

**PENGARUH KADAR Fe PADA PEMBENTUKAN KOMPOSIT
Fe₂O₃ / SiO₂ DARI DAUN BAMBU UNTUK APLIKASI
FOTODEGRADASI RHODAMIN B**

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**



diajukan oleh :

MUHAMMAD FIQRI ANDRIAN

No. Mahasiswa: 16612012

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

**PENGARUH KADAR Fe PADA PEMBENTUKAN KOMPOSIT
Fe₂O₃ / SiO₂ DARI DAUN BAMBU UNTUK APLIKASI
FOTODEGRADASI RHODAMIN B**

Disusun oleh:

MUHAMMAD FIQRI ANDRIAN

No. Mahasiswa: 16612012

Telah dipertahankan dihadapan Dewan Penguji Skripsi

Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 07 Januari 2021

Dewan Penguji

Tanda Tangan

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

2. Argo Khoirul Anas, S.Si., M.Si.

3. 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 dibawah ini :

Nama : Muhammad Fiqri Andrian
Nim : 16612012
Program Studi : Ilmu Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan skripsi saya yang berjudul Pengaruh Kadar Fe Pada Pembentukan Komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ Dari Daun Bambu Untuk Aplikasi Fotodegradasi Rhodamin B bersifat asli dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang sudah disebutkan didalam skripsi ini. Apabila terdapat kontribusi dari penulis lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan didalam skripsi ini. Apabila kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses semua dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguhnya dan penuh rasa tanggungjawab.

Yogyakarta, 13 Januari 2021

Yang menyatakan

METERAI
TEMPEL
54775AHF80X634628
6000
ENAM RIBURUPIAH



Muhammad Fiqri Andrian

(16612012)

HALAMAN PERSEMBAHAN

TERIMA KASIH KEPADA.....

Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang atas segala nikmat dan hidayah yang diberikan untuk penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan akhir ini dengan mempermudah segala urusan yang penulis alami. Tiada alasan bagi penulis untuk berhenti bersyukur. “Alhamdulillah Alhamdulillah Alhamdulillah”

Teruntuk orang tua terhebatku, **Bapak Andri S.Pd** dan **Ibu Hasmi Hendryani S.Pd**, Bapak dan ibu yang tidak pernah berhenti mendoakan anaknya. Pelipur laraku, motivator terbaikku, penyemangatku, dan guru terbaikku. Terimakasih atas segala cinta, kasih sayang yang amat sangat tulus untukku. Terimakasih atas doa yang selalu bapak dan ibu panjatkan untuk kebaikan dan kebahagiaanku. Kepada saudaraku tercinta **Wahyuni Rahmi Fitri Andrian**, yang selalu memotivasi dan menyemangatiku.

Kepada **Ibu Prof. Dr. Is Fatimah, M.Si** yang selalu sabar dalam membimbing saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih atas motivasi dan pengalaman luar biasa yang selama ini ibu berikan kepada saya. Ibu bukan hanya sebagai dosen melainkan orangtua yang terbaik bagi saya. Doa yang tak pernah henti untuk ibu agar selalu diberi kesehatan, kebaikan, dan kebahagiaan.

Kepada **Putwi, Pindi, Heri, Alif, Embi, Dilla, Desy, Ana, Upi** dan teman yang tidak bisa disebutkan satu-satu namanya. Terimakasih atas semangat dan dukungan yang diberikan sehingga hari-hari yang dilalui terasa lebih berkesan. Suka duka yang kita alami bersama akan tersimpan rapi dimemoriku. Jika tiba-tiba sebelum kemarin kalian hilang, mungkin aku tidak pernah sampai. Semoga kesuksesan selalu menyertai kita dan semoga kita semua selalu dalam dekapan kasih sayang Allah SWT.

Kepada **MEE group**, yang selalu memberi dukungan luar biasa satu sama lain. **Teman-teman kimia**, atas rajutan memori dan pengalaman yang tidak akan pernah terlupakan.

Kata Pengantar



Puji syukur senantiasa penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga proposal skripsi yang berjudul “PENGARUH KADAR Fe PADA PEMBENTUKAN KOMPOSIT Fe_2O_3 / SiO_2 DARI DAUN BAMBU UNTUK APLIKASI FOTODEGRADASI RHODAMIN B” ini dapat terselesaikan tepat waktu. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang dinantikan syafa’atnya di yaumul akhir nanti. Proposal skripsi ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak, baik berupa material maupun non material, pada kesempatan ini penulis ucapkan beribu terimakasih kepada:

1. Bapak Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
3. Ibu Is Fatimah, S.Si, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Dr. Dwiarto Rubiyanto, S.Si., M.Si selaku Ketua Prodi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Is Fatimah, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang senantiasa meluangkan waktu untuk membimbing, mengarahkan, dan menerima keluhan kesah penulis selama melakukan perencanaan, penelitian hingga terselesaikannya proposal skripsi ini.
6. Kepada kedua orang tua, yang telah memberikan segala sesuatu yang saya butuhkan selama ini.
7. Seluruh Dosen Kimia, staff pengajar, laboran, dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia.

8. Fitri, Putwi, Tiwi, Miko, Pindi, Hesti, Khoi, Ayas, dan seluruh tim riset MEE (*Material for Energy and Environment*).
9. Dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini jauh dari kata sempurna, baik dari segi penyusunan maupun penyajian yang disebabkan keterbatasan pengalaman dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna peningkatan kualitas penulis yang akan datang. Semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat terkhusus bagi penulis dan pembaca.

Yogyakarta, Januari 2021



Muhammad Fiqri Andrian

**PENGARUH KADAR Fe PADA PEMBENTUKAN KOMPOSIT Fe_2O_3 /
 SiO_2 DARI DAUN BAMBU UNTUK APLIKASI FOTODEGRADASI
RHODAMIN B**

INTISARI

MUHAMMAD FIQRI ANDRIAN

No. Mahasiswa : 16612012

Telah dilakukan penelitian tentang sintesis komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ dari daun bambu untuk aplikasi fotodegradasi rhodamin B. Sintesis Fe_2O_3 dilakukan dengan campuran $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber Fe^{2+} dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber Fe^{3+} dengan perbandingan 1:2, kemudian diimobilisasi terhadap SiO_2 . Untuk melihat pengaruh kandungan Fe dilakukan variasi kadar Fe menjadi 5% dan 10%. Berdasarkan variasi ini bahan diberikan kode masing-masing FeSi-5 dan FeSi-10. Karakterisasi FeSi-5 dan FeSi-10 dilakukan menggunakan XRD dan, SEM-EDX kemudian dilakukan uji aktivitas fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10 untuk fotodegradasi rhodamin B. Hasil uji dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10 dapat mendegradasi zat warna rhodamin B. Kemampuan fotokatalis FeSi-5 dalam mendegradasi zat warna rhodamin B sebesar 70,3375 % dan FeSi-10 dalam mendegradasi zat warna rhodamin B sebesar 99,1597 %. Uji aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi rhodamin B dengan variasi konsentrasi Fe menunjukkan semakin tinggi kadar Fe dalam komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ maka kemampuan fotokatalis dalam mendegradasi rhodamin B semakin tinggi.

Kata kunci : *daun bambu, fotodegradasi, rhodamin b, fotokatalis $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$*

**EFFECT OF Fe CONCENTRATION ON THE SYNTHESIS OF $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$
COMPOSITE FROM BAMBOO LEAVES FOR PHOTODEGRADATION
APPLICATION OF RHODAMIN B**

ABSTRACT

MUHAMMAD FIQRI ANDRIAN

NO. Mahasiswa : 16612012

In this reaserch has been conducted synthesis of $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ composite from bamboo leaves for the photodegradation application of rhodamine B. The synthesis of Fe_2O_3 was carried out with a mixture of $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ as a source of Fe^{2+} and $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ as a source of Fe^{3+} with a ratio of 1: 2, then immobilized with SiO_2 . To see the effect of Fe content varied into 5% and 10%, the material were respectivetely encoded as FeSi-5 and FeSi-10. Characterization of FeSi-5 and FeSi-10 were studied using XRD, SEM-EDX and then tested the photocatalyst activity of FeSi-5 and FeSi-10 for the photodegradation of rhodamine B. The test results were analyzed using a UV-Vis spectrophotometer. FeSi-5 and FeSi-10 photocatalysts can degrade rhodamine B dye. The ability of FeSi-5 photocatalysts to degrade rhodamine B dye was 70.3375 % and FeSi-10 in degrade rhodamine B dye was 99.1597 %. The photocatalyst activity test in degrading rhodamine B with variations in Fe concentration showed that the higher Fe concentration analyzed, the higher the ability of the photocatalyst to degrade Rhodamine B.

Keywords : *bamboo leaves, photodegradation, $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$ composite, rhodamine B*

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I	10
PENDAHULUAN	10
1.1 Latar Belakang.....	10
1.2 Perumusan Masalah	11
1.3 Tujuan Penelitian	11
1.4 Manfaat Penelitian	12
BAB II.....	13
TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Fotodegradasi	13
2.2 Material Fe_2O_3 terembankan sebagai fotokatalis.....	14
BAB III	2
DASAR TEORI	2
3.1 Tanaman Bambu	2
3.2 Silika dioksida.....	2
3.3 Fotodegradasi	3
3.4 Fotokatalis.....	4
3.5 Rhodamin B	4
3.6 Metode Refluks	5
3.7 X-ray Diffraction (XRD)	6
3.8 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX) ...	7
3.9 Spektrofotometer UV-Vis	9
4.0 Kinetika Reaksi	10
BAB IV	14
METODOLOGI PENELITIAN.....	14
4.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	14
4.1.1 Alat Penelitian.....	14
4.1.2 Bahan Penelitian	14

4.2 Prosedur Penelitian	14
4.2.1 Preparasi SiO ₂ dari daun bamboo	14
4.2.2 Sintesis Katalis FeSi-5 dan FeSi-10	15
4.2.3 Karakterisasi fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10	15
4.2.4 Fotodegradasi Rhodamin B dengan katalis FeSi-5 dan FeSi-10	15
BAB V	16
Hasil dan Pembahasan.....	16
5.1 Preparasi Sampel Fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10.....	16
5.2 Karakterisasi FeSi-5 dan FeSi-10 dengan Menggunakan SEM- EDX (<i>Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray</i>).....	17
5.3 Karakterisasi FeSi-5 dan FeSi-10 dengan <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	19
5.4 Uji Aktivitas Fotokatalis Komposit FeSi-5 dan FeSi-10 pada Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B.....	22
BAB VI	25
KESIMPULAN DAN SARAN.....	25
6.1 Kesimpulan	25
6.2 Saran	25
DAFTAR PUSTAKA	26
LAMPIRAN.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tanaman Bambu	2
Gambar 2. Struktur SiO ₂	3
Gambar 3. Struktur Rhodamin B	5
Gambar 4. Skema Refluks	6
Gambar 5. Difraksi sinar-X oleh elektron-elektron di dalam atom suatu material 7	
Gambar 6. Skema Kerja SEM	8
Gambar 7. Skema Kerja UV-Vis.....	9
Gambar 8. Grafik reaksi orde satu.....	11
Gambar 9. Grafik orde dua	12
Gambar 10. Hasil analisis SEM fotokatalis (a) FeSi-5 dan (b) FeSi-10.....	18
Gambar 11. Hasil analisis EDX fotokatalis (a) FeSi-5 dan (b) Fesi-10	19
Gambar 12. Hasil analisis XRD fotokatalis Fesi-5 dan FeSi-10	20
Gambar 13. Hasil analisis perubahan konsentrasi rhodamin B terhadap waktu .	22
Gambar 14. Grafik persentase fotodegradasi rhodamin B dengan Fesi-5 dan FeSi-10.....	23

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Penelitian Fe_2O_3 teremban sebagai fotokatalis	15
Tabel 2. Variasi konsentrasi Fe	15
Tabel 4. Komposisi unsur penyusun FeSi-5 dan FeSi-10	19
Tabel 5. Hasil analisis XRD komposit FeSi-5 dan FeSi-10	21
Tabel 6. Data orde reaksi hasil fotodegradasi rhodamin B	24



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri di Indonesia terus tumbuh sejalan dengan berkembangnya teknologi dan sistem produksi yang mendukung saat ini. Meningkatnya kebutuhan masyarakat akan kebutuhan produk dari tahun ke tahun juga merupakan salah satu pemicu percepatan tumbuhnya industri di Indonesia. Salah satu jenis industri adalah industri tekstil. Di Indonesia, baik industri tekstil maupun produk tekstil telah menjadi industri yang penting dan terbukti mampu meningkatkan nilai perekonomian Indonesia (Maryadi, 2007).

Sejalan dengan perkembangan industri, industri tekstil juga mengalami perkembangan. Namun besarnya perkembangan industri tekstil di Indonesia tidak diimbangi dengan pengolahan limbah cair dengan baik dan benar. Sebagian besar industri tekstil menggunakan pewarna sintesis dengan alasan murah, tahan lama, mudah diperoleh, dan mudah dalam penggunaan. Penggunaan pewarna tekstil sintesis menimbulkan masalah, yakni limbah yang dihasilkan masih berwarna dan sulit terdegradasi. Limbah pewarna tekstil harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran air. Ini disebabkan karena sekitar 10% hingga 15% zat pewarna yang sudah dipakai, tidak dapat digunakan ulang dan harus dibuang (Ruzicka *et al.*, 2014).

Air limbah yang mengandung pewarna dicirikan oleh tingginya kandungan senyawa organik dan toksisitas, yang menjadi masalah besar berkaitan dengan sumber daya air jika tidak diolah. Masalah terkait dengan toksisitasnya, ketekunan dalam lingkungan, dan bahaya terhadap biota. Selain itu, pengolahan air limbah yang mengandung pewarna yang tidak tepat akan menjadi masalah bagi manusia. Oleh karena itu, menghilangkan pewarna dengan teknik ramah lingkungan adalah pertimbangan utama dalam penelitian ini (Wang *et al.*, 2011). Di antara metode yang diusulkan seperti adsorpsi, oksidasi kimia, dan metode biologis, proses oksidasi lanjutan (AOP) adalah teknologi yang menjanjikan untuk mengolah air limbah yang mengandung zat warna (Wang *et al.*, 2012).

Menurut Watt (1998) senyawa organik akan sangat mudah dioksidasi menggunakan radikal hidroksil, sehingga dapat termineralisasi menjadi karbon dioksida dan air. Metode proses oksidasi lanjutan (AOP) adalah proses oksidasi kimia lanjut mampu menghasilkan radikal hidroksil (HO) sebagai oksidator handal untuk mengoksidasi semua bahan terdapat dalam air. Dalam skema ini beberapa fotokatalisis semikonduktor telah dilaporkan. Jenis fotokatalis yang digunakan memainkan peran penting dalam efisiensi proses. TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , dan ZnS adalah fotokatalis semikonduktor yang sering digunakan dalam AOP. Di antara mereka fotokatalis besi oksida populer karena fotoaktivitas dan mekanismenya, yang

disebut proses Fenton dan Fenton (Mishra dan Chun, 2015). Besi oksida dalam bentuk Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 telah dilaporkan efektif dalam degradasi beberapa pewarna (Saghi *et al.*, 2018; Lassoued *et al.*, 2018; Smita *et al.*, 2016). Fotokatalis berbasis Fe_2O_3 cukup menarik karena lebih ekonomis dibandingkan TiO_2 yang dinilai lebih populer. Beberapa penelitian yang mengangkat topik Fe_2O_3 sebagai fotokatalis antara lain adalah penelitian fotodegradasi zat warna metal merah menggunakan $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ oleh Hazarika, *et al* (2016) dimana proses biosintesis $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ sederhana, efisien, dan murah dikembangkan dengan menggunakan *Musa balbisiana*. Katalis ini selanjutnya digunakan untuk degradasi fotokatalitik pewarna MR.

Penelitian terdahulu menunjukkan keberhasilan ekstraksi dari daun bamboo (Prihatiningsih *et al.*, 2017). Dalam penelitian ini, pemanfaatan silika sebagai pengembangan fotokatalis Fe_2O_3 diupayakan sebagai salah satu material baru untuk aplikasi fotokatalis. Karakterisasi material dilakukan menggunakan instrument SEM, XRD, DR-UV, dan UV-Vis. Dari berbagai aplikasi komposit besi-silika, konsentrasi Fe menentukan karakteristik dan kemampuan material dalam aktivitasnya sebagai fotokatalis. Dengan latar belakang tersebut, dalam penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi FeSi-5 dan FeSi-10.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana preparasi dan karakterisasi $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ dari silika daun bambu?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi Fe dalam mendegradasi rhodamin B?
3. Bagaimana aktivitas fotokatalitik material FeSi-5 dan FeSi-10 dalam mendegradasi rhodamin B ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses preparasi dan karakteristik $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ dari silika daun bambu.
2. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi Fe dalam mendegradasi rhodamin B.
3. Mengetahui kemampuan aktivitas fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10 dari silika daun bambu untuk aplikasi fotodegradasi rhodamin B.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini akan memberikan solusi berupa pemanfaatan sumber daya alam indonesia yang melimpah khususnya pada material daun bambu dan menemukan alternatif teknologi baru untuk menanggulangi zat warna yang efektif dan efisien serta ramah lingkungan, dapat memberikan penanganan pada kasus pencemaran lingkungan berupa zat warna rhodamin B atau limbah tekstil berwarna dengan memanfaatkan material $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ sebagai katalis. Selain itu peran fotokatalis ini juga dapat dioptimalkan dalam meningkatkan produktivitas industri tekstil tanpa khawatir mencemari lingkungan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fotodegradasi

Perkembangan industri tekstil di Indonesia yang semakin pesat menimbulkan dampak yang signifikan terhadap lingkungan karena dalam prosesnya menggunakan zat warna. Zat warna yang digunakan biasanya mengandung senyawa organik yang sulit didegradasi (Ermin *et al.*, 2019). Limbah cair dari zat warna tekstil harus diolah sebelum dibuang ke saluran air karena 95% limbah tersebut tidak dapat digunakan ulang (Romiyati, 2016). Limbah cair dari zat warna tekstil yang tidak diolah akan menjadi permasalahan yang semakin luas di daerah industri. Molekul zat warna yang semakin banyak akan merusak lingkungan sekitarnya (Ermin *et al.*, 2019). Oleh karena itu, pengolahan limbah merupakan teknologi yang penting untuk kehidupan manusia dan lingkungan secara global (Novie *et al.*, 2016).

Upaya penanganan masalah tersebut telah dilakukan dengan bermacam-macam cara. Secara konvensional misalnya adsorpsi menggunakan pasir aktif dan karbon aktif (Sumarni, 2012), atau lempung zeolit (Kamalia, 2013), sampai metode mutakhir seperti biodegradasi (Carliell *et al.*, 1995), irradiasi pengion (Indragini, 2011), maupun teknologi plasma (Cristiana M *et al.*, 2005). Namun, masing – masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan. Metode konvensional tidak efektif dalam mendegradasi zat pencemar, sedangkan metode mutakhir memerlukan biaya yang cukup tinggi. Salah satu upaya alternatif pengolahan limbah adalah dengan menggunakan prinsip fotodegradasi (Alinsafi *et al.*, 2006) menggunakan fotokatalis (Dewi *et al.*, 2017).

Metode fotodegradasi merupakan metode yang relatif murah dan mudah diterapkan. Metode fotodegradasi ini dapat menguraikan zat warna menjadi komponen – komponen lebih sederhana yang lebih aman bagi lingkungan (Wijaya *et al.*, 2006). Menurut Sakti, *et al.* (2013) pada proses fotokatalik diawali dengan terbentuknya pasangan *electron hole* positif dalam partikel semikonduktor. Pasangan *electron hole* positif mengalami reaksi reduksi oksidasi menghasilkan radikal hidroksil (OH) yang diduga dapat mendegradasi polutan organik berbahaya. Metode ini memerlukan nanomaterial semikonduktor yaitu TiO_2 , ZnO , dan Fe_2O_3 serta radiasi sinar ultraviolet (UV) (Fatimah *et al.*, 2005).

2.2 Material Fe_2O_3 terembankan sebagai fotokatalis

Salah satu jenis besi oksida adalah hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) yang sangat penting dalam teknologi dan industri (Sahoo *et al.*, 2010). Fe_2O_3 memiliki sifat magnetis yang penting karena adanya amorf Fe_2O_3 dan empat polimer (alfa, beta, gamma, dan epsilon) dimana yang paling banyak ditemukan adalah hematit ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Hematit memiliki rhombedal heksagonal, prototype, struktur korundun yang banyak ditemukan di alam. Secara umum, sifat semikonduktor hematit adalah sangat berguna dalam konversi energi matahari, fotokatalis, pemisahan air dan sifat magnetis maghemite memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi kesehatan peduli. Untuk keperluan ini, sejumlah besar material dalam jumlah besar serta dalam bentuk nanopartikel telah tercipta untuk berbagai fotokimia dan aplikasi fotoelektrokimia (Chirita, 2009)

Hematit digunakan untuk aplikasi yang sangat luas seperti katalis, sensor gas, baterai Litium ion, dan *water splitting*. Hal ini disebabkan karena hematit mempunyai resistansi yang tinggi terhadap kristalinitas dan korosi yang stabil pada suhu ruang. Sementara itu, silika merupakan *advance material* yang juga sudah digunakan secara luas diberbagai bidang karena mempunyai sifat kimia dan fisik yang bagus. Formasi dari kedua material ini membentuk material komposit $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ yang digunakan untuk aplikasi pada semikonduktor dan katalis. Penelitian tentang $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ telah banyak dilakukan dengan berbagai metode seperti dengan co-presipitasi, metode *hydrothermal*, dan metode sol-gel. Penelitian yang telah dilakukan oleh banyak peneliti terkait pengembangan fotokatalis Fe_2O_3 terembankan dirangkum dalam **Tabel 1** hasil penelitian Fe_2O_3 terembankan sebagai fotokatalis.

Tabel 1. Hasil Penelitian Fe_2O_3 teremban sebagai fotokatalis

No	Material	Hasil Penelitian	Peneliti
1.	Logam oksida @ Fe_2O_3 dan Fe_3O_4	Digunakan untuk <i>cracking</i> residu minyak bumi dengan penguapan dimana Fe_2O_3 dan Fe_3O_4 dapat meningkatkan aktivitas katalitik dalam pengolahan <i>cracking oil</i> pada waktu 6 jam.	Fumoto <i>et al.</i> , 2018
2.	$\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$, <i>core-shell</i>	$\text{Fe}_3\text{O}_4@ \text{SiO}_2$ digunakan sebagai katalis untuk sintesis 14-aryl-14H-dibenzo [a,i] xanthene-8,13-diane yang menghasilkan yield cukup tinggi dan reaksi yang cepat. Katalis ini bersifat heterogen dan dapat digunakan kembali dengan cara di filtrasi dan <i>reused</i> .	M.A Ghasemzadeh <i>et al.</i> , 2016

No	Material	Hasil Penelitian	Peneliti
3.	$\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$ dari kulit <i>Musa balbisiana</i> (Pisang Liar)	Proses biosintesis $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$ sederhana, efisien, dan murah dikembangkan dengan menggunakan <i>Musa balbisiana</i> . Katalis ini selanjutnya digunakan untuk degradasi fotokatalitik pewarna MR. Nanokatalis $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$ ternyata efisien, sangat aktif dan dapat didaur ulang selama lima kali berturut-turut tanpa kehilangan aktivitas fotokatalitik secara signifikan.	(Hazarika <i>et al.</i> , 2015).
4.	$\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ dari abu sekam padi (<i>Rice Husk</i>	Katalis $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ yang didukung pada abu sekam padi (RHA) untuk oksidasi fotokimia NO telah	(Balbuena <i>et al.</i> , 2017).

No	Material	Hasil Penelitian	Peneliti
	Ash/RHA)	diteliti. Komposit $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 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 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (hematit) dengan kadar Fe_2SiO_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 $\text{NO}/\text{NO}_2/\text{NO}_3$ mencapai nilai setinggi 72% dengan adanya kristal hematit lempeng heksagonal besar.	
5.	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3@$ $\text{SiO}_2@$ $\text{TiO}_2\text{-Ag}$	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3@$ $\text{SiO}_2@$ $\text{TiO}_2\text{-Ag}$ nano-komposit menunjukkan aktivitas fotokatalitik yang lebih kuat daripada TiO_2 murni. Dengan $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3@$ $\text{SiO}_2@$ $\text{TiO}_2\text{-Ag}$, sekitar 84% dari metil jingga dapat didekomposisi setelah 1 jam radiasi UV, dibandingkan dekomposisi 49% untuk TiO_2 murni. Aktivitas antibakteri nanokomposit $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3@$ SiO_2	(Cui <i>et al.</i> , 2012).

No	Material	Hasil Penelitian	Peneliti
		@TiO ₂ -Ag sangat luar biasa dibandingkan dengan nanopartikel TiO ₂ . Penambahan nanopartikel perak ke dalam matriks TiO ₂ memfasilitasi pemisahan muatan dengan menjebak elektron yang dihasilkan, sehingga meningkatkan aktivitas biologis dan fotoaktivitas	
6.	α -Fe ₂ O ₃ @SiO ₂ @Ce-doped TiO ₂	Ditemukan bahwa nanokomposit α -Fe ₂ O ₃ @SiO ₂ @Ce-terdoping TiO ₂ memiliki aktivitas fotokatalitik yang ditingkatkan secara signifikan di bawah cahaya dan dapat dengan mudah dipisahkan dengan menggunakan medan magnet, yang sangat dengan mudah mempromosikan potensial mereka untuk menghilangkan polutan organik dari air limbah. Fotokatalis hibrida α -Fe ₂ O ₃ @SiO ₂ @Ce-TiO ₂ memilikipotensi penggunaan praktis dalam pengolahan air limbah.	(He <i>et al.</i> , 2012)
7.	Fe ₂ O ₃ @TiO ₂ , Fe/TiO ₂ , dan Fe@Fe ₂ O ₃ @TiO ₂	Fe ₂ O ₃ @TiO ₂ sangat menyerap MB. Efisiensi adsorpsi mencapai 99% dalam waktu 10 menit, yang dikaitkan dengan luas permukaan besar partikel TiO ₂ dan gugus hidroksil yang melimpah dalam	(Chen <i>et al.</i> , 2017).

No	Material	Hasil Penelitian	Peneliti
		katalis $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{TiO}_2$. Kinerja fotokatalitik dan magnetik dari katalis $\text{Fe}@\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{TiO}_2$ sensitif terhadap keberadaan lapisan perantara Fe_2O_3 . Efisiensi adsorpsi mereka lebih rendah daripada $\text{Fe}_2\text{O}_3@\text{TiO}_2$ tetapi lebih besar dari Fe/TiO_2 . Ini mencerminkan ukuran dan dispersi partikel magnetik. Efisiensi degradasi dan konstanta laju reaksi yang tampak lebih kecil dari Fe/TiO_2 .	
8.	$\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2$ / FAC (<i>fly ash cenospheres</i>)	Fotokatalis komposit $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2/\text{FAC}$ disiapkan dengan metode hidrotermal. Hasil dari percobaan fotokatalis menunjukkan bahwa laju fotodegradasi tampak jenuh dalam 30 menit dan mencapai 100% dalam 1 jam. Aktivitas fotokatalitik dari fotokatalis $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2/\text{FAC}$ dapat dianggap berasal dari efek komposisi yang ditingkatkan antara fotokatalisis dan oksidasi dengan $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2/\text{FAC}$.	(Liu <i>et al.</i> , 2015)
9.	$\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2$ @ TiO_2	Fotokatalis komposit $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3@\text{SiO}_2@\text{TiO}_2$, terdiri dari superparamagnetik $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ nanosfer sebagai inti dalam, adsorben SiO_2	(Yu <i>et al.</i> , 2011)

No	Material	Hasil Penelitian	Peneliti
		<p>tidak aktif sebagai lapisan tengah dan fotoaktif TiO₂ fotokatalis sebagai pelapis atas. Fotokatalis komposit baru dapat secara efektif mendegradasi polutan organik dan dapat dengan mudah diperoleh kembali sifat magnet. Katalis dapat digunakan kembali setidaknya lima kali tanpa pengurangan yang berarti dalam efisiensi fotokatalitik. Penelitian ini menyediakan metode baru dengan mengintegrasikan multi-fungsi komposit <i>photocatalytic nanosystems</i> dengan kedua aktivitas fotokatalitik yang disempurnakan untuk dekomposisi pewarna dan kinerja daur ulang yang dapat dipisahkan secara magnetis, yang juga dapat diperpanjang untuk merancang sistem material multifungsi lainnya.</p>	
10.	WO ₃ /Fe ₂ O ₃	<p>Berdasarkan hasil diperoleh, diketahui berdasarkan hasil pengujian fotodegradasi film WO₃/Fe₂O₃ pada larutan zat warna <i>methylene blue</i> menunjukkan bahwa fotokatalis WO₃/Fe₂O₃</p>	(Widiyandari dan Syam, 2012)

No	Material	Hasil Penelitian	Peneliti
		mampu mendegradasi zat warna secara efektif dimana penambahan rasio berat Fe memberikan dampak peningkatan aktivitas fotokatalitik pada uji fotodegradasi dibandingkan tanpa penambahan Fe.	



BAB III

DASAR TEORI

3.1 Tanaman Bambu

Bambu merupakan salah satu jenis rumput – rumputan yang termasuk ke dalam family *Graminae*. Tanaman bamboo banyak tersebar di negara tropis dan dapat tumbuh di dataran rendah hingga lereng pegunungan. Bambu merupakan hasil hutan non kayu yang umumnya digunakan sebagai bahan konstruksi rumah seperti dinding, tiang, dan atap. Tanaman bamboo juga banyak digunakan sebagai produksi industri seperti *furniture*, bahan campuran kaca dan keramik serta bahan mentah industri *Pulp & Paper*.

Bagian yang banyak digunakan dari tanaman bamboo adalah 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. Penelitian sebelumnya telah melaporkan kandungan silika yang tinggi (50-70% berat) yang diperoleh dari abu daun bambu (Fatimah et al., 2019).

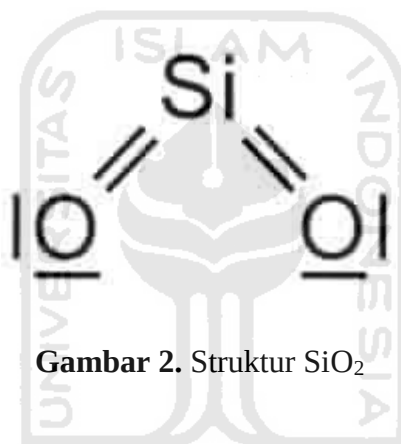


Gambar 1. Tanaman Bambu

3.2 Silika dioksida

Silika merupakan senyawa antara silikon dengan oksigen. Ikatan antara silikon dan oksigen membentuk struktur tetrahedron. Bentuk umum silika adalah quartz (kwarsa), yang terdapat pada sebagian besar batu-batuan sedimen alam dari batuan metaforik. Silika terdapat dalam tiga macam bentuk kristalin pada temperatur kamar antara lain : quartz-kwarsa (stabil hingga 870 °C), tridmit (stabil 870-1470)

$^{\circ}\text{C}$ dan kristobalit (stabil $1470\text{-}1710^{\circ}\text{C}$), ketiganya tidak dapat saling terbentuk. Setiap bentuk berada dalam modifikasi temperatur rendah (α) dan temperatur tinggi (β) dengan temperatur transisi kira-kira 573°C untuk kwarsa, $(120\text{-}160)^{\circ}\text{C}$ untuk tridmit, dan $(200\text{-}275)^{\circ}\text{C}$ untuk kristobalit. Perubahan kwarsa menjadi tridmit melibatkan perubahan ikatan-ikatan, dan oleh karena itu merupakan proses lambat, sedangkan perubahan kwarsa α dan kwarsa β melibatkan hanya sedikit distorsi bentuk tanpa pemecahan ikatan dan konsekuensinya merupakan proses yang reversible (dapat balik). Silika banyak digunakan karena silika mudah ditemukan dan memiliki daya serap yang baik sehingga apabila digunakan dalam proses penurunan akan mendapatkan hasil yang baik pula.



Gambar 2. Struktur SiO_2

3.3 Fotodegradasi

Fotodegradasi dalam prosesnya menggunakan energi yang berasal dari cahaya (sinar lampu atau lampu UV) untuk mengaktifkan proses katalis pada permukaan dari bahan semikonduktor yang akan menghasilkan radikal hidroksil ($\text{OH}\cdot$) untuk degradasi 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. Proses fotodegradasi dapat dipercepat oleh keberadaan fotokatalis seperti TiO_2 , CuO , ZnO , dan Fe_2O_3 . Di antara bahan semikonduktor tersebut, TiO_2 merupakan bahan yang banyak digunakan dalam proses fotodegradasi.

Bahan semikonduktor tersebut bisa digunakan untuk mempercepat fotodegradasi karena mempunyai struktur semikonduktor dengan energi celah pita

(*band gap*) yang relatif besar. Bahan semikonduktor juga memiliki kemampuan fotokatalitik sehingga ketika terkena cahaya pada panjang gelombang tertentu akan menjadi oksidator yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana.

3.4 Fotokatalis

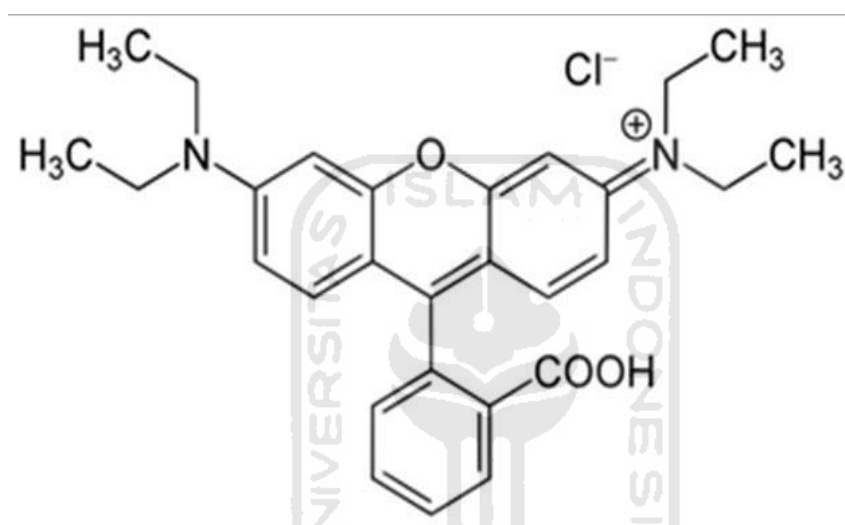
Fotokatalis adalah suatu kombinasi antara proses fotokimia dan katalis. Proses fotokimia adalah proses sintesis (transformasi) secara kimiawi dengan melibatkan cahaya sebagai pemicunya. Sedangkan katalis adalah substansi yang dapat mempercepat jalannya reaksi dengan mengubah jalur (mekanisme) reaksi tanpa ikut dikonsumsi pada reaksi tersebut. Fotokatalis memanfaatkan semikonduktor sebagai katalis yang diaktifkan dengan bantuan sinar ultraviolet (UV) untuk menguraikan senyawa organik menjadi mineral-mineralnya (Mills dan Hunte, 1997).

Bahan – bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai fotokatalis adalah bahan – bahan yang memiliki celah pita energi (*band gap*) dikenai cahaya maka energi cahaya tersebut dapat mengeksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi. Ini terjadi jika energi cahaya yang diberikan sama atau lebih besar daripada celah pita energi dari bahan tersebut. Oksida logam Fe_2O_3 merupakan salah satu semikonduktor yang perlu dipelajari dalam penelitian, karena Fe_2O_3 memiliki *band gap* (E_g) cukup kecil. Hal ini memudahkan eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi sehingga energi yang dibutuhkan tidak terlalu besar (Dhamayanti *et al.*, 2005).

3.5 Rhodamin B

Rhodamin B merupakan bahan kimia yang banyak digunakan sebagai pewarna merah pada industri tekstil dan plastik. Rhodamin B merupakan zat warna sintetik yang umum digunakan untuk pewarna tekstil. Dalam bidang industri rhodamin B umum digunakan untuk keperluan pabrik tekstil dan kertas (Arief *et al.*, 2007). Rhodamin B adalah zat warna sintesis berbentuk kristal berwarna ungu kemerahan, tidak berbau dan dalam larutan berwarna merah terang berfluoresensi (Wirasto, 2008).

Rumus molekul rhodamin B adalah $C_{28}H_{31}N_2O_3Cl$ dengan berat molekul sebesar 479,02 g/mol. Kelarutan rhodamin B dalam air mencapai 50 g/L. Apabila rhodamin B dilarutkan dalam asam asetat maka memiliki kelarutan sebesar 400 g/L. Rhodamin B berbentuk serbuk kristal berwarna kehijauan, berwarna merah keunguan dalam bentuk terlarut pada konsentrasi tinggi dan berwarna merah terang pada konsentrasi rendah (Barka *et al.*, 2008).



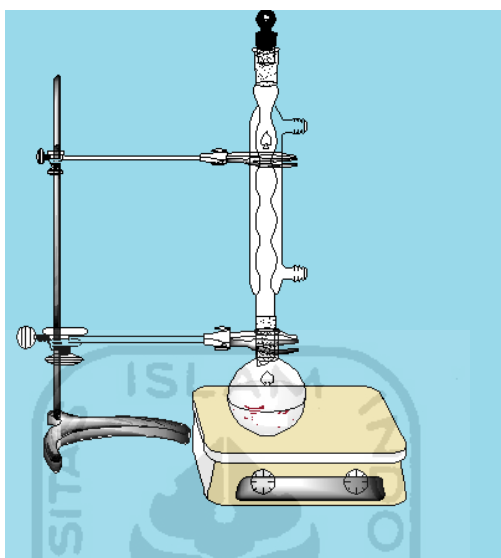
Gambar 3. Struktur Rhodamin B

3.6 Metode Refluks

Refluks adalah salah satu metode yang digunakan dalam ilmu kimia untuk mensintesis suatu senyawa, baik organik maupun anorganik. Umumnya digunakan untuk mensintesis senyawa-senyawa yang bersifat volatil atau mudah menguap. Prinsip dari metode refluks adalah pelarut volatile yang digunakan akan menguap pada suhu tinggi, namun akan didinginkan dengan kondensor sehingga pelarut yang tadinya dalam bentuk uap akan mengembun pada kondensor dan turun lagi kedalam wadah reaksi sehingga larutan akan tetap ada selama proses berlangsung (Khopkar, 1990).

Pada proses refluks, campuran reaktan ditempatkan dalam labu alas bulat dengan salah satu bagiannya terhubung dengan kondensor sehingga uap hasil reaksi yang dilepaskan akan menuju kondensor dan terjadi pendinginan mengakibatkan

uap tersebut berubah fasa menjadi cair dan akan kembali menetes kedalam labu tersebut. Siklus tersebut disertai pemanasan selama waktu tertentu. Disamping itu, refluks ialah suatu proses untuk menyempurnakan reaksi sehingga dapat diperoleh rendemen atau produk dengan jumlah yang maksimal (Akhyar, 2010).



Gambar 4. Skema Refluks

3.7 X-ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan salah satu metode karakteristik material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Metode ini berperan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Adapun prinsip dari XRD adalah adanya *scattering* karena gelombang sinar-X terdifraksi setelah bertumbukan dengan atom kristal. Pola difraksi yang dihasilkan merepresentasikan struktur kristal. Dari analisa pola difraksi dapat ditentukan parameter kisi, ukuran kristal, identifikasi kristalin. Jenis material dapat ditentukan dengan membandingkan hasil XRD dengan katalog hasil difraksi berbagai macam material (Riyanto, 2009). Adapun komponen dasar dari XRD yaitu: sumber sinar-X (*X-ray source*), material contoh yang diuji (*specimen*), detektor sinar-X (*X-ray detector*) (Sartono, 2006).

Sinar-X diperoleh dari tumbukan elektron dengan permukaan logam, biasanya tembaga (Cu). Elektron tersebut berasal dari filamen panas dalam keadaan

vakum pada tegangan tinggi dengan kecepatan tinggi. Sinar-X tersebut menembak sampel padatan kristalin, kemudian mendifraksikan sinar ke segala arah dengan memenuhi Hukum Bragg. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksikan oleh sampel. Sampel serbuk atau padatan kristalin memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel-partikel kristal yang terdapat di dalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi sudut tertentu, sehingga difraksi sinar-X memenuhi Hukum Bragg :

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \text{ dengan,}$$

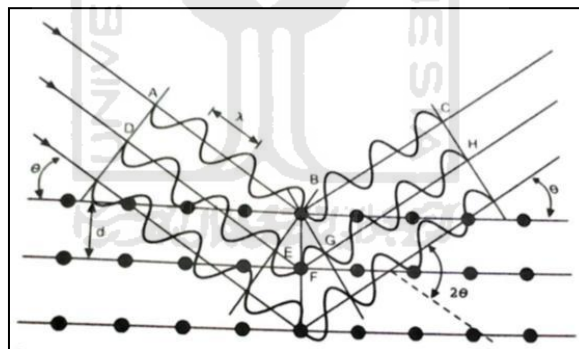
Keterangan:

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

λ : panjang sinar-X

d : Jarak kisi

θ : Sudut difraksi



Gambar 5. Difraksi sinar-X oleh elektron-elektron di dalam atom suatu material (Hafner, 2007).

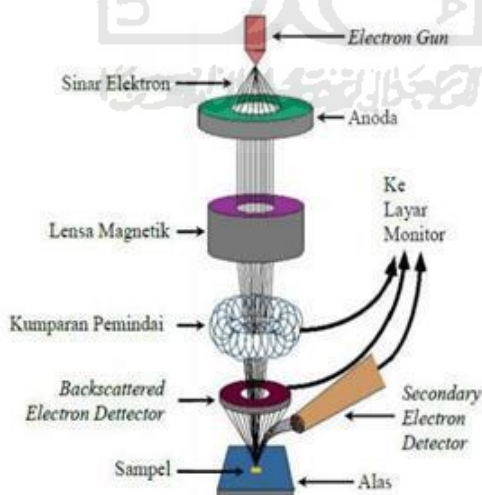
3.8 Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX)

SEM adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk menggambarkan suatu bahan dengan resolusi tinggi yang berasal dari pemakaian berkas elektron. Resolusi yang dihasilkan yakni 0,1-0,2 nm lebih tinggi dibandingkan mikroskop cahaya yakni 200 nm (Hanke, 2001).

Prinsip kerja SEM ialah ketika berkas elektron menumbuk permukaan sampel sejumlah elektron direfleksikan sebagai *backscattered electron* (BSE) dan

yang lain membebaskan energi rendah *secondary electron* (SE). SE dari permukaan sampel akan dideteksi melalui sinyal listrik oleh detektor sehingga dihasilkan gambar di layar monitor berupa informasi terkait permukaan topografi sampel, komposisi, dan sifat-sifat lainnya seperti konduktivitas listrik (Yazar, 2014). SEM dilengkapi dengan katoda dan magnetik lensa untuk membuat fokus sinar elektron dan sejak 1960-an SEM telah dilengkapi dengan kemampuan analisis unsur. Sebuah detektor digunakan untuk mengkonversi energi sinar-X menjadi tegangan sinyal, informasi ini dikirim ke prosesor pulsa, yang mengukur sinyal dan melewatinya ke sebuah *analyzer* untuk menampilkan data dan hasil analisis (Herliansyah, 2010).

Energy Dispersive X-ray (EDX) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan untuk analisis elemen atau karakterisasi kimia suatu sampel, merupakan salah satu varian dari fluoresensi sinar-X spektroskopi yang bergantung pada analisis sampel melalui interaksi antara radiasi elektromagnetik dan materi, dengan menganalisis sinar-X yang dipancarkan oleh materi dalam merespon tumbukan dengan partikel bermuatan (Hafner, 2007). Terdapat empat komponen utama dari setup EDS yaitu sumber sinar, detektor sinar- X, prosesor pulsa, dan analisa (Herliansyah, 2010).

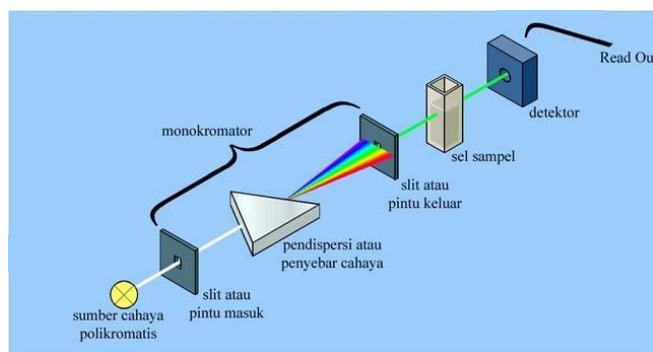


Gambar 6. Skema Kerja SEM

3.9 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis merupakan suatu metode identifikasi yang didasarkan pada struktur elektronik molekul atau dikenal sebagai spektroskopi elektronik. Spektrum yang diabsorpsi oleh suatu senyawa adalah sejumlah sinar yang diabsorpsi oleh satu senyawa pada panjang gelombang tertentu. Untuk senyawa berwarna akan memiliki satu atau lebih absorpsi spektrum yang tertinggi di daerah spektrum tampak (400-700 nm) dan spektrum ultraviolet (200-400 nm). Spectrum daerah tampak terjadi karena adanya perubahan energi elektron terluar dari molekul yang disebabkan adanya ikatan atau bukan ikatan. Pada umumnya, elektron yang berpindah tempat ini disebabkan adanya ikatan rangkap karbon-karbon atau pasangan nitrogen dengan oksigen. Adapun transisi yang penting pada daerah ultraviolet dan tampak yaitu transisi $n \rightarrow \pi^*$ dan $\pi \rightarrow \pi^*$, sedangkan transisi $n \rightarrow \sigma^*$ jarang terjadi (Sukma, 2012).

Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum UV dan tampak tergantung pada struktur elektronik dari molekul. Energi yang diabsorpsi dalam suatu molekul dapat menyebabkan transisi tingkat emisi atom atau molekul dari tingkat yang rendah (dasar) ke tingkat energi yang lebih tinggi (tereksitasi). Molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi akan mengabsorpsi pada panjang gelombang yang lebih pendek yaitu pada daerah violet. Sedangkan molekul yang memerlukan energi yang lebih sedikit akan mengabsorpsi pada panjang gelombang yang lebih panjang yaitu pada daerah tampak (Deskawi, 2012).



Gambar 7. Skema Kerja UV-Vis.

4.0 Kinetika Reaksi

Kinetika reaksi merupakan cabang ilmu kimia yang membahas tentang laju reaksi dan faktor-faktor yang mempengaruhi laju reaksi tersebut. Laju (kecepatan) reaksi dinyatakan sebagai perubahan konsentrasi pereaksi atau hasil reaksi (produk) terhadap satuan waktu (Coulson, 1983). Laju atau kecepatan reaksi adalah perubahan konsentrasi pereaksi ataupun produk dalam satuan waktu, yang mana laju suatu reaksi dapat dinyatakan sebagai laju berkurangnya konsentrasi suatu pereaksi, atau laju bertambahnya konsentrasi suatu produk (Keenan, 1999).

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 stokiometri ditulis

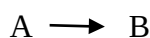
$$v_A = - d[A]/dt = - d[B]/dt$$

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.

$$\text{Misal: } v = k [A]^{1/2} [B]$$

artinya reaksi mempunyai orde setengah terhadap A dan orde satu

Reaksi orde Satu



$$\text{Laju reaksi} = - \frac{d[A]}{dt} = k [A]$$

Hasil eksperimen memberikan harga konsentrasi A pada berbagai waktu. Jika konsentrasi pada $t=0$ adalah A_0 dan pada t tertentu konsentrasi A adalah A, maka integrasinya:

$$-\int_{A_0}^A \frac{d[A]}{A} = k \int_0^t dt$$

$$-\ln \frac{[A]}{[A_0]} = k.t$$

$$\ln [A] = -k.t + \ln [A_0]$$

Pada persamaan linear $y = mx + c$ dimana m yaitu slope (kemiringan) dari garis dan c yaitu intersep diperoleh dari input nilai $\ln [A]$ pada sumbu y terhadap waktu pada sumbu x . Hal ini diperoleh grafik dengan persamaan linear dan nilai R^2 mendekati 1 yang dijadikan acuan terhadap penentuan orde reaksi.

$$\ln[Ct] = -kt + \ln[Co]$$

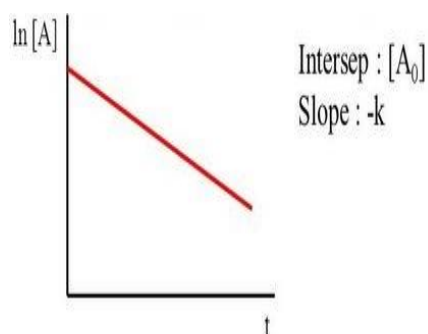
$$y = mx + c$$

dapat juga ditentukan dengan persamaan:

$$\text{orde 1} = \ln\left(\frac{Ct}{Co}\right)$$

diplot $\ln \frac{Ct}{Co}$ terhadap waktu, diperoleh garis lurus dengan k sebagai slope (Prayitno, 2007)

Grafik reaksi orde satu ditunjukkan pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Grafik reaksi orde satu

Reaksi orde dua

Reaksi dikatakan memiliki orde dua jika laju reaksi sebanding dengan kuadrat konsentrasi salah satu pereaksi atau dengan hasil kali konsentrasi dua pereaksi yang masing-masing dipangkatkan satu.



$$\text{Laju reaksi} = - \frac{d[A]}{dt} = k [A]^2$$

$$- \int_{A_0}^A \frac{d[A]}{A^2} = k \int_0^t dt$$

$$\left(\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A_0]} \right) = k \cdot t$$

$$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A_0]} + k \cdot t$$

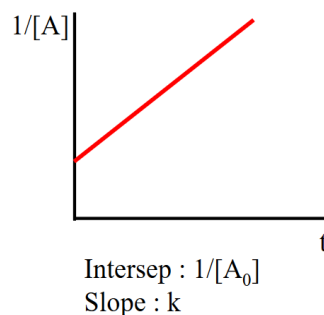
Untuk reaksi orde dua dengan persamaan laju reaksi :

$$v = -kC^2$$

bila persamaan diatas diintegral diperoleh:

$$\frac{1}{Ct} - \frac{1}{Co} = k \cdot t$$

Diplotkan $\frac{1}{Ct} - \frac{1}{Co}$ terhadap waktu, diperoleh garis lurus k sebagai slope (Paryitno, 2007).



Gambar 9. Grafik orde dua

Reaksi orde tiga

Reaksi dikatakan memiliki orde tiga jika konsentrasi awal pereaksi sama.

$$\int_{C_0}^C \frac{d[C]}{[C]^3} = -k \int_0^t dt$$

$$-\frac{1}{2} \left[\frac{1}{[C]^2} - \frac{1}{[C_0]^2} \right] = -k.t$$

$$\frac{1}{[C]^2} = \frac{1}{[C_0]^2} + 2.k.t$$

Untuk reaksi orde 3 dengan persamaan laju reaksi:

$$v = -kC^3$$

bila persamaan diatas diintegalkan diperoleh:

$$(1/Ct)^2 - (1/Co)^2 = k.t$$

Diplot kan $(1/Ct)^2 - (1/Co)^2$ terhadap waktu, diperoleh garis lurus dengan k sebagai slope (Prayitno, 2007)

BAB IV

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan Penelitian

4.1.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kaca arloji, sendok sungu, cawan porselin, gelas beker 500 mL (*pyrex*), gelas beker 50 mL (*pyrex*), labu ukur 500 mL (*pyrex*), corong gelas (*herma*), mortal, pipet ukur 10 mL (*pyrex*), pipet ukur 5 mL (*pyrex*), magnetic stirrer, labu ukur 10 mL (*pyrex*), pengaduk kaca, propipet, neraca analitik, oven, furnace (*Thermolyn*), seperangkat alat refluks, *X-ray Diffraction* (XRD) (Shimadzu X-6000), *Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) (Oxford INCA 400), Spektrofotometer *UV-Vis Double Beam* (Hitachi UH5300).

4.1.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu daun bambu, aquadest, Natrium Hidroksida (NaOH) 2 M, Asam Klorida (HCl) pekat, *cetyl trimethyl ammonium bromide* (CTAB), $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Rdodamin B, ammonium hiroksida 1 M, hidrogen peroksida (H_2O_2) dan kertas saring Whatman.

4.2 Prosedur Penelitian

4.2.1 Preparasi SiO_2 dari daun bamboo

Preparasi silika gel SiO_2 dapat dilakukan dengan menggunakan limbah daun bambu. Limbah daun bambu dikeringkan dengan sinar matahari, kemudian dikalsinasi hingga menjadi abu hitam. Setelah itu, disaring untuk mendapatkan abu hitam yang lebih halus. Kemudian, abu di furnace dengan temperatur 600°C selama 2 jam. Lalu di refluks dengan 100 mL NaOH 4 M selama 4 jam. Disaring hingga mendapatkan filtrat. Filtrat yang didapatkan ditetesi dengan HCl pekat hingga pH 7 yang diamati menggunakan indikator universal dan akan terbentuk endapan putih silika gel. Di ambil 0,1 gram CTAB dilarutkan dalam 100 mL aquadest ditambahkan kedalam larutan silika kemudian di strirer selama 24 jam. Silika Gel yang sudah distirer kemudian di hidrotermal dengan autoklaf selama 24 jam dan di *sprayingh dryer* untuk menghasilkan bubuk silika oksida.

4.2.2 Sintesis Katalis FeSi-5 dan FeSi-10

Sintesis katalis FeSi-5 dan FeSi-10 dilakukan dengan massa dari komponen diantaranya adalah :

Tabel 2. Variasi konsentrasi Fe

Variasi	Silika	FeCl ₂	FeCl ₃
FeSi-5	4,2 gram	0,2485 gram	0,6755 gram
FeSi-10	4,2 gram	0,497 gram	1,315 gram

Kemudian larutan tersebut dicampurkan dan ditambahkan 10 mL aquadest; 20 mL NH₄OH 1M. Setelah larutan tercampur di refluks selama 2 jam kemudian dikeringkan di oven. Padatan yang dihasilkan kemudian di kalsinasi 400 °C selama 2 jam.

4.2.3 Karakterisasi fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10

Karakterisasi yang dilakukan pada material fotokatalis besi oksida meliputi karakterisasi menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk menentukan kristalinitas suatu padatan, *Scanning Electron Microscopy* (SEM-EDX) untuk melihat topografi serta morfologi dan Okomposisi penyusun material katalis, spektrofotometer UV-Vis untuk menentukan panjang gelombang serta absorbansi, dan menghitung kinetika reaksi pada sampel tersebut.

4.2.4 Fotodegradasi Rhodamin B dengan katalis FeSi-5 dan FeSi-10

Sebanyak 500 mL larutan sampel Rhodamin B dimasukkan kedalam tabung reaktor fotokatalis kemudian ditambah 0,2 gram katalis FeSi-5 dan larutan H₂O₂ 0,5 mL. Selanjutnya dinyalakan reaktor fotokatalis dengan waktu 60 menit. Dilakukan sampling larutan sebanyak 10 mL pada waktu 0, 15, 30, 45, dan 60 menit untuk diukur absorbansi pada panjang gelombang maksimum dari Rhodamin B dengan blanko aquadest. Hal diatas berlaku sama untuk variasi FeSi-10

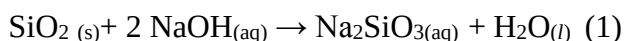
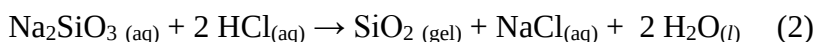
BAB V

Hasil dan Pembahasan

5.1 Preparasi Sampel Fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10

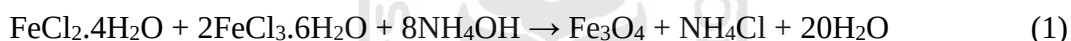
Preparasi awal dalam pembuatan FeSi-5 dan FeSi-10 adalah melakukan preparasi SiO₂ dari daun bambu menggunakan metode kalsinasi. Daun bambu dikumpulkan, dan dikeringkan terlebih dahulu dibawah sinar matahari agar daun bambu dalam kondisi bebas air atau tidak basah. Daun bambu yang sudah kering dibakar hingga didapatkan abu berwarna hitam. Abu hitam yang didapatkan dikalsinasi menggunakan furnace dengan temperatur 600 °C selama 2 jam untuk menghasilkan abu berwarna putih. Kalsinasi ini bertujuan untuk membentuk abu daun bambu yang mengandung silika.

Abu daun bambu yang dihasilkan ditambahkan pelarut NaOH kemudian direfluks. Pelarut NaOH digunakan dalam metode refluks ini untuk mengekstraksi silika dari abu daun bambu dengan cara panas. Filtrat dalam kondisi basa yang dihasilkan dititrasi menggunakan HCl pekat hingga pH 7 untuk mendapatkan senyawa silika berbentuk silika gel. Silika gel yang dihasilkan ditambahkan larutan *cetyl trimethyl ammonium bromide* (CTAB) 0.1 gram dalam 100 mL. CTAB digunakan sebagai surfaktan, penggunaan surfaktan diharapkan dapat meningkatkan pori-pori partikel sekaligus membentuk struktur pori menjadi lebih seragam. Tahap selanjutnya silika gel dihidrotermal menggunakan autoklaf selama 24 jam di dalam oven. Padatan yang dihasilkan kemudian di *sprayin dry* agar terbentuk bubuk silika. Reaksi pembentukan silika gel sebagai berikut :



Preparasi selanjutnya komposit Fe₂O₃/SiO₂ dengan prekursor FeCl₂.4H₂O dengan FeCl₃.6H₂O yang dibuat menjadi 2 variasi konsentrasi dengan perbandingan 1 : 2 molar dapat dilihat pada **Tabel 2**.

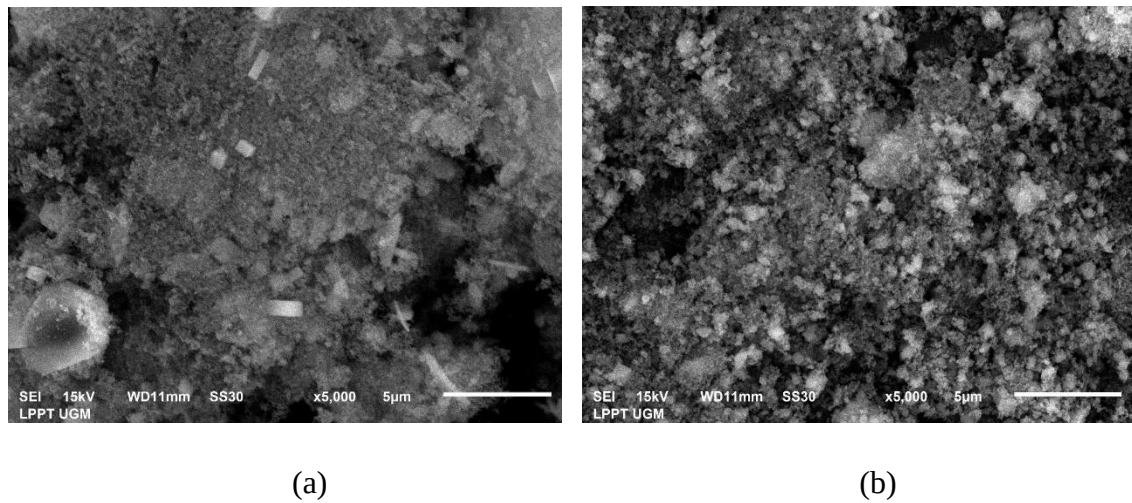
Pada pembuatan prekursor Fe_2O_3 disintesis melalui metode kopresipitasi. Larutan yang digunakan $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber Fe^{2+} dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber Fe^{3+} yang dicampurkan dengan perbandingan 1:2. Kemudian campuran ditambahkan 10 mL aquadest dan 20 mL NH_4OH yang digunakan sebagai bahan pengendap. Selanjutnya ditambahkan SiO_2 kedalam larutan. SiO_2 berfungsi sebagai pelapis untuk melindungi partikel agar tidak mudah teragregasi yang bersifat sukar larut dalam asam, inert, dan amorf. Setelah larutan tercampur direfluks selama 2 jam. Proses refluks berfungsi agar reaksi kimia dari setiap material dapat berlangsung baik. Padatan yang dihasilkan kemudian dikalsinasi pada suhu 400 C selama 2 jam. Proses kalsinasi bertujuan agar menghilangkan senyawa pengotor. Untuk melihat pengaruh kandungan Fe divariasikan menjadi 5% dan 10%. Berdasarkan variasi ini bahan diberikan kode masing-masing FeSi-5 dan FeSi-10. Reaksi pembentukan Fe_2O_3 sebagai berikut :



Katalis FeSi-5 dan FeSi-10 dikarakterisasi XRD, SEM-EDX kemudian dilakukan uji aktivitas fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10 untuk fotodegradasi rhodamin B. Hasil uji dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

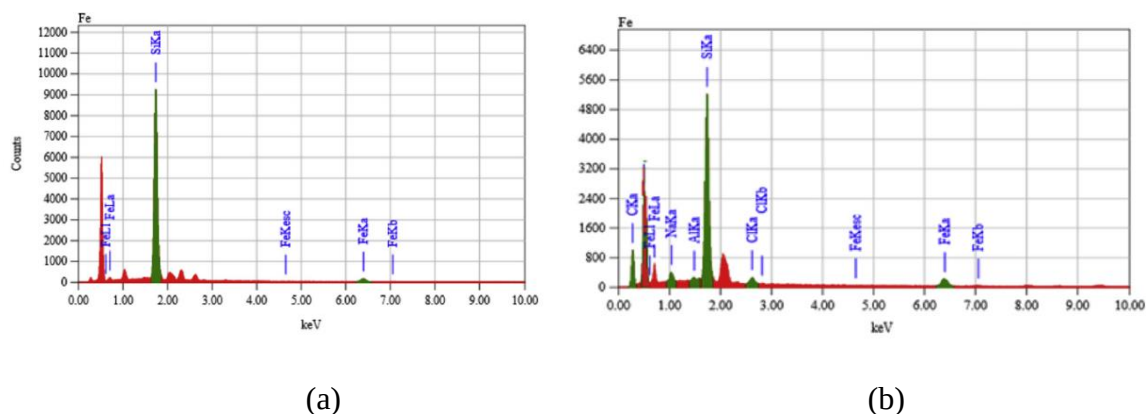
5.2 Karakterisasi FeSi-5 dan FeSi-10 dengan Menggunakan SEM- EDX (*Scanning Electron Microscopy – Energy Dispersive X-Ray*)

Karakterisasi FeSi-5 dan FeSi-10 menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) berfungsi untuk mengetahui bentuk struktur morfologi dari material FeSi-5 dan FeSi-10 yang telah dibuat, sedangkan untuk *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) berfungsi untuk mengetahui komposisi unsur penyusun FeSi-5 dan FeSi-10. Hasil karakterisasi oksidasi besi silika dengan SEM dan EDX dapat dilihat pada **Gambar 10**.



Gambar 10. Hasil analisis SEM fotokatalis (a) FeSi-5 dan (b) FeSi-10

Hasil karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) pada Gambar 8 menunjukkan kedua variasi oksidasi besi (Fe_2O_3) terikat dengan baik pada permukaan SiO_2 . Dapat dilihat bahwa material FeSi-5 dan FeSi-10 memiliki bentuk kristal yang tidak teratur dan memiliki ukuran yang bervariasi. Pengukuran SEM dilakukan pada perbesaran 5.000 kali. Berdasarkan Bauxbaum dan Pfaff (2005) ukuran dan bentuk partikel merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kapasitas pigmen dalam memantulkan dan menyebarkan cahaya, yang juga dapat berdampak pada ketahanan pigmen terhadap cahaya dan cuaca. Menurut Layek *et al.*, (2010) hal tersebut disebabkan adanya interaksi antara partikel Fe_2O_3 dengan lensa magnetic yang digunakan untuk memfokuskan gambar. Dari hasil analisis permukaan material FeSi-5 dan FeSi-10 menunjukkan perbandingan jumlah Fe pada FeSi-10 lebih banyak dibandingkan FeSi-5. Hal ini dilihat dari adanya warna terang putih menunjukkan terbentuknya oksidasi besi (Fe_2O_3) sedangkan warna gelap menunjukkan terbentuknya silika (SiO_2). Untuk mengetahui unsur yang terkandung pada FeSi-5 dan FeSi-10 dilakukan analisis menggunakan EDX yang disajikan pada **Gambar 11**.



Gambar 11. Hasil analisis EDX fotokatalis (a) FeSi-5 dan (b) Fesi-10

Berdasarkan data hasil analisis EDX dapat diketahui unsur atau elemen penyusun dari FeSi-5 dan FeSi-10 adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Komposisi unsur penyusun FeSi-5 dan FeSi-10

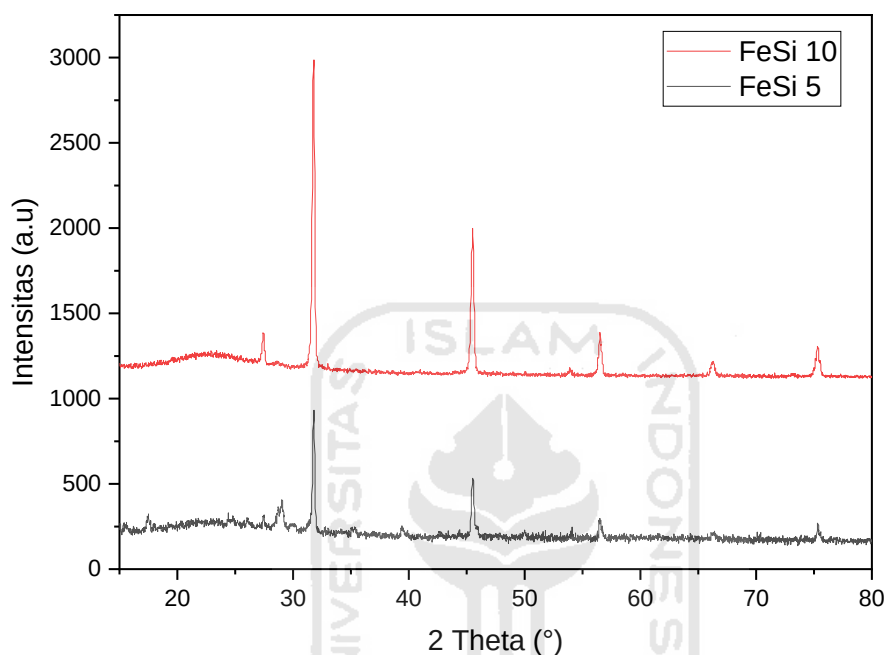
Unsur	Massa	
	FeSi - 5	FeSi - 10
O	54,31	56,12
Na	0,01	0,03
Al	0,12	nd
Si	38,73	29,89
Cl	0,01	nd
Fe	6,53	13,34

Hasil EDX menunjukkan bahwa komposisi utama dari fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10 adalah silika (SiO_2). Adanya unsur besi dari komposisi tersebut menunjukkan bahwa oksidasi besi (Fe_2O_3) terikat dengan baik pada permukaan silika (SiO_2).

5.3 Karakterisasi FeSi-5 dan FeSi-10 dengan *X-Ray Diffraction* (XRD)

Karakterisasi oksidasi besi silika ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$) dengan XRD bertujuan untuk menentukan dan mengkonfirmasi ada atau tidaknya pembentukan kristal Fe_2O_3 . Hasil karakterisasi dengan XRD berupa difraktogram yang merupakan data

gambar yang memberikan informasi puncak-puncak sudut difraksi 2θ . Hasil Karakterisasi FeSi-5 dan FeSi-10 dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) dapat dilihat pada **Gambar 12**.



Gambar 12. Hasil analisis XRD fotokatalis Fesi-5 dan FeSi-10

Hasil difraktogram yang diperoleh dari material FeSi-5 dan FeSi-10 pada Gambar dapat dilihat puncak-puncak difraktogram dari material FeSi-5 yang muncul pada sudut pantul $2\theta(^{\circ}) = 29,1; 31,8; 45,5; 56,5; 66,4; 75,4$ dan pada material FeSi-10 yang muncul pada sudut pantul $2\theta(^{\circ}) = 27,4; 31,8; 45,5; 56,5; 66,3; 75,3$. Berdasarkan hasil difraktogram tersebut sudah sesuai dengan *Joint Committee on Power Diffraction Standards* (JCPDS) no 04-0755 dari senyawa γ - Fe_2O_3 dengan sudut pantul $2\theta(^{\circ}) = 26,11; 32,172; 33,928; 43,472; 53,886; 57,116; 65,185; \text{ dan } 75,373$. Kandungan senyawa oksida besi (Fe_2O_3) pada fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10 dilihat dari tingginya intensitas relatif dan kesesuaian sudut-sudut pantul 2θ yang dihasilkan. Sedangkan untuk spektrum rumpuk yang terbentuk pada difraktogram menunjukkan senyawa SiO_2 yang bersifat amorf.

Tabel 4. Hasil analisis XRD komposit FeSi-5 dan FeSi-10

Kartu JCPDS 04 -0755 (α -Fe ₂ O ₃)			Hasil Analalisis Sudut 2 θ (°)	
Sudut 2 θ (°)	Indeks Miller (hkl)	d-spacing (Å)	FeSi - 5	FeSi - 10
26,11	210	3,410123	29,1	27,4
32,172	300	2,780065	31,8	31,8
33,928	310	2,640086	45,5	45,5
43,472	400	2,080034	56,5	56,5
53,886	422	1,700052	66,4	66,3
57,116	511	1,611344	75,4	75,3
65,185	530	1,430029	-	-
75,373	622	1,260018	-	-

Menurut Aliahmad dan Moghdhaddam (2013) berdasarkan difraktogram XRD dapat diperoleh ukuran kristal dengan menggunakan persamaan Debye-Schererr :

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Keterangan:

D= ukuran kristal (nm)

β = nilai dari FWHM (radian)

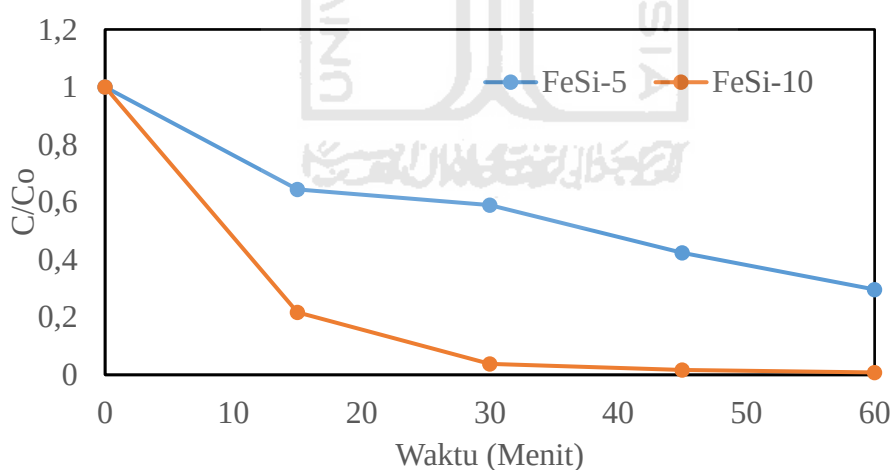
λ = panjang gelombang difraksi sinar X

θ = difraksi (derajat)

Pada hasil XRD dapat diketahui ukuran partikel FeSi-5 menggunakan persamaan Debyer-Scherrer dengan rata-rata 28,37 nm dan FeSi-10 dengan rata-rata 28,23 nm yang menandakan bahwa partikel yang disintesis adalah nanopartikel.

5.4 Uji Aktivitas Fotokatalis Komposit FeSi-5 dan FeSi-10 pada Fotodegradasi Zat Warna Rhodamin B

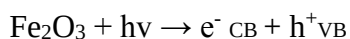
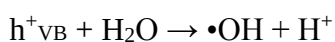
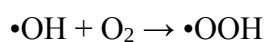
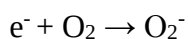
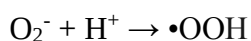
Pada pengujian fotodegradasi ini digunakan 0,2 gram dari FeSi-5 dan FeSi-10 yang diuji dengan 20 ppm larutan rhodamin B, uji ini diikuti dengan penambahan 0,5 Hidrogen Peroksida (H_2O_2). Fotodegradasi di uji dengan variasi waktu 0, 15, 30, 45, dan 60 menit. Fotodegradasi diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum rhodamin B yaitu 554 nm. Hasil analisis fotodegradasi rhodamin B pada FeSi-5 dan FeSi-10 terhadap waktu disajikan pada **Gambar 13**.



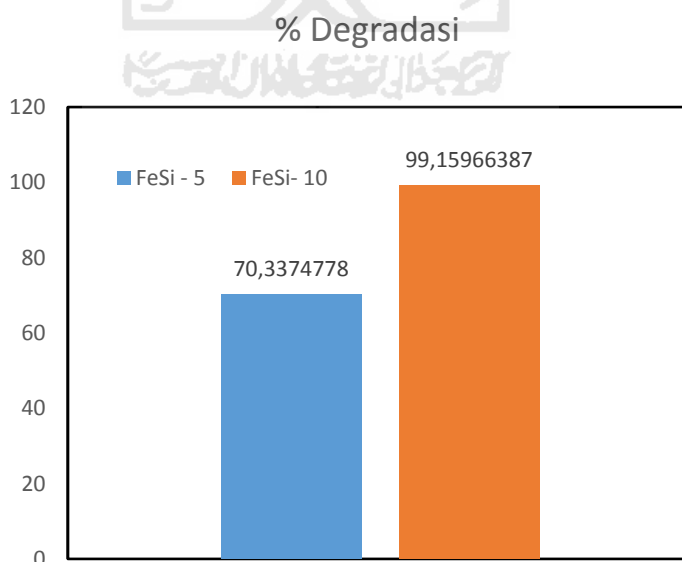
Gambar 13. Hasil analisis perubahan konsentrasi rhodamin B terhadap waktu

Berdasarkan hasil pada Gambar 11 menunjukkan perubahan konsentrasi rhodamin B terhadap waktu. Terjadinya penurunan konsentrasi pada rhodamin B ini menunjukkan bahwa material FeSi-5 dan FeSi-10 dapat mendegradasi zat warna Rhodamin B. Pada proses fotodegradasi Fe_2O_3 berperan sebagai semikonduktor

yang mengalami eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi, sehingga di pita valensi akan terjadi hole atau lubang elektron yang nantinya akan berinteraksi dengan molekul air membentuk $\bullet\text{OH}$ sehingga dapat mendegradasi zat warna rhodamin B (Hoffman *et al.*, 1995). Reaksi yang terjadi pada proses tersebut:



Pada pengujian fotodegradasi juga diperoleh presentase keberhasilan dari fotodegradasi rhodamin B yang disajikan pada **Gambar 14**.



Gambar 14. Grafik persentase fotodegradasi rhodamin B dengan Fesi-5 dan FeSi-

Pada penelitian ini persentase degradasi menunjukkan banyaknya rhodamin B yang terdegradasi atau terjadinya penurunan konsentrasi pada rhodamin B. Persentase degradasi menggunakan FeSi-10 menunjukkan hasil penurunan konsentrasi tertinggi sebesar 99,1597 % dan pada FeSi-5 sebesar 70,3375 %. Hal ini menunjukkan bahwa proses fotodegradasi dipengaruhi oleh konsentrasi besi oksida (Fe_2O_3).

Kinetika reaksi fotodegradasi rhodamin B dengan FeSi-5 dan FeSi-10 ditentukan dengan melihat orde reaksinya. Orde reaksi menunjukkan aktivitas dari molekul pada saat mengalami tumbukan antar molekul. Penentuan orde reaksi dilihat dari nilai R^2 yang mendekati nilai satu disajikan pada **Tabel 6**.

Tabel 5. Data orde reaksi hasil fotodegradasi rhodamin B

Konsentrasi	FeSi-5			FeSi-10		
	R_2	Slope	Intersep	R_2	Slope	Intersep
Orde 1	0,9709	-0,019	-0,0387	0,9638	-0,0808	-0,3107
Orde 2	0,932	0,037	0,8861	0,8855	1,9393	-16,066
Orde 3	0,8454	0,1591	-0,1331	0,06959	212,26	-2683,2

Berdasarkan **Tabel 6** diatas dapat diketahui bahwa pada FeSi-5 memiliki kinetika orde 1 yang memberikan nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati nilai satu yaitu sebesar 0,9709 dan pada FeSi-10 juga memiliki kinetika orde 1 yang memberikan nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati nilai satu yaitu sebesar 0,9638. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi berbanding lurus dengan laju reaksi. Konstanta laju reaksi juga dihitung pada fotodegradasi rhodamin B pada FeSi-5 dan FeSi-10 dengan nilai berturut-turut 0,019 dan 0,0808.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Fotokatalis oksidasi besi-silika ($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$) berhasil dibuat dari daun bambu menggunakan metode kopresipitasi dengan larutan $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber Fe^{2+} dan $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebagai sumber Fe^{3+} dengan perbandingan 1 :2, kemudian diimobilisasi dengan SiO_2 . Karakterisasi fotokatalis $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ menunjukkan bahwa Fe_2O_3 terikat baik pada permukaan SiO_2 dengan adanya senyawa Fe, Si, dan O pada hasil analisis.
2. Fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10 dapat mendegradasi zat warna rhodamin B. Kemampuan fotokatalis FeSi-5 dalam mendegradasi zat warna rhodamin B sebesar 70,3375 % dan FeSi-10 dalam mendegradasi zat warna rhodamin B sebesar 99,1597 %.
3. Aktivitas FeSi-5 dan FeSi-10 dalam mendegradasi rhodamin B dipengaruhi oleh konsentrasi Fe.

6.2 Saran

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat dilakukan pengujian terhadap variasi berat katalis, sehingga dapat diketahui berat optimum katalis dalam mendegradasi rhodamin B.

DAFTAR PUSTAKA

- Amu, O. O and Adetuberu, A. A., 2010, Characteristics of Bamboo Leaf Ash Stabilization on Lateritic Soil in Highway Construction, *International Jurnal of Engineering and Technology*. Vol. 2 (4). 2010. Pp. 212-219.
- Alinsafi, A, F., Aveou, E, M., Abdulkarim, M, N., Pons, O., Zahra, A, B., Nejmeddine, A. 2006. Treatment of Textile Industry Wastewater by Supported Photocatalysis. *Dyes and Pigments*. 72(2), 493-445
- Arief, S., *et al.*, 2007, Degradasi Senyawa Rhodamine B secara Sonolisis dengan Penambahan TiO₂ Hasil Sintesa Melalui Proses Sol-Gel, *Jurnal Kimia*, Universitas Andalas Vol.1 No. 1 Padang.
- 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., Mullholland, D, A., 1995. Microbial Decolorization of Reactiv Red Dye Under Anaerobic Condition. *Water SA*. 211, 61 – 69
- Chen, Zheng., Yongqing, Ma., Bingqian, Geng., Min, Wang., dan Sun, X. 2017. Photocatalytic Performance and Magnetic Separation of TiO₂-Functionalized γ -Fe₂O₃, Fe, and Fe/Fe₂O₃ Magnetic Particles. *ELSEVIER Journal of Alloys and Compounds*. JALCOM 40412.
- Chirita, M. 2009. Fe₂O₃ Nanoparticles Physical Properties and Their Photochemical and Photoelectrochemical. Poitechnica University of Timisora, *Applications Chemistry Bulletin*, Volume 54 (68).
- Cui, Bin., Hongxia, Peng., Haiqing, Xia., Xiaohui, Guo., dan Huilin, Guo. 2012. Magnetically Recoverable Core-shell Nanocomposites γ -Fe₂O₃@SiO₂@TiO₂-Ag with Enhanced Photocatalytic Activity and Antibacterial Activity. *SciVerse Science Direct: Separation and Purification Technology*. No. 103, 251–257.
- Cristiana M., Mu'nisatun, Saptaji, R., Marjanto D. 2005. *Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Bekas Elektron 350 keV/10m*. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir.
- Cullity, B. D. and Stock, S.R., 2001, *Elements of X-Rays Diffraction*, 3rd Edition, Adison-Wesley Publishing Company Inc, USA.
- 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.

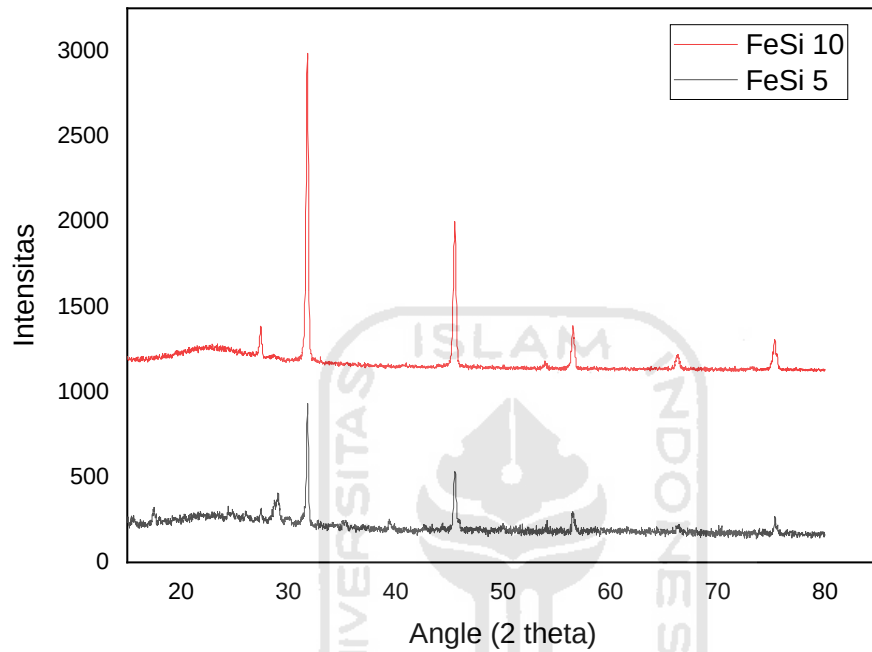
- Dewi, M, A., Suprihatin, I, E., Sibarani, J., 2017. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue dengan Bentonit Terimpregnasi Fe_2O_3 . *Jurnal Kimia*, 11(1),82-87
- Dwivedi, V.N., Singh, N.P., Dass, S.S., dan Singh NB., 2006, A New Pozzolan material For Cement Industry: Bamboo Leaf Ash”, *Journal Physic Sci.*, Vol. 1(3), Hal. 106-111.
- Fatimah, I dan Wijaya K., 2005, Sintesis TiO_2 /Zeolit dengan Fotokatalis pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tapioka secara Adsorpsi-Fotodegradasi. *Jurnal TEKNOIN*, Vol. 10, No. 4, 257-267.
- Fatimah, I., Shukla, P.R., and Kooli, F., 2009, Combined Photocatalytic and Fenton Oxidation Of Methyl Orange Dye Using Iron Exchanged Titanium Pillared Montmorillonite, *J. Applied Sci*, Vol. 9, No. 20, 3715-3722
- Greedon, J.E., 1994, *Magnetic oxides*, in Encyclopedia of Inorganic chemistry Ed.R. Bruce King, John Wiley & Sons ISBN 0-471-93620-0
- Gunlazuadi, J., 2001, Fotokatalisis Pada Permukaan TiO_2 : Aspek Fundamental dan Aplikasinya, *Seminar Nasional Kimia II*, Jakarta, 11-12 Juni.
- Hafner, B., 2007, *Characterization Facility*, University of Minnesota, Twin Cities. Pp 1-29.
- Hazarika, M., Saikia, I., Das, J., Tamuly, C., Das, M.R., 2016. Biosynthesis of $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ nanoparticles and its photocatalytic activity. *Mater. Lett.* 164, 480–483.;
- He, Minqiang., Di, Li., Deli, Jiang., dan Chen, Min. 2012. Magnetically Separable $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{Ce}$ -doped TiO_2 Core-shell Nanocomposites : Fabrication and Visible-light-driven Photocatalytic Activity. *Journal of Solid State Chemistry*, 192 (2012) : 139–143.
- Indragini. 2011. Degradasi 4,4-Dikloro Bifenil dengan Kombinasi Proses Fotokatalis dan Radiasi Gamma Menggunakan Nanokomposit Karbon Aktif Zeolit Alam TiO_2 . *Tesis, Universitas Indonesia*
- 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 $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ Composite As Photocatalyst on 4-Chlorophenol Photodegradation). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol. 16 No.1 : 54-64

- Kamalia, L. 2013. Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Zeolit dari Abu Dasar Batubara. *Skripsi. UIN Sunan Kalijaga*.
- Kusnanto, M. W., 2002, *Analisis Spektroskopi UV-Vis “Penentuan Konsentrasi Permanganat (KMnO₄)*, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Lassoued, A., Lassoued, M.S., Dkhil, B., Ammar, S., Gadri, A., 2018. Photocatalytic degradation of methylene blue dye by iron oxide (α -Fe₂O₃) nanoparticles under visible irradiation. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 29, 8142–8152.
- Lalasari, Latifa Hanum., Yuwono, Akhmad Herman., Firdiyono, dan Andriyah, Lia. 2012. Studi Perbandingan Efek Fotokatalisis Fe₂O₃-TiO₂ Hasil Ekstraksi Ilmenit Bangka dan P-25 Degussa untuk Pengolahan Limbah Cair TPA Cilowong. *Majalah Metalurgi*, Edisi V, ISSN-0216-3188 Hal 251-262.
- Liu, Shaomin., Jinglin, Zhu., Xuetao, Guo., Jianhua, Ge., dan Wu, Huijun. 2015. Preparation of α -Fe₂O₃-TiO₂/Fly Ash Cenospheres Photocatalyst and Its Mechanism of Photocatalytic Degradation. *Journal Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 484 : 434–440.
- Litter, Marta I., 1999, Review Heterogeneous Photocatalysis Transition Metals Ion in Photocatalytic System, *Journal Applied Catalysis B : Enviromental*, 23, 89-114.
- Maryadi. (2007). *Analisis pertumbuhan Investasi Sektor Industri Tekstik dan Produk Tekstil (TPT) Terhadap Perekonomian Indonesia*. Bogor: Jurusan Ilmu Ekonomi IPB
- Mathur, N., Bhatnagar, P. & Bakre, P. 2005. Assessing Mutagenicity of Textile Dyes From Pali (Rajasthan) Using Ames Bioassay. *Applied Ecology and Environmental research*, Volume 4 : 111-118.
- Malato, S., J. Blanco, A. Campos, J. Caceres, C. Guillard, J. M. Herrmann, and A. R. Fernandez-Alba, 2003, *Applied Catalysis B: Environmental*, 42. 349 – 357.
- Mishra, M., Chun, D. M., 2015. α -Fe₂O₃ as a photocataytic material: a review. *Appl. Catal. Gen.* 498, 126- 141.
- Mills, A and Hunte, L.S., 1997, *An Overview of Semiconductor Photocatalysis*, *J. Photochem. and Photobio A*, 108 : 1-35.

- Permatasari, Novie., Transimissia, Noviska, Sucahya., Asep, Bayu, Dani, Nandiyanto., 2016. Review : Fotokatalis Untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses*. Vol 6, No 1.1 – 15.
- Riskiani, E., Iryanti, E, S., James, S., 2019. Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃ Untuk Degradasi Zat Warna *Remazol Brilliant Blue*. *Indonesia E-Journal App. Chem*. Volume 7 No 1.
- Romiyanti. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Nanokatalis Ni_(1x)VxFe₂O₄ Sebagai Fotokatalis pada Fotodegradasi. *Tesis, Universitas Lampung*.
- Ruzicka, O. dan L. Safira. 2014. *Aplikasi Fotokatalis Tio₂ Pada Degradasi Limbah Cair Zat Warna Tekstil*. Lomba Karya Ilmiah Sumber Daya Air
- Sahoo, N.G., Rana, S., Cho, J.W., et al., 2010, Polymer Nanocomposites Based on Functionalized Carbon Nanotubes, *Progress in Polymer Science*, 35, 837- 867.
- Saghi, M., Shokri, A., Arastehnodeh, A., Khazaeinejad, M., Nozari, A., 2018. The photo degradation of methyl red in aqueous solutions by α -Fe₂O₃/SiO₂ nano photo- catalyst. *J. Nano. Anal.* 5, 163–170.
- Singh, J. dan Singh, R., 2009, Optimization and Formulation of Orodispersible Tablets of Meloxicam, *Tropical Journal of Pharmaceutical Reseach*, Vol.8, No.2, Hal. 153-159.
- Sumarni.2012. *Adsorpsi Zat Warna dan Zat Padat Tersuspensi dalam Limbah Cair Batik*. *Prosiding : Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*. Yogyakarta
- Suhardiman, M., 2011, Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan dan Tarik Beton. *Jurnal Teknik*. Vol 1. No 2.
- Utubira, Y. K. Wijaya, Triyono and E. Sugiharto. 2006. Preparation and Characterization Of TiO₂-Zeolite and Its Application To Degrade Textille Wastewater By Photochatalytic. *Method. Indo J. Chem.* 6(3) : 231.
- Wang, C, liu, H., Sun, Z. 2012. Heterogeneous photo-Fenton reaction catalyzed by nanosized iron oxide for water treatment. *Int. J. Photoenergy*.
- Yu, Xiaoxiao., Shengwei, Liu., dan Yu, Jiaguo. 2011. Superparamagnetic γ -Fe₂O₃@SiO₂@TiO₂ Composite Microspheres with Superior Photocatalytic Properties. *Journal Applied Catalysis B: Environmental*. 104 : 12–20.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Analisis XRD



Lampiran 2. Perhitungan Ukuran kristal berdasarkan sudut 2θ

FeSi-5

Sudut 2θ (°)	Sudut θ (°)	FWHM
29,10	14,55	0,60
31,80	15,90	0,21
45,50	22,75	0,28
56,50	28,25	0,31
66,40	66,40	0,34
75,40	75,40	0,32

Rumus:

$$D = \frac{k \times \lambda}{\beta \times \cos \theta}$$

$$\beta = \frac{\pi}{180} \times FWHM$$

29,10°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0105 \times 0,9679} = 13,53$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,60 = 0,0105$$

31,80°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0037 \times 0,9617} = 38,90$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,21 = 0,0037$$

45,50°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0049 \times 0,9222} = 30,42$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,28 = 0,0049$$

56,50°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0054 \times 0,8809} = 28,77$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,31 = 0,0054$$

66,40°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0059 \times 0,8368} = 27,61$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,34 = 0,0059$$

75,40°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0056 \times 0,7912} = 31,03$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,32 = 0,0056$$

Ukuran kristal (nm)	Rata-rata
13,53	28,37
38,90	
30,42	
28,77	
27,61	
31,03	

FeSi-10

Sudut 2θ	Sudut θ	FWHM
27,40	13,70	0,25
31,80	15,90	0,25
45,50	22,75	0,29
56,50	28,25	0,32
66,30	33,15	0,39
75,30	37,65	0,43

Rumus:

$$D = \frac{k \times \lambda}{\beta \times \cos \theta}$$

$$\beta = \frac{\pi}{180} \times FWHM$$

27,40°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0044 \times 0,9715} = 32,34$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,25 = 0,0044$$

31,80°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0044 \times 0,9617} = 32,67$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,25 = 0,0044$$

45,50°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0051 \times 0,9222} = 29,37$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,29 = 0,0051$$

56, 50°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0056 \times 0,8809} = 27,87$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,32 = 0,0056$$

66,30°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0068 \times 0,8372} = 24,06$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,39 = 0,0068$$

75,30°

$$D = \frac{0,89 \times 0,15405}{0,0075 \times 0,7918} = 23,07$$

$$\beta = \frac{3,14}{180} \times 0,43 = 0,0075$$

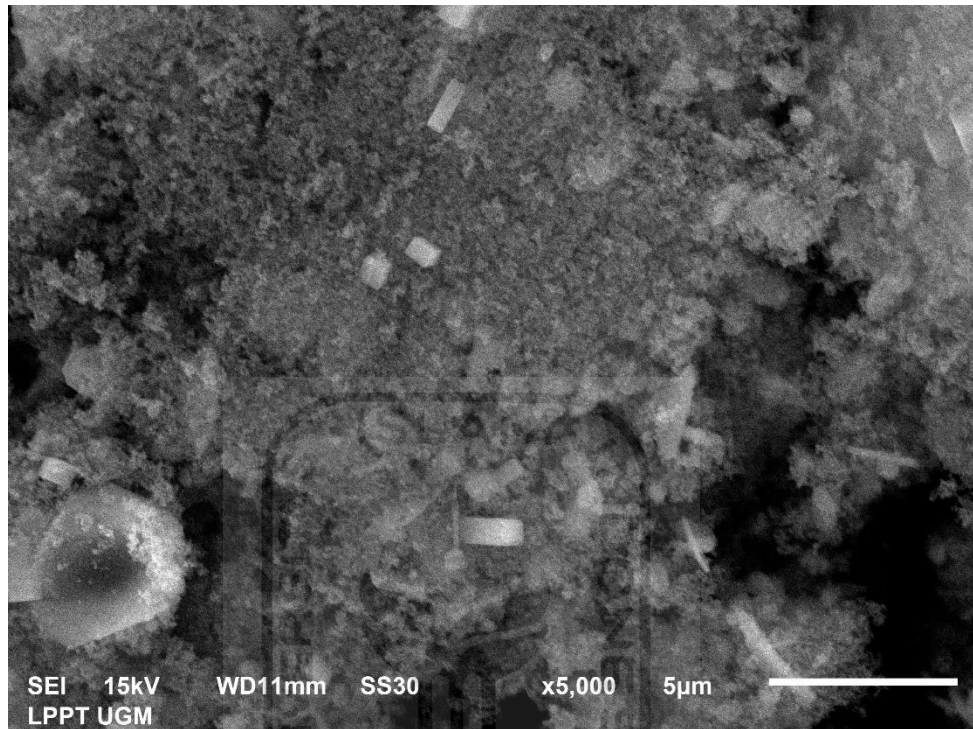
Ukuran kristal (nm)	Rata-rata
32,34	28,23
32,67	
29,37	
27,87	
24,06	
23,07	

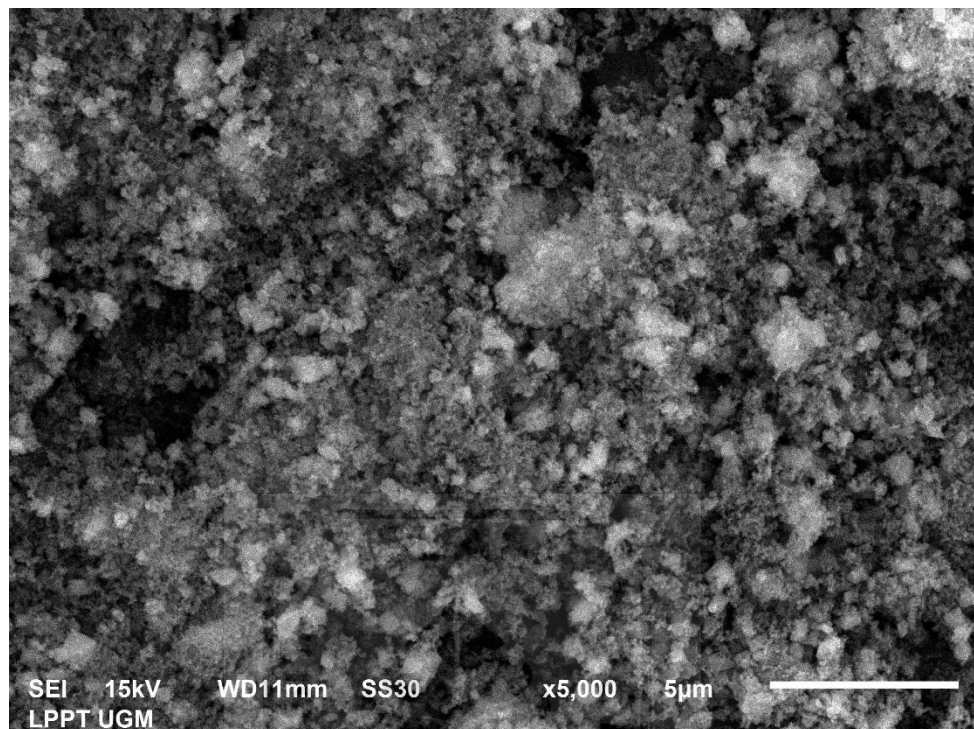
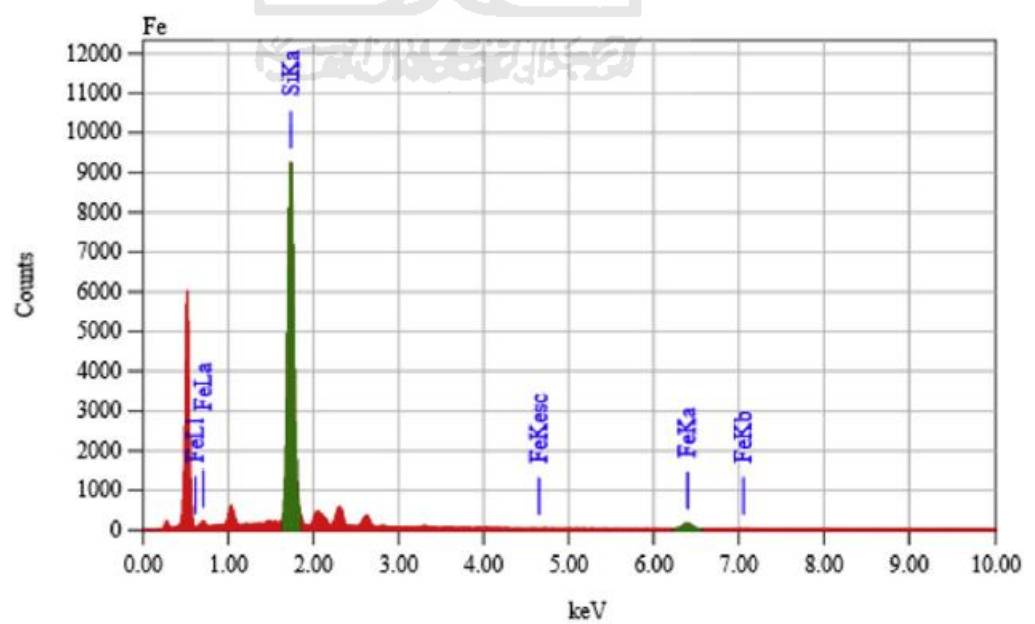


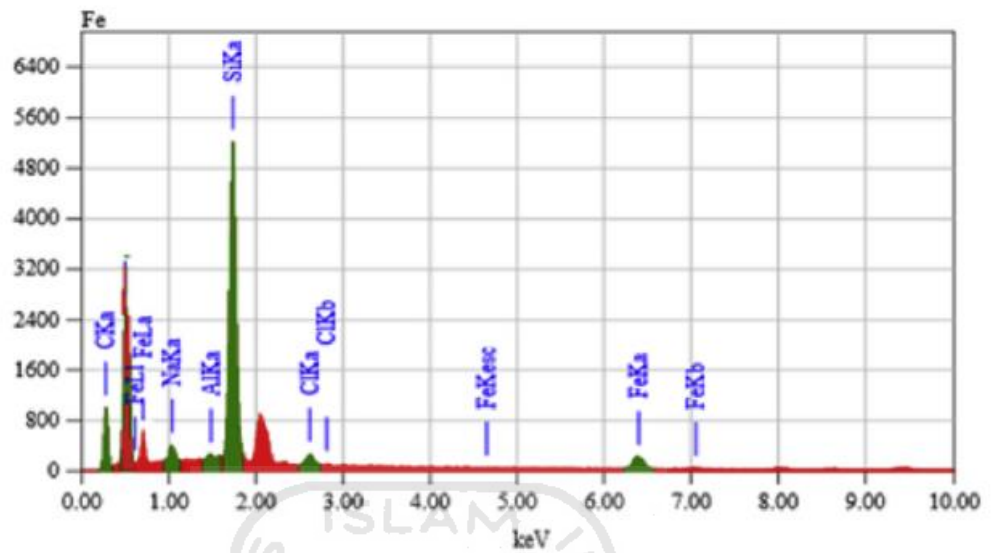
Lampiran 3. Hasil Analisis SEM-EDX

1. Hasil Analisis SEM Fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10

FeSI-5



FeSi-10**2. Hasil Analisis EDX Fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10****FeSi- 5**

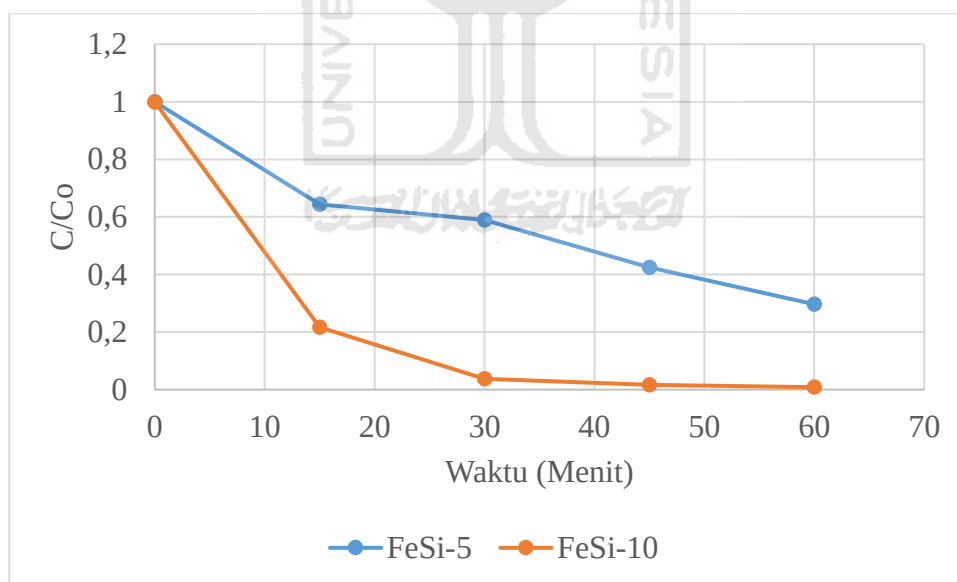
FeSi-10

Lampiran 4. Pengolahan Data Fotodegradasi Rhodamin B

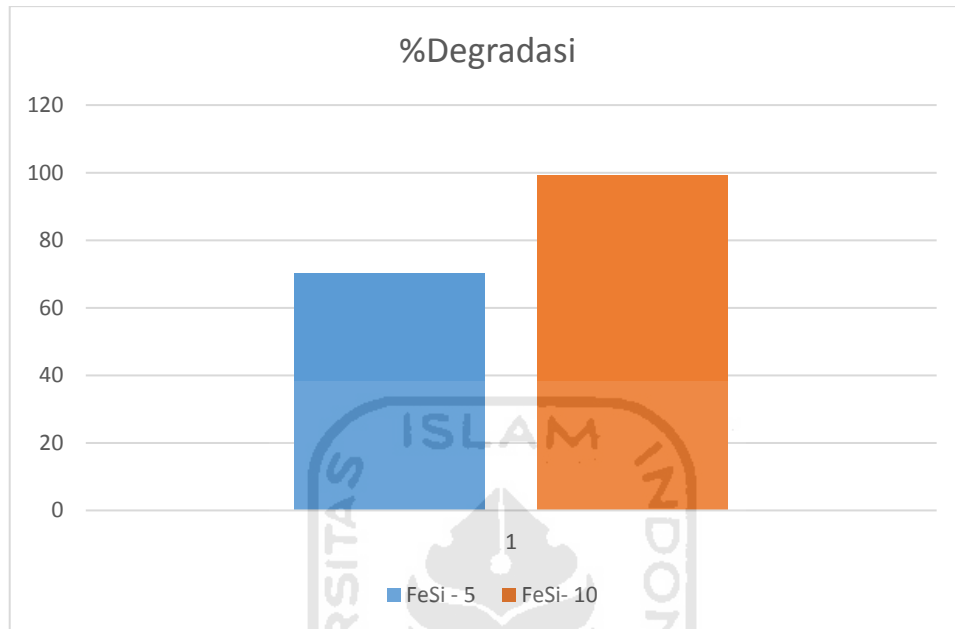
1. Pengolahan data fotodegradasi rhodamin dengan fotokatalis FeSi-5 dan FeSi-10

Waktu (menit)	FeSi-5		FeSi-10	
	Abs	Ct/C0	Abs	Ct/C0
0	1,126	1	1,19	1
15	0,725	0,643872114	0,258	0,216806723
30	0,664	0,589698046	0,045	0,037815126
45	0,478	0,424511545	0,02	0,016806723
60	0,334	0,296625222	0,01	0,008403361

2. Grafik penurunan konsentrasi hasil fotodegradasi rhodamin B



3. Grafik presentase fotodegradasi rhodamin B



4. Perhitungan presentase fotodegradasi rhodamin B

a) % degradasi metil violet 20 ppm dan Fe_3O_4 10%

$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \left(\frac{\text{Absorbansi awal} - \text{Absorbansi akhir}}{\text{Absorbansi awal}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{1,126 - 0,334}{1,126} \right) \times 100\% \\ &= 70,3375 \% \end{aligned}$$

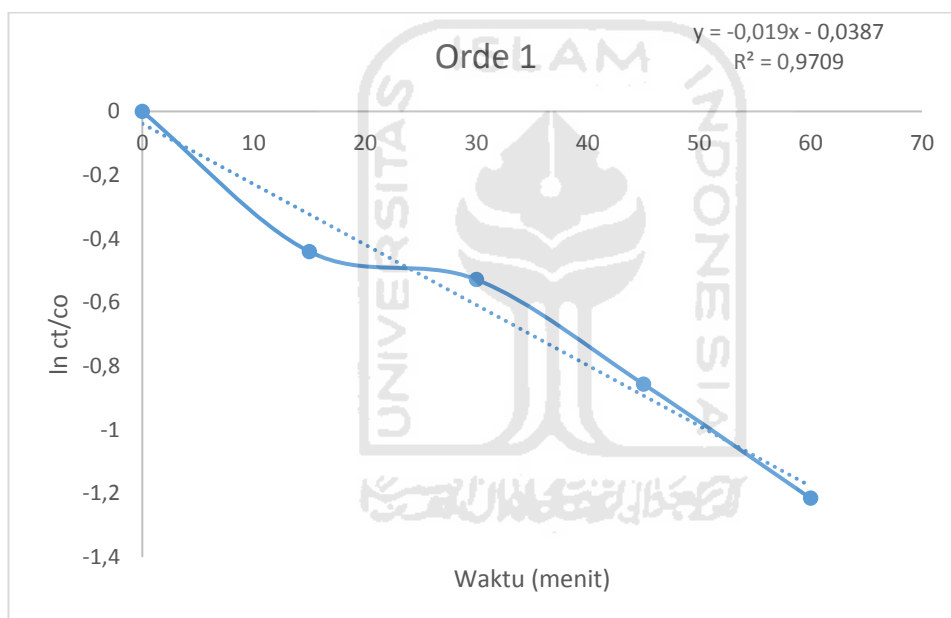
b) % degradasi metil violet 20 ppm dan Fe_3O_4 20%

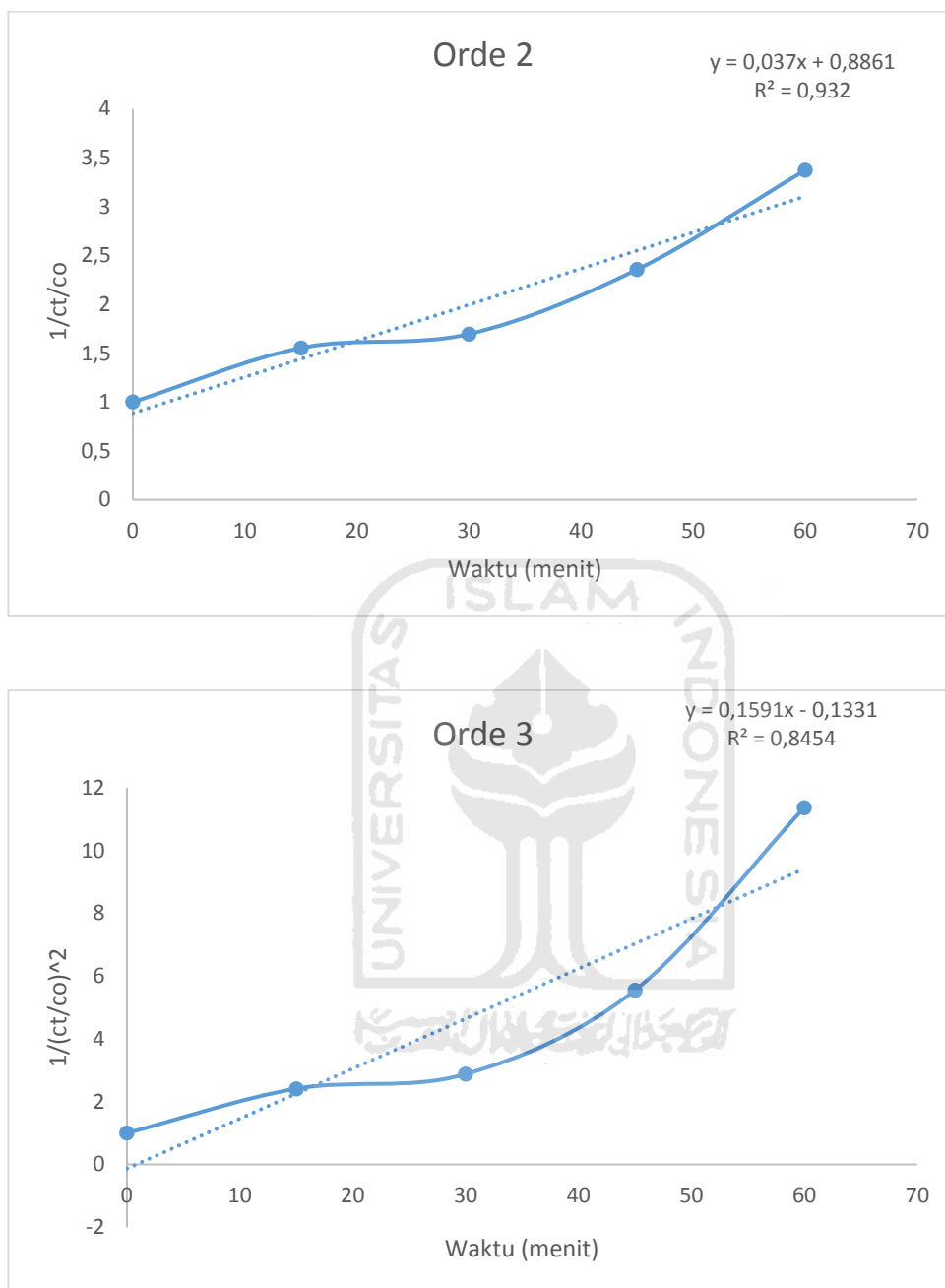
$$\begin{aligned} \% \text{ degradasi} &= \left(\frac{\text{Absorbansi awal} - \text{Absorbansi akhir}}{\text{Absorbansi awal}} \right) \times 100\% \\ &= \left(\frac{1,19 - 0,01}{1,19} \right) \times 100\% \\ &= 99,1597 \% \end{aligned}$$

5. Perhitungan orde reaksi FeSi-5

t FeSi -5	abs	ct/co	Ln ct/co	1/ct/co	1/(ct/co)^2
0	1,126	1	0	1	1
15	0,725	0,643872	-0,44026	1,553103	2,412130321
30	0,664	0,589698	-0,52814	1,695783	2,875680433
45	0,478	0,424512	-0,85682	2,355649	5,549080023
60	0,334	0,296625	-1,21529	3,371257	11,36537703

Hasil Grafik





Penentuan konstanta laju reaksi

Mengikuti orde 1 karena nilai R^2 mendekati nilai 1 sebesar 0,9709

Slope = - K

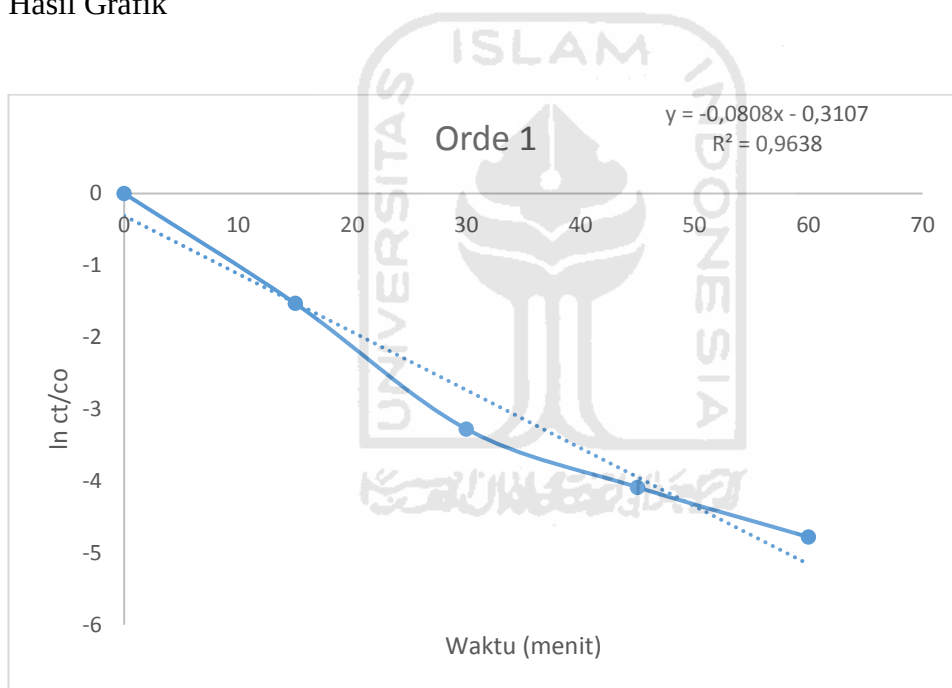
$K = - (\text{Slope})$

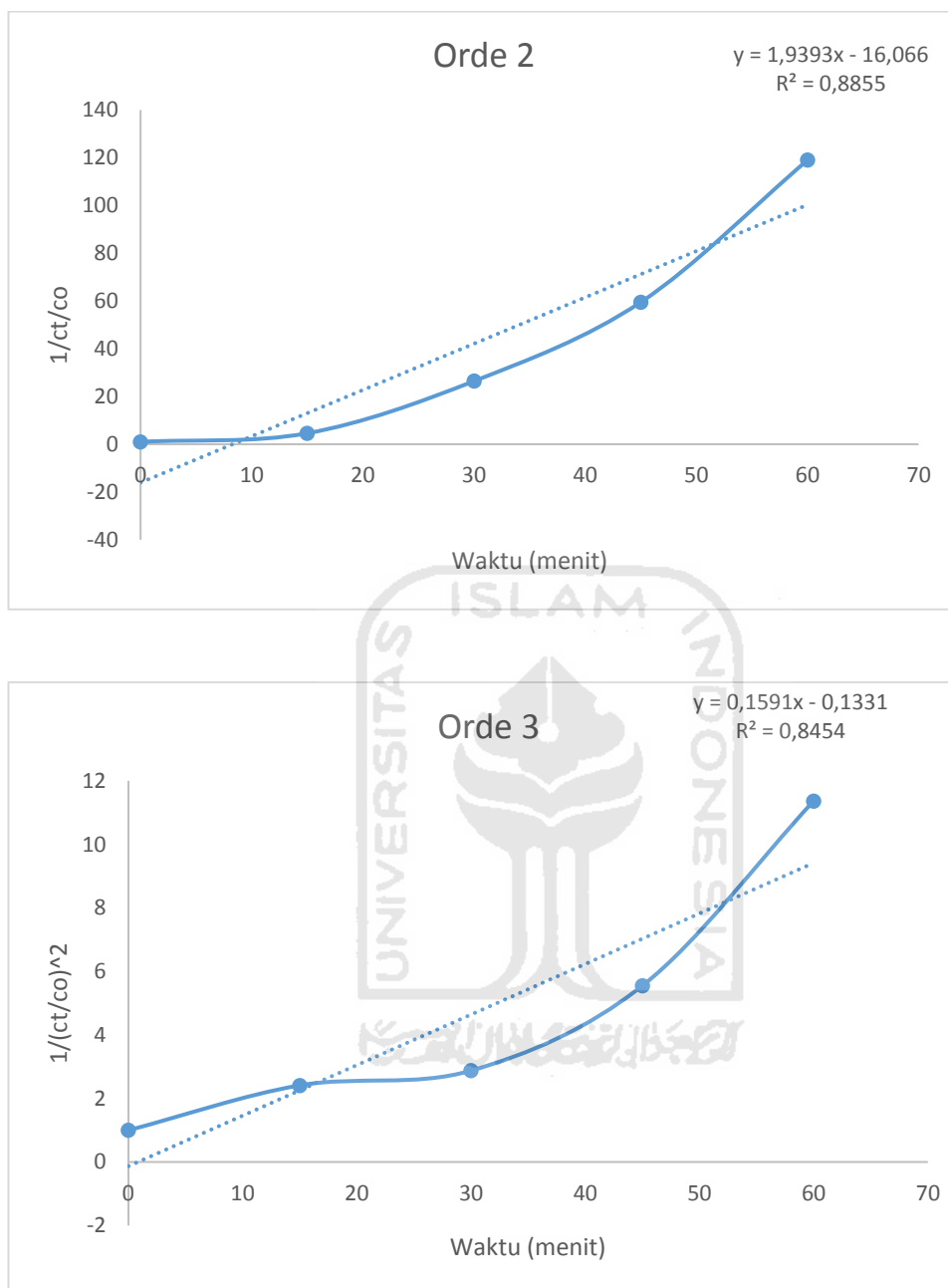
$K = 0,019$

6. Perhitungan orde reaksi FeSi-10

t FeSi - 10	abs	ct/co	Ln ct/co	1/ct/co	1/(ct/co)^2
0	1,19	1	0	1	1
15	0,258	0,216807	-1,52875	4,612403	21,27426236
30	0,045	0,037815	-3,27505	26,44444	699,308642
45	0,02	0,016807	-4,08598	59,5	3540,25
60	0,01	0,008403	-4,77912	119	14161

Hasil Grafik





Penentuan konstanta laju reaksi

Mengikuti orde 1 karena nilai R^2 mendekati nilai 1 sebesar 0,9638

Slope = - K

$K = - (\text{Slope})$

$K = 0,0808$