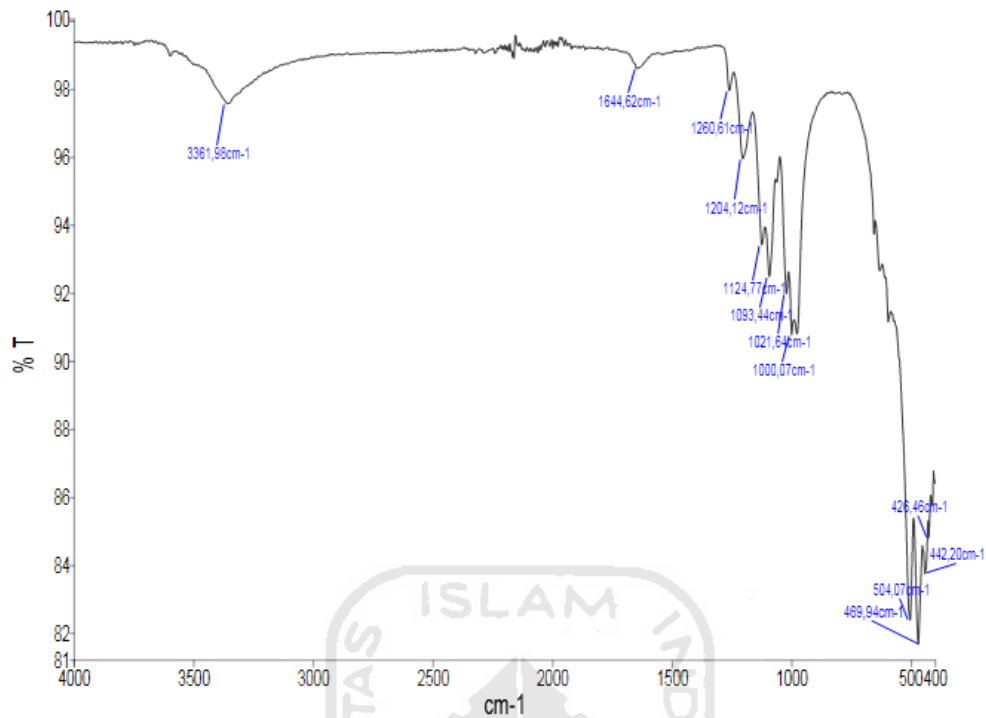


Gambar 8. Hasil sintesis Fe₂O₃-SiO₂

Hasil sintesis dari Fe₂O₃-SiO₂ dapat dilihat pada Gambar 8. yang menunjukkan berwarna merah kecoklatan hal ini didukung dengan penelitian sebelumnya yaitu Tartaj, (2003) yang menyebutkan bahwa sintesis α -Fe₂O₃ memiliki warna yang dicirikan dengan warna coklat, sedangkan Fe₂O₃ didominasi oleh warna hitam pekat.

5.4 Karakterisasi Fe₂O₃-SiO₂ menggunakan FTIR

Karakterisasi dengan menggunakan FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang ada pada katalis yang telah di sintesis. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada gambar berikut.

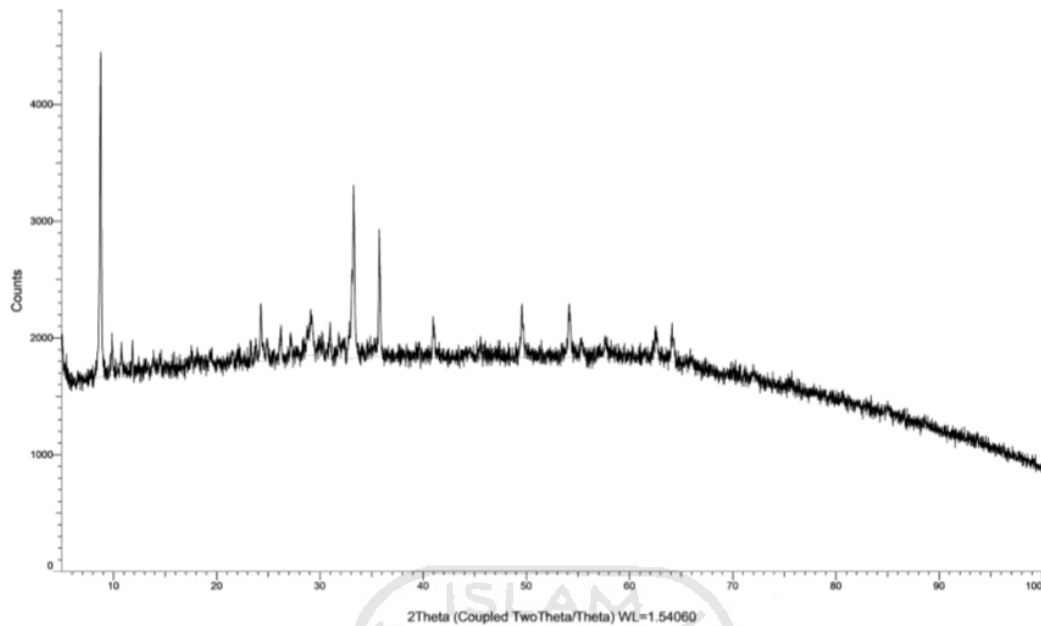


Gambar 9. Spektra Inframerah dari Fe₂O₃-SiO₂

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa terdapat gugus fungsi O-H muncul pada bilangan gelombang 3361,98 cm⁻¹, dan vibrasi tekuk -OH silanol pada bilangan gelombang 1644,62 cm⁻¹ yang berasal dari ekstrak kulit pete. Puncak yang muncul pada 442,2 cm⁻¹ menunjukkan terdapat adanya ikatan dari Fe-O. Pada bilangan gelombang 1093,44 cm⁻¹ menunjukkan terdapat ikatan Si-O, dan pada bilangan gelombang 1000,07 cm⁻¹ muncul serapan dari vibrasi Fe-O-Si. Hal ini menunjukkan bahwa Fe₂O₃ berhasil terembankan pada SiO₂.

5.5 Karakterisasi Fe₂O₃-SiO₂ menggunakan XRD

Karakterisasi material hasil sintesis dengan menggunakan XRD bertujuan untuk mengetahui terbentuknya kristal dari Fe₂O₃. Hasil yang diperoleh berupa difraktogram yang menunjukkan puncak-puncak sudut difraksi 2θ. Hasil karakterisasi disajikan pada gambar berikut

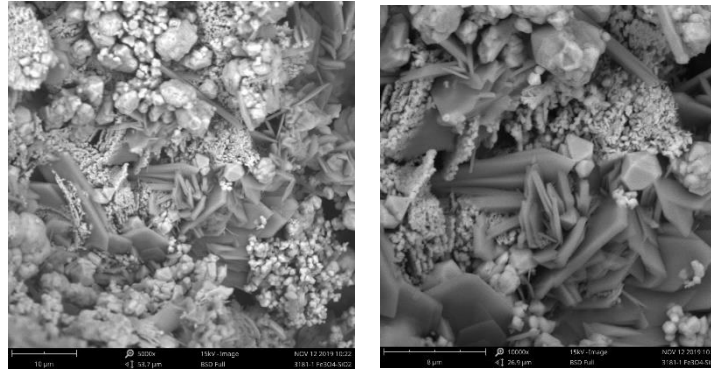


Gambar 10. Difraktogram dari $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Pada pola XRD dari hasil sistesis oksida besi-silika ($\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$) pada gambar 9 dapat dilihat puncak-puncak difragtogram yang muncul pada sudut pantul yaitu 24.28, 33.27, 35.76, 40.98, 49.56, 54.18 dan 57.67 puncak-puncak tersebut sesuai dengan difragtogram dari Joint Committee on Power Diffraction Standards (JCPDS) senyawa $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanopartikel No. 86-0550 yaitu pada 24.14, 33.16, 35.62, 40.86, 49.46, 54.07 dan 57.44.

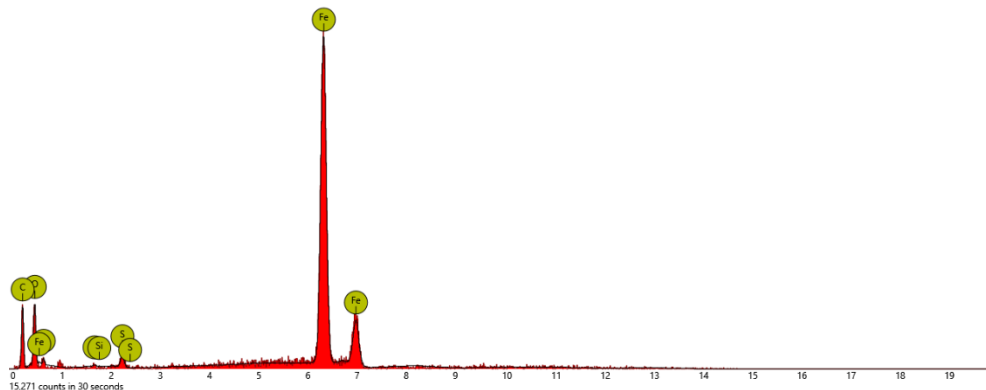
5,6 Karakterisasi $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ menggunakan SEM-EDX

Karakterisasi dengan SEM bertujuan untuk mengetahui bentuk morfologi material hasil sintesis, sedangkan EDX bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur dari material tersebut.



Gambar 11. Citra SEM dari $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

Dapat dilihat pada gambar 10 $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ memiliki bentuk kristal yang tidak teratur dan memiliki ukuran yang bervariasi. Pengukuran SEM dilakukan pada perbesaran 10.000 kali dan 5.000 kali. Terlihat bahwa Fe_2O_3 yang memiliki warna lebih terang dan diselubungi dengan SiO_2 yang memiliki warna lebih gelap. Citra dari hasil SEM ini didukung oleh penelitian Ruth dkk 2014, yang menyatakan bahwa hasil citra SEM perbesaran 2000 kali dengan daerah pengamatan $63.5 \mu\text{m}$, terlihat adanya butir-butiran Fe_2O_3 yang lebih cerah menonjol keluar yang dilapisi selaput mesopori SiO_2 . Untuk mengetahui unsur yang terkandung pada $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dilakukan analisis menggunakan EDX yang disajikan pada Gambar 11.



Gambar 12. Hasil analisis EDX Fe₂O₃-SiO₂

Berdasarkan data hasil analisis EDX dapat diketahui unsur atau elemen penyusun dari oksida besi-silika (Fe₂O₃-SiO₂) adalah sebagai berikut

Tabel 2. Komposisi unsur penyusun Fe₂O₃-SiO₂

Unsur	Nama Unsur	Kandungan (%)
Fe	Besi	58.90
C	Karbon	32.98
O	Oksigen	7.34
S	Sulfur	0.69
Si	Silika	0.08

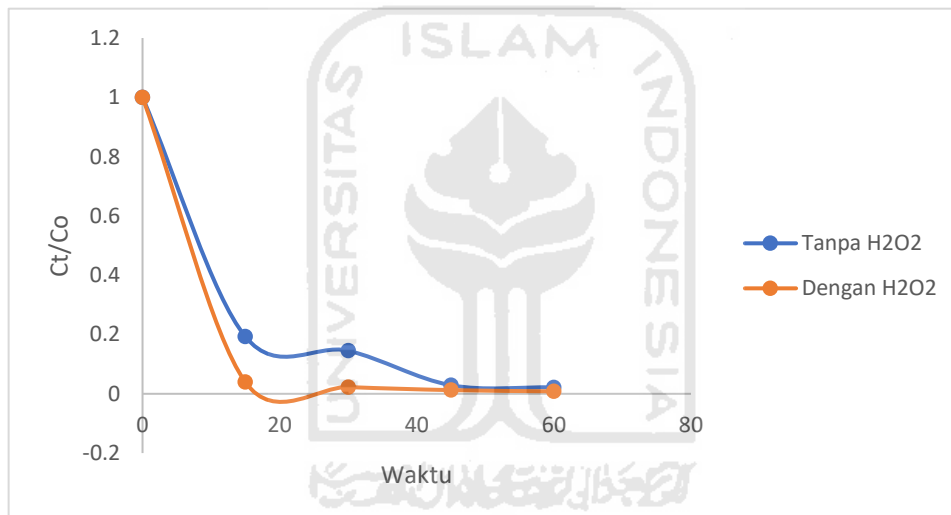
Hasil EDX menunjukkan bahwa komposisi utama pada oksida besi-silika (Fe₂O₃-SiO₂) adalah Besi (Fe₂O₃). Adanya unsur silika dalam komposisi tersebut mengindikasikan bahwa oksida besi (Fe₂O₃) terikat dengan baik pada permukaan silika (SiO₂).

5.7 Aplikasi hasil sintesis Fe₂O₃-SiO₂ untuk degradasi zat warna BPB

5.7.1 Fotodegradasi BPB dengan variasi katalis Fe₂O₃-SiO₂ tanpa penambahan H₂O₂ dan dengan penambahan H₂O₂

Pada pengujian pertama, dilakukan fotodegradasi BPB dengan variasi katalis Fe₂O₃-SiO₂ tanpa penambahan H₂O₂, hal ini bertujuan untuk mengetahui

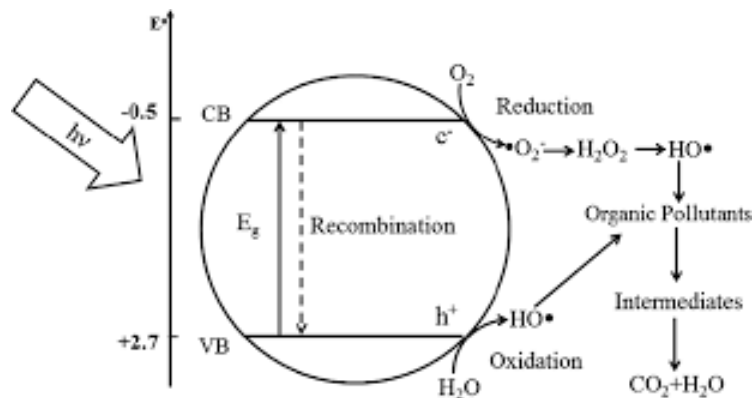
seberapa efektif kemampuan katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Kemudian yang kedua dilakukan fotodegradasi dengan penambahan oksidator H_2O_2 hal ini bertujuan untuk membandingkan apakah dengan menambah oksidator H_2O_2 dapat memberikan hasil yang relatif signifikan jika dibandingkan dengan tanpa penambahan H_2O_2 . Fotodegradasi ini dilakukan dalam reaktor fotokatalis yang didalamnya terdapat sinar UV yang berasal dari lampu UV, dengan waktu penyinaran 0, 15, 30, 45 dan 60 menit yang pada setiap waktu penyinaran diambil 10mL untuk diukur absorbansinya. Hasil analisis fotodegradasi BPB dengan katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ terhadap waktu tanpa penambahan H_2O_2 dan dengan penambahan H_2O_2 disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Perubahan konsentrasi BPB dengan katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ tanpa penambahan H_2O_2 dan dengan H_2O_2

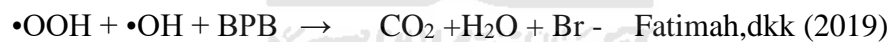
Dapat dilihat pada gambar 13 Katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ berhasil dalam mendegradasi BPB ini ditandai dengan penurunan konsentrasi dari zat BPB selama waktu 60 menit. Semakin lama proses degradasi maka semakin turun pula konsentrasi dari BPB.

Fe_2O_3 adalah sebagai semikonduktor yang mengalami eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi, sehingga di pita valensi akan terbentuk lubang elektron yang nantinya akan berinteraksi dengan molekul air dan membentuk $\bullet\text{OH}$ sehingga dapat mendegradasi zat warna BPB.

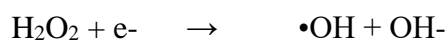


Gambar 14. Skematik Reaksi Fotokatalis

Reaksi yang terjadi pada proses tersebut adalah :



Dari gambar 13 juga dapat dilihat bahwa fotodegradasi dengan penambahan H_2O_2 lebih efektif dibandingkan dengan tanpa penambahan H_2O_2 . Hal ini dikarenakan Reagen H_2O_2 merupakan salah satu oksidator yang dapat menghasilkan radikal ($\bullet\text{OH}$) yang bersifat oksidatif kuat. Sehingga dengan adanya penambahan H_2O_2 pada proses fotodegradasi zat warna maka kapasitas fotodegradasi yang terjadi akan lebih besar (Wardhani,2014). Reaksi H_2O_2 yang terjadi pada proses penambahan H_2O_2 adalah :



Kinetika reaksi dari fotodegradasi BPB ditentukan orde reaksinya dengan melihat dari R^2 (koefisien determinasi) yang paling besar atau mendekati 1 hal ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas molekul pada saat tumbukan antar molekul.

Orde reaksi pada penambahan dan tanpa penambahan H₂O₂ disajikan pada tabel berikut :

Tabel 3. Orde reaksi fotodegradasi zat warna BPB

Variasi	Fe ₂ O ₃ -SiO ₂			Fe ₂ O ₃ -SiO ₂ dengan H ₂ O ₂		
	R ²	Slope	Intersep	R ²	Slope	Intersep
Orde 1	0.9435	-0.0638	-0.2776	0.794	0.0717	-1.0936
Orde 2	0.8727	0.7989	-5.1873	0.9767	1.972	-4.6213
Orde 3	0.8056	36.256	-405.88	0.8331	235.22	-2290.3

Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa pada zat warna BPB dengan katalis Fe₂O₃-SiO₂ tanpa penambahan H₂O₂ mengikuti orde reaksi 1 karena nilai R² paling mendekati 1 dibandingkan dengan nilai R² dari orde 2 dan 3. Hal ini menunjukkan bahwa laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi dari zat warna BPB sehingga apabila konsentrasi zat warna ditambahkan atau dikurangi maka laju reaksi akan berubah. Nilai konstanta laju reaksi sebesar 0.0638.

Sedangkan pada zat warna BPB dengan katalis Fe₂O₃-SiO₂ dengan penambahan H₂O₂ mengikuti orde reaksi 2 karena nilai R² paling mendekati 1 dibandingkan dengan nilai R² dari orde 1 dan 3. Hal ini menunjukkan bahwa laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi dari zat warna BPB dan H₂O₂ sehingga apabila konsentrasi zat warna dan H₂O₂ ditambahkan atau dikurangi maka laju reaksi akan berubah. Nilai konstanta laju reaksi sebesar 1.972.

5.6.3 Persen perbandingan degradasi BPB tanpa dan dengan penambahan H₂O₂

Persentase degradasi BPB dengan katalis Fe₂O₃-SiO₂ dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C \text{ awal} - C \text{ akhir}}{C \text{ awal}} \times 100\%$$

Dari rumus tersebut dihasilkan persen degradasi BPB dengan katalis Fe₂O₃-SiO₂ tanpa penambahan H₂O₂ yaitu 97,83% sedangkan persen degradasi BPB

dengan katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dengan penambahan H_2O_2 sebesar 99,17%. Pada penelitian ini hasil presentase degradasi dengan penambahan H_2O_2 lebih efektif. Analisis kualitatif ddbuktikan dengan adanya perubahan dalam setiap waktu pengambilan sampel yang telah didegradasi. Perubahan zat warna BPB dengan maupun tanpa penambahan H_2O_2 .



Gambar 15. Perubahan zat warna BPB dengan dan tanpa penambahan H_2O_2 Dapat dilihat dari Gambar 14. Semakin lama waktu degradasi zat warna BPB maka warna yang dihasilkan akan semakin bening. Dengan penambahan H_2O_2 warna yang dihasilkan lebih bening dibandingkan dengan tanpa penambahan H_2O_2 .

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ berhasil disintesis senyawa $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dengan melihat hasil karakterisasi dari FTIR, XRD dan SEM-EDX
2. Kinetika reaksi dari $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dengan penambahan H_2O_2 mengikuti orde 2 sedangkan tanpa penambahan H_2O_2 mengikuti orde 1. Orde satu yaitu laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi dari zat warna BPB, sedangkan orde 2 yaitu laju reaksi dipengaruhi oleh konsentrasi dari zat warna BPB dan H_2O_2 .
3. Persen degradasi BPB dengan katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ tanpa penambahan H_2O_2 yaitu 97,83% sedangkan persen degradasi BPB dengan katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dengan penambahan H_2O_2 sebesar 99,17%.

6.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan pengujian variasi berat katalis dan konsentrasi zat warna sehingga dapat diaplikasikan untuk pengolahan limbah industri yang ramah dan aman bagi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alinsafi, A., F. Evenou, E.M. Abdulkarim, M.N. Pons, O. Zahraa, A. Benhammou, A.Nejmeddine.2007. Treatment of textile of Industry Waste Water by Supported Photocatalysis. *Dyes and pigments-Dye Pigment*.74(2) : 439445.
- Balbuena, Jose., Cruz-Yusta, M., Adrian P., dan Sanchez, L. 2017. α -Fe₂O₃/SiO₂ Composites for the Enhanced Photocatalytic NO Oxidation. *ELSEVIER Journal of Alloys and Compounds*, No. 735, 1553-1561.
- Carliell C. M., Barclay S. J., Bucley C. A., Mulholland D. A., and Senior E. Microbial. 1995. Decolorization of Reactive Red Dye Under Anaerobic Condition. *Water SA*. 211, 6169
- Chardin, H., A. C. Acevedoa, S. Risnes. Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-Ray Analysis of Defects in Mature Rat Incisor Enamel After Thyroparathyroidectomy. *Archives of Oral Biology*. Vol 43, halaman 317-327. 1998
- Chirita, M. 2009. Fe₂O₃ Nanoparticles Physical Properties and Their Photochemical and Photoelectrochemical Poitechnica University of Timisora, *Applications Chemistry Bulletin*, Volume 54 (68).
- Cullity, B. D. 1978. Element of X-Ray Diffraction. Departement of Metallurgical Engeneering and Materials Science. Addison-Wesley Publishing Company, Inc: USA. pp. 277-281
- Dhamayanti, Yuni., Wijaya, Karna., dan Tahir, Iqmal. 2005. Fotodegradasi Zat Warna Metil Orange Menggunakan Fe₂O₃-Montmorillonit dan Sinar Ultraviolet. *Proseding Seminar Nasional DIES ke 50 FMIPA Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta.
- Fatimah, I dan Wijaya K., 2005, Sintesis TiO₂/Zeolit dengan Fotokatalis pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Jurnal TEKNOIN*, Vol. 10, No. 4, 257-267.

- Fatimah, I. Amaliaha, S.N. Andriana, M.F. Handayani, T.P. Nurillahia, R. Prakosoa, N.I. Wicaksonoa, W.P. dan Laemthong Chuenchomb. 2019. Iron oxide nanoparticles supported on biogenic silica derived from bamboo leaf ash for rhodamine B photodegradation. *ELSEVIER Journal of Sustainable Chemistry and Pharmacy*.
- Fayazi M., Taher M. A., Afzali D., and Mostafani, A. Enhanced Fenton Like Degradation of Methylene Blue by Magnetically Activated Carbon/Hydrogen Peroxide with Hydroxylamine as Fenton Enhancer. *Journal of Molecular Liquids*, 2016, 216, 751-787.
- Ferdian, T.A., Christian, H., Suwito, E., Setiadi, T. & Suhardi, S.H. 2007. *Kemampuan Pengolahan Warna Limbah Tekstil oleh Berbagai Jenis Fungi dalam Suatu Bioreaktor*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia, ITS Surabaya.
- Hermann, J. M. 1999. Heterogenous Photocatalysis Fundamental and Application to the Removal of Various Types of Aqueous Pollutans. *Catal Today*. 53. 115-129.
- Kandori, K., Ishikawa, T. 2004. Preparation and microstructural studies on hydrothermally prepared hematite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 272(1): 246–248
- Khopkar, S.M. 2003. *Kimia Analitis*. Jakarta : UI-Press. Halaman 419
- Kunarti, Eko Sri., Wahyuni, Endang Tri., dan Hermawan, Feri Eka. 2009. Pengujian Aktivitas Komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ sebagai Fotokatalis pada Fotodegradasi 4-Klorofenol (The Activity Test of $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ Cormposite As Photocatalyst on 4-Chlorophenol Photodegradation). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol. 16 No.1 : 54-64.
- Manurung, R., R. Hasibuan, dan Irvan. 2004. Perombakan zat warna azo secara anaerob – aerob. Skripsi. Universitas Sumatera Utara, Medan. Indonesia.

- Mondestov, A., Blezer, V., Marjasin, I., and Lev, O., 1997, Photocatalytic degradation of Chlorinated Phenoxyacetic Acids by A New Bouyant Titania-Exfoliated Graphite Composite Photocatalysist, *J. Phys. Chem B.*,101, 4623-4629
- Popovici, Mihaela., Savii, Cecilia., Nižòanský, Daniel., Enache, Corina., Claudia, Lonescu., Radu, Ramona. 2006. Magnetic ϵ -Fe₂O₃ Nanoparticles Obtained by Sol-gel Synthesis. *Material Structure*, 13 (2): 79-81
- Riskiani E, Iryanti Eka Suprihatin, dan James Sibarani. 2019. Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃ Untuk Degradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, Vol.7 No.1
- Ruzicka, O. dan L. Safira. 2014. Aplikasi Fotokatalis Tio₂ Pada Degradasi Limbah Cair Zat Warna Tekstil, Lomba Karya Ilmiah Sumber Daya Air Tahun 2014
- Sahoo, S.K., Agarwal, K., Singh, A.K., Polke B.G., Raha, K.C. 2010. Characterization of γ - and α -Fe₂O₃ Nano Powders Synthesized by Emulsion Precipitation-Calcination Route and Rheological Behaviour of α -Fe₂O₃. *Interational Journal of Engineering, Science and Technology*, 2 (8): 118-126.
- Sakti, R.B., A. Subagio dan H. Sutanto. 2013. Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit TiO₂/CNT Menggunakan Metode SolGel dan Aplikasinya untuk Fotodegradasi Zat Warna Azo Orange 3R. *Youngster Physics journal*. Vol 1(3) : 41-48.
- Smallman, R. E. dan Bishop, R. J. 2000. *Metalurgi Fisika Modern dan Rekayasa Material*, terjemahan Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.
- Vyas, V. S., Lau, V. W., & Lotsch, B. V. 2016. Soft Photocatalysis: Organic Polymers for Solar Fuel Production. *Chemistry of Materials*, 28
- Wardhani, Sri., Rachmat, Triandi T., Pemta, Tia Deka., dan Jannah, Alif Rohmatil. 2015. Synthesis Photocatalyst Fe₂O₃-Zeolite For Photodegradation Methyl

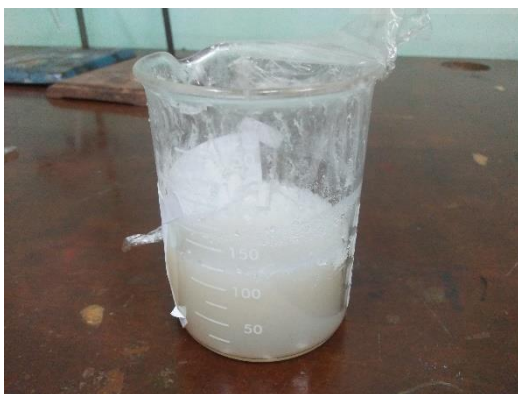
Orange Dye. *Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA BKS-PTN Barat Universitas Tanjungpura*. Hal. 700 – 709. Pontianak.

Wijaya K., Sugiharto E., Fatimah I., Sudiono S., dan Kurniaysih D. Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Berkala MIPA*, 2006, 3, 27-35.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian





Lampiran 2. Perhitungan

2.1 Larutan FeCl₃ 0,2 M 50 mL

$$M = \frac{\text{Gram}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{\text{mL}}$$

$$0,2 \text{ M} = \frac{\text{Gram}}{270,29 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{50}$$

$$\text{gram} = 2,7029 \text{ gram}$$

2.2 Larutan FeSO₄ 0,1 M 50 mL

$$M = \frac{\text{Gram}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{\text{mL}}$$

$$0,5 \text{ M} = \frac{\text{Gram}}{278,02 \text{ g/mol}} \times \frac{1000}{50}$$

$$\text{gram} = 1,3901 \text{ gram}$$

2.3 Pembuatan zat warna BPB 20 ppm

20 ppm = 20 mg/L maka massa yang dibutuhkan zat warna BPB yaitu 20 mg = 0,02 g

2.4 % Degradasi dengan penambahan H₂O₂

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C \text{ awal} - C \text{ akhir}}{C \text{ awal}} \times 100\%$$

$$\% \text{ degradasi} = \frac{0,97 - 0,008}{0,97} \times 100\%$$

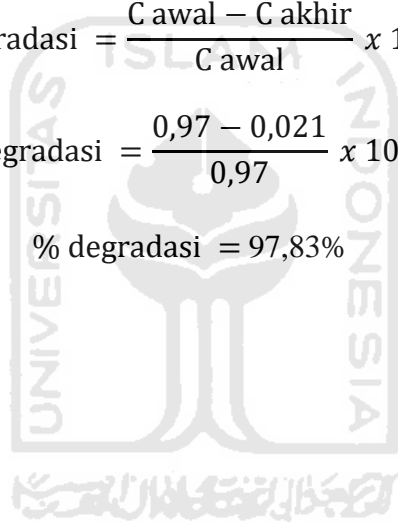
$$\% \text{ degradasi} = 99,17 \%$$

2.5 % Degradasi tanpa penambahan H₂O₂

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C \text{ awal} - C \text{ akhir}}{C \text{ awal}} \times 100\%$$

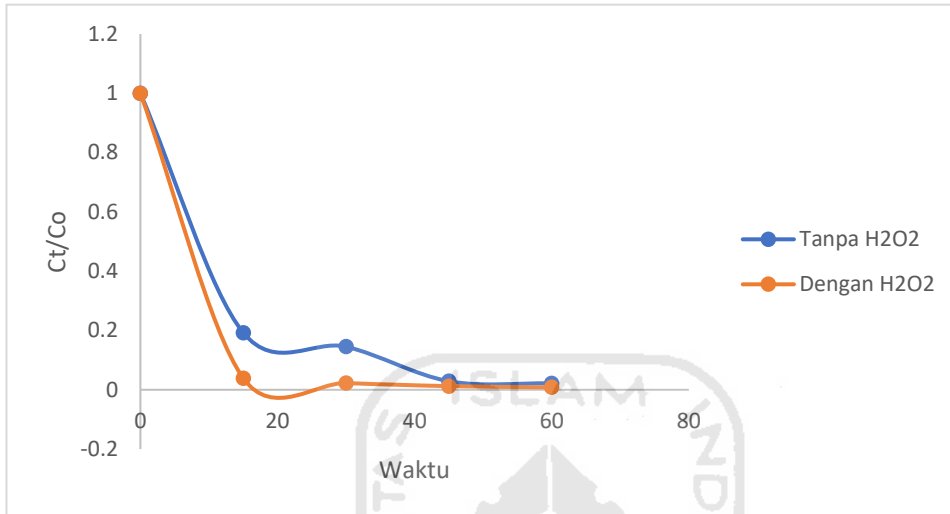
$$\% \text{ degradasi} = \frac{0,97 - 0,021}{0,97} \times 100\%$$

$$\% \text{ degradasi} = 97,83\%$$



Lampiran 3. Pengolahan data fotodegradasi zat warna BPB dengan dan tanpa H₂O₂.

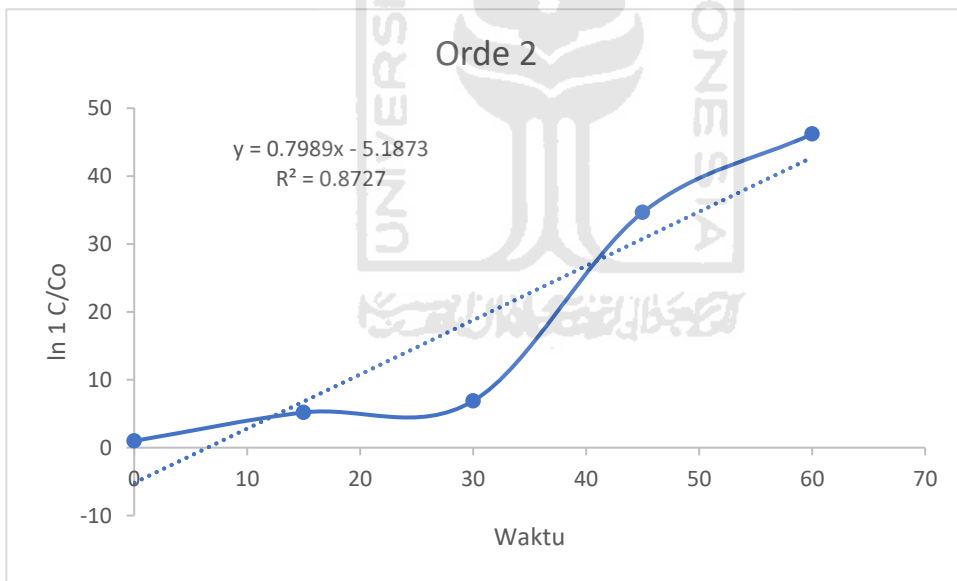
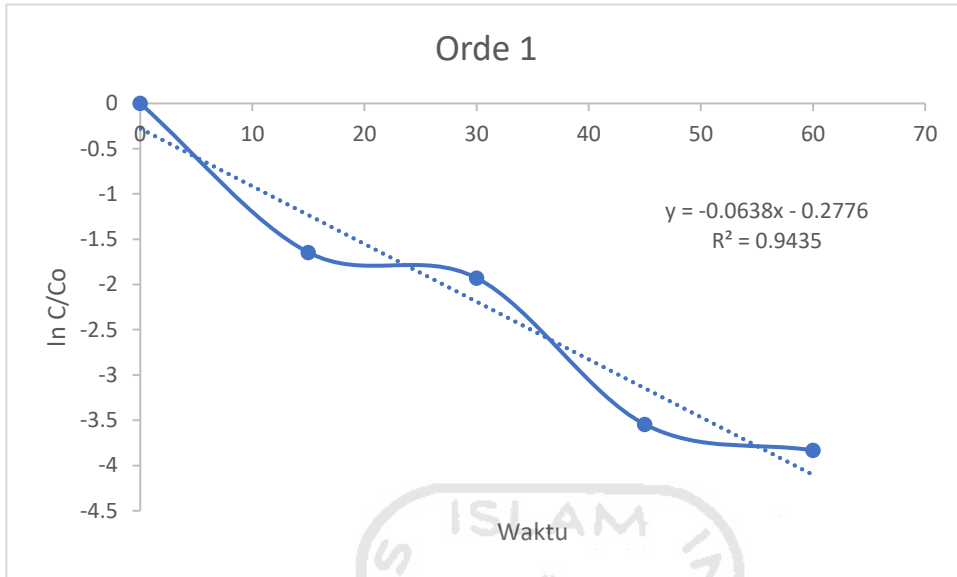
3.1 Perubahan konsentrasi zat warna BPB

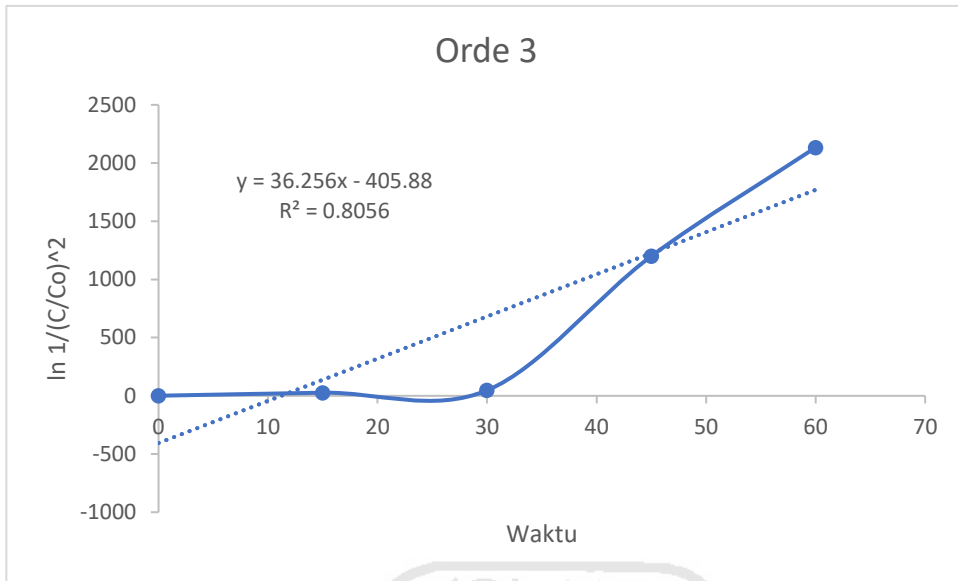


3.2 Orde Reaksi

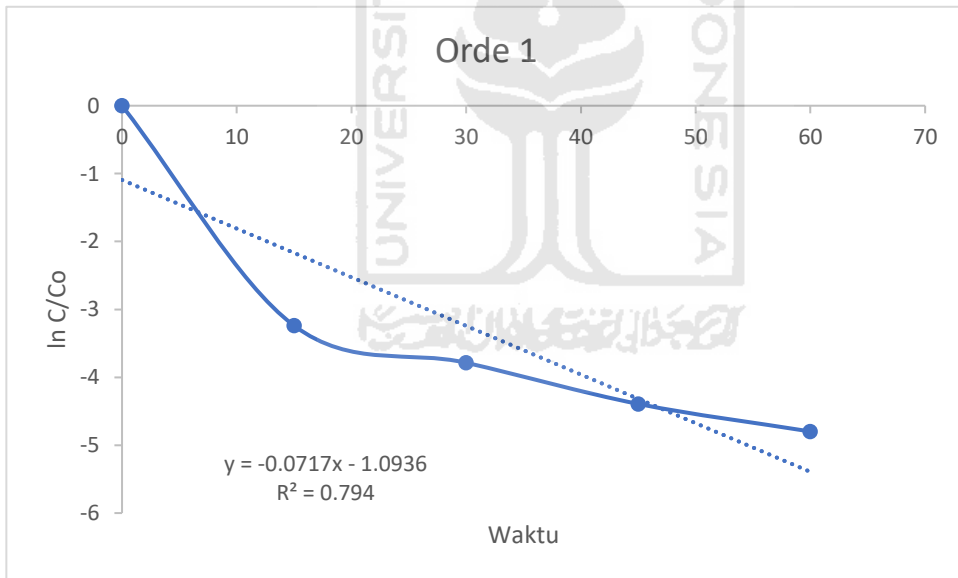
Variasi	Fe ₂ O ₃ -SiO ₂			Fe ₂ O ₃ -SiO ₂ dengan H ₂ O ₂		
	R ²	Slope	Intersep	R ²	Slope	Intersep
Orde 1	0.9435	-0.0638	-0.2776	0.794	0.0717	-1.0936
Orde 2	0.8727	0.7989	-5.1873	0.9767	1.972	-4.6213
Orde 3	0.8056	36.256	-405.88	0.8331	235.22	-2290.3

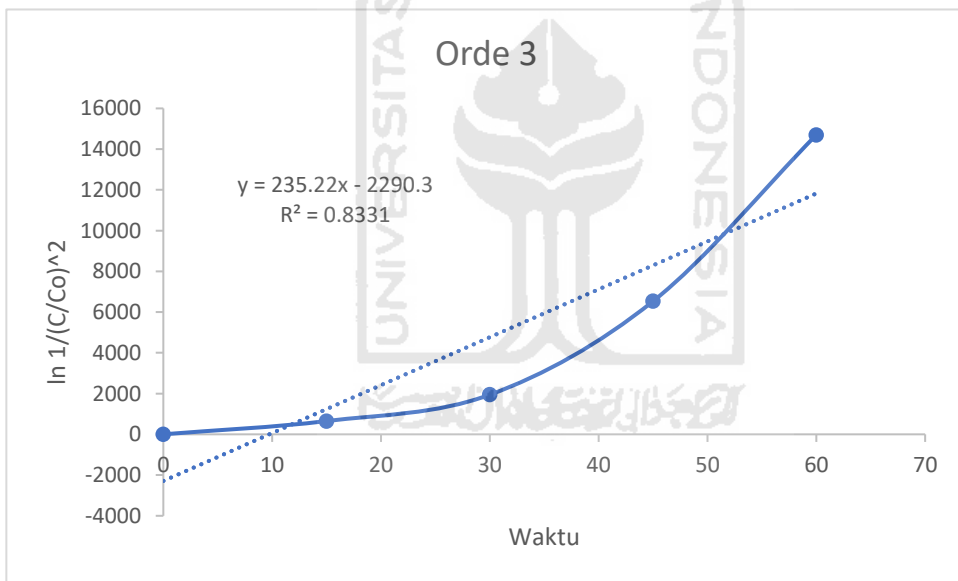
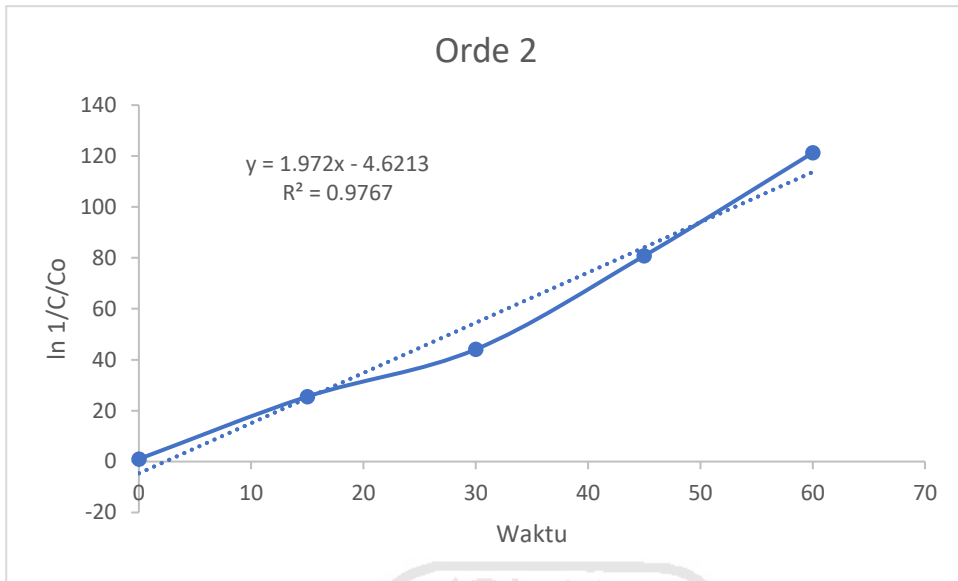
3.4 Grafik yang dihasilkan tanpa penambahan H₂O₂.



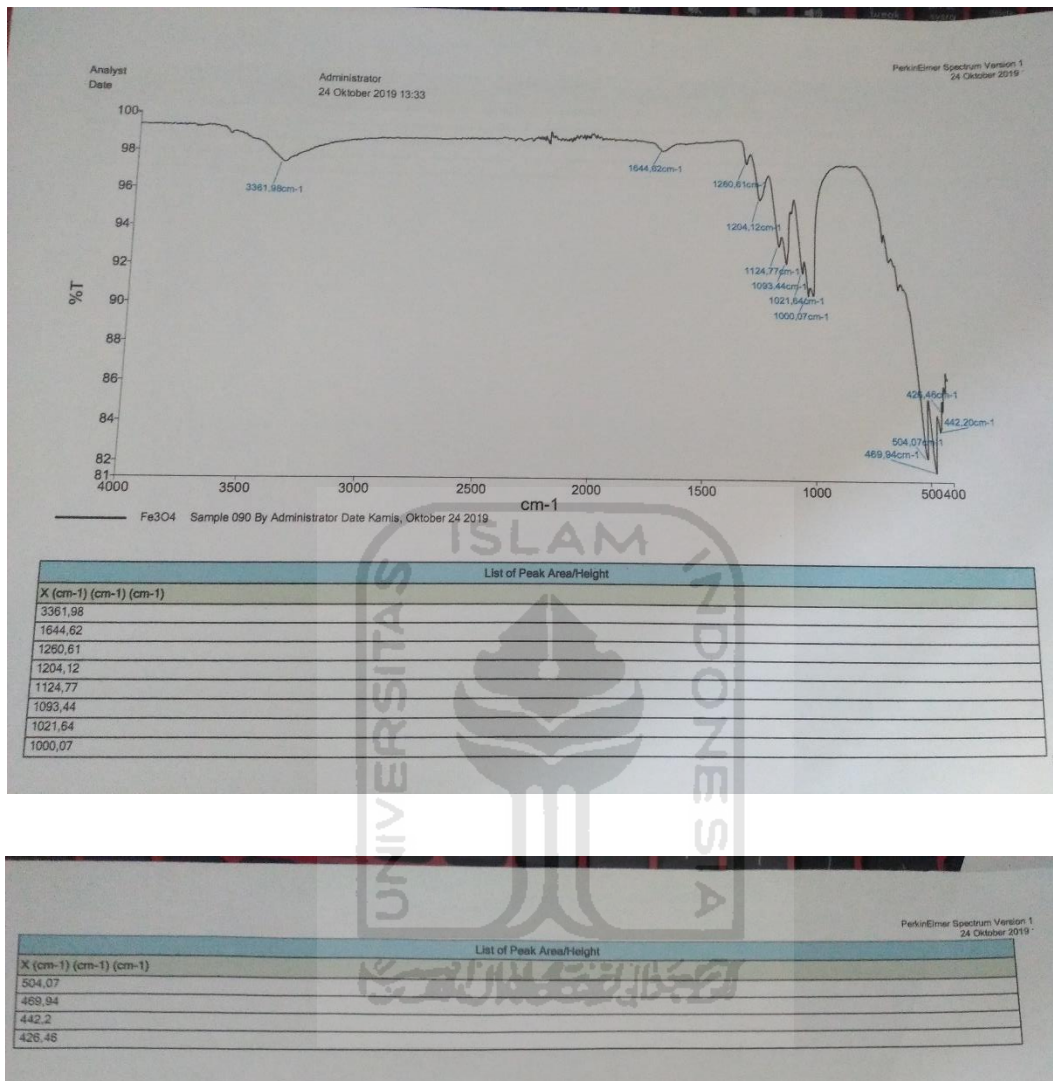


3.5 Grafik yang dihasilkan dengan penambahan H₂O₂.



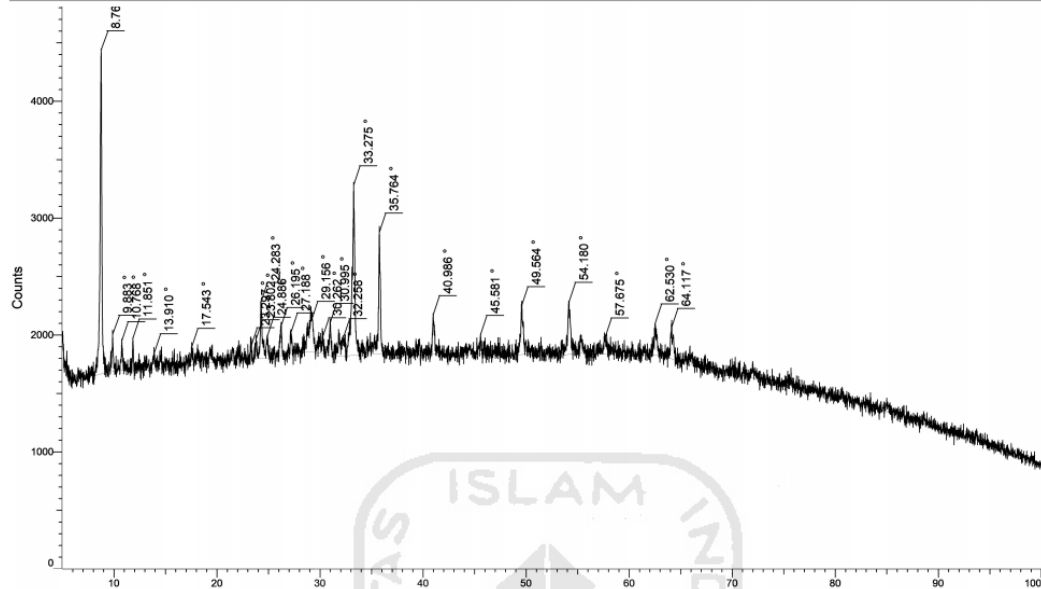


Lampiran 4. Hasil karakterisasi Fe₂O₃-SiO₂ dengan FTIR



Lampiran 5. Hasil karakterisasi Fe₂O₃-SiO₂ dengan XRD

(Coupled TwoTheta/Theta)



Peak List #1

Visible	Icon	Color	Index	Name	Parent	Caption (display)	Scan	Angle	d Value
Yes			1	Peak #1	Peak List #1	8.763 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	8.763 °	10.08331 Å
Yes			2	Peak #2	Peak List #1	9.883 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	9.883 °	8.94257 Å
Yes			3	Peak #3	Peak List #1	10.768 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	10.768 °	8.20945 Å
Yes			4	Peak #4	Peak List #1	11.851 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	11.851 °	7.46190 Å
Yes			5	Peak #5	Peak List #1	13.910 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	13.910 °	6.36123 Å
Yes			6	Peak #6	Peak List #1	17.543 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	17.543 °	5.05124 Å
Yes			7	Peak #7	Peak List #1	23.297 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	23.297 °	3.81509 Å
Yes			8	Peak #8	Peak List #1	23.802 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	23.802 °	3.73524 Å
Yes			9	Peak #9	Peak List #1	24.283 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	24.283 °	3.66242 Å
Yes			10	Peak #10	Peak List #1	24.886 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	24.886 °	3.57501 Å
Yes			11	Peak #11	Peak List #1	26.195 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	26.195 °	3.39927 Å
Yes			12	Peak #12	Peak List #1	27.188 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	27.188 °	3.27731 Å
Yes			13	Peak #13	Peak List #1	29.156 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	29.156 °	3.06046 Å
Yes			14	Peak #14	Peak List #1	30.262 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	30.262 °	2.95106 Å
Yes			15	Peak #15	Peak List #1	30.995 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	30.995 °	2.88289 Å
Yes			16	Peak #16	Peak List #1	32.258 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	32.258 °	2.77287 Å
Yes			17	Peak #17	Peak List #1	33.275 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	33.275 °	2.69039 Å
Yes			18	Peak #18	Peak List #1	35.764 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	35.764 °	2.50867 Å
Yes			19	Peak #19	Peak List #1	40.986 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	40.986 °	2.20024 Å
Yes			20	Peak #20	Peak List #1	45.581 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	45.581 °	1.98859 Å
Yes			21	Peak #21	Peak List #1	49.564 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	49.564 °	1.83769 Å
Yes			22	Peak #22	Peak List #1	54.180 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	54.180 °	1.69151 Å
Yes			23	Peak #23	Peak List #1	57.675 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	57.675 °	1.59705 Å
Yes			24	Peak #24	Peak List #1	62.530 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	62.530 °	1.48422 Å
Yes			25	Peak #25	Peak List #1	64.117 °	3160 F3O4-SiO2.raw #1	64.117 °	1.45125 Å

Lampiran 6. Hasil karakterisasi $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ dengan SEM-EDX

