

***GREEN SYNTHESIS SnO₂ NPs DENGAN
EKSTRAK DAUN KETAPANG (TERMINALIA
CATAPPA) SEBAGAI BIOREDUKTOR UNTUK
APLIKASI FOTODEGRADASI ZAT WARNA
CONGO RED***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Dalam Ilmu Kimia



Oleh

ARMIYA SHOFA

NIM : 1708036024

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2021**

***GREEN SYNTHESIS SnO₂ NPs DENGAN EKSTRAK DAUN
KETAPANG (TERMINALIA CATAPPA) SEBAGAI
BIOREDUKTOR UNTUK APLIKASI FOTODEGRADASI ZAT
WARNA CONGO RED***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Dalam Ilmu Kimia

Oleh

Armiya Shofa

1708036024

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG
2021**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Armiya Shofa

Nim : 1708036024

Program Studi : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini yang berjudul :

***GREEN SYNTHESIS SnO₂NPs DENGAN EKSTRAK
DAUN KETAPANG (TERMINALIA CATAPPA) SEBAGAI
BIOREDUKTOR UNTUK APLIKASI FOTODEGRADASI ZAT
WARNA CONGO RED***

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 14 Oktober 2021
Pembuat Pernyataan,



Armiya Shofa
NIM. 1708036024

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : *Green Synthesis SnO₂NPs* Dengan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*) Sebagai Bioreduktor Untuk Aplikasi Fotodegradasi Zat Warna Congo Red

Penulis : **Armiya Shofa**

NIM : 1708036024

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Kimia.

Semarang, 7 Oktober 2021

DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang

Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd.
NIP. 198304152009122006

Sekretaris Sidang

Mulyatun, S.Pd., M.Si.
NIP. 198305042011012008

Penguji I

Wirda Udaibah, M.Si.
NIP. 198501042009122003

Penguji II

Zilmi Azizati, M.Sc.
NIP. 1990111720181012001

Pembimbing I

Dyah Fitasari, S.Pd., M.Si.
NIP. 198501022019032017

Pembimbing II

Kholidah, S.Si., M.Sc.
NIP. 198508112019032008



NOTA DINAS

Semarang, 29 September 2021

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : *Green Synthesis SnO₂NPs* Dengan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*) Sebagai Bioreduktor Untuk Aplikasi Fotodegradasi Zat Warna Congo Red

Penulis : **Armiya Shofa**

NIM : 1708036024

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqsyah.

Wassalamu'alaikum wr,wb.

Pembimbing I



Dyah Fitasari, M.Si
NIP.198501022019032017

NOTA DINAS

Semarang, 29 September 2021

Yth. Ketua Program Studi Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : *Green Synthesis SnO₂NPs* Dengan Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*) Sebagai Bioreduktor Untuk Aplikasi Fotodegradasi Zat Warna Congo Red

Penulis : **Armiya Shofa**

NIM : 1708036024

Jurusan : Kimia

Saya memandang bahwa naskah tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang untuk diajukan dalam Sidang Munaqsyah.

Wassalamu'alaikum wr,wb.

Pembimbing II



Kholidah, M.Sc

NIP. 19808112019032008

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamiin puji syukur segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat, taufik, rahmat, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "*Green Synthesis SnO₂NPs dengan Ekstrak Daun Katapang (Terminalia Catappa) sebagai Bioreduktor Untuk Aplikasi Fotodegradasi Zat Warna Congo Red*" dengan baik tanpa hambatan apapun. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasullulah Muhammad SAW.

Terselesaikannya penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, dorongan, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini dengan penuh rasa hormat penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang membantu, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag selaku Rektor UIN Walisongo Semarang
2. Dr. H. Ismail, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
3. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd, selaku Ketua Program Studi Kimia UIN Walisongo Semarang.
4. Ibu Wirda Udaibah, M.Si, selaku wali dosen penulis yang telah memberikan arahan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

5. Ibu Dyah Fitasari, M.Si selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan saran dan kritik serta arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi.
6. Ibu Kholidah, M.Sc selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan kritik dan saran serta arahan yang sangat berguna dalam penyusunan skripsi.
7. Bapak/Ibu dosen dan staff di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang terutama Jurusan Kimia yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi.
8. Orang tua tercinta, bapak Ismail (almarhum), bapak Rudiarto dan ibu Widyawati yang selalu mendoakan, memberikan kasih sayang, motivasi, inspirasi, dukungan dan pengorbanan yang luar biasa kepada penulis.
9. Saudara/Saudari penulis Yusti Randi, Nurjannah, dan Ahmad Syafiq Ubaidillah yang selalu memberi dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
10. PLP Laboratorium Kimia Ibu Anita Karunia Z, S.Si dan asisten laboratorium kimia yang telah banyak mendampingi selama penulis melakukan penelitian.
11. Washilur Rofi yang selalu membantu dan memberikan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

12. Teman-teman kimia 2017 yang selalu memberikan semangat serta pelajaran hidup yang berharga khususnya, Alfiatu Rohmah, Miftahul Rohmah, Luluk Chadiroh, dan Gita Karulina.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu atas dukungan dan motivasinya.
14. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for never quitting.*

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangannya. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Dengan segala harapan dan do'a, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya serta mendapat ridhonya. *Aamiin Yaa Rabbal'alamiin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, 14 Oktober 2021

Penulis,



Armiya Shofa

NIM.1708036024

ABSTRAK

Nanopartikel SnO₂ atau SnO₂NPs berhasil disintesis menggunakan bioreduktor ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) yang berperan sebagai agen pereduksi dengan menggunakan SnCl₂.2H₂O sebagai prekursor. Hasil analisis berdasarkan perubahan warna menunjukkan perubahan dari hijau muda menjadi hijau tua dan setelah dikalsinasi dihasilkan serbuk putih SnO₂NPs. SnO₂NPs dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR), *Scanning Electron Microscope Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX), dan *Diffuse Reflektansi Ultraviolet Visible* (DR-UV). SnO₂NPs hasil sintesis dihasilkan energi *band gap* sebesar 3,58 eV dan distribusi ukuran partikel sebesar 30,62212 ± 6,47797 nm. Uji fotodegradasi zat warna *congo red* dilakukan pada beberapa indikator, diantaranya adalah pengaruh pH larutan *congo red* dengan persen degradasi tertinggi berada di pH 3 sebesar 94,01%, pengaruh massa fotokatalis dengan persen degradasi tertinggi 93,59%, dan pengaruh waktu kontak optimum dengan persen degradasi tertinggi sebesar 96,55% berada pada menit ke-90 .

Kata kunci : fotokatalis, nanopartikel SnO₂, bioreduktor, ekstrak daun ketapang, *congo red*

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
PENGESAHAN.....	ii
NOTA DINAS	iii
NOTA DINAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan	6
D. Manfaat.....	7
BAB II LANDASAN PUSTAKA	8
A. Kajian Pustaka	8
B. Kajian Penelitian Yang Relevan	25
BAB III METODE PENELITIAN	30
A. Metode Penelitian.....	30
B. Alat dan Bahan Penelitian.....	30
C. Prosedur Penelitian	31
BAB IV PEMBAHASAN	35

A.	Preparasi Ekstrak Daun Ketapang.....	35
B.	Sintesis SnO ₂ NPs menggunakan ekstrak daun ketapang 38	
C.	Karakterisasi SnO ₂ NPs dengan Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)	42
D.	Karakterisasi SnO ₂ NPs dengan Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX).....	46
E.	Karakterisasi SnO ₂ NPs dengan Diffuse Reflectant (DR) UV Visible.....	50
F.	Aplikasi SnO ₂ NPs untuk degradasi zat warna congo red 52	
BAB V Simpulan dan Saran		66
A.	Kesimpulan	66
B.	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN.....		80

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Daun ketapang	8
Gambar 2.2	Struktur flavonoid	10
Gambar 2.3	Tingkat <i>energy band gap</i> semikonduktor logam oksida	16
Gambar 2.4	Ilustrasi material fotokatalis	17
Gambar 2.5	Ilustrasi (a) electron tereksitasi (b) rekombinasi	18
Gambar 2.6	Struktur molekul <i>congo red</i>	20
Gambar 2.7	Prinsip kerja spektrofotometer UV-VIS	22
Gambar 2.8	Instrumen FTIR	24
Gambar 2.9	Morfologi nanopartikel SnO ₂	26
Gambar 4.1	Ekstrak daun ketapang	37
Gambar 4.2	Proses penguapan menggunakan <i>rotary evaporator</i>	38
Gambar 4.3	Campuran ekstrak daun ketapang dan SnCl ₂ .2H ₂ O	40
Gambar 4.4	SnO ₂ NPs yang terbentuk setelah dikalsinasi	41
Gambar 4.5	<i>Spectrum</i> FTIR ekstrak daun ketapang	44
Gambar 4.6	<i>Spectrum</i> FTIR SnO ₂ NPs	45
Gambar 4.7	Hasil SEM SnO ₂ NPs pada perbesaran 15000x	47
Gambar 4.8	Grafik distribusi ukuran partikel SnO ₂ NPs	48
Gambar 4.9	Hasil SEM SnO ₂ NPs pada perbesaran 3000x	49
Gambar 4.10	Komposisi unsur SnO ₂ NPs menggunakan instrumen EDX	51
Gambar 4.11	Hasil spectra DR-UV SnO ₂ NPs	52
Gambar 4.12	Hubungan panjang gelombang dengan faktor Kubelka-Munk	53

Gambar 4.13	Panjang gelombang maksimum <i>congo red</i>	56
Gambar 4.14	Kurva kalibrasi standar	58
Gambar 4.15	Persen degradasi variasi pH	59
Gambar 4.16	Persen degradasi variasi massa fotokatalis	62
Gambar 4.17	Persen degradasi variasi waktu optimum	69
Gambar 4.18	Mekanisme reaksi fotokatalis	69

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Serapan spektra FTIR ekstrak daun ketapang	43
Tabel 4.2	Serapan spektra FTIR SnO ₂ NPs	46
Tabel 4.3	Serapan pergeseran spektra FTIR	47
Tabel 4.4	Komposisi unsur penyusun SnO ₂ NPs	51
Tabel 4.5	Data pengukuran larutan srtandar <i>congo red</i>	56
Tabel 4.6	Data absorbansi variasi pH	58

DAFTAR LAMPIRAN

lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Skema cara kerja	80
Lampiran 2	Perhitungan konsentrasi larutan SnCl ₂ .2H ₂ O 0,1 M	84
Lampiran 3	Perhitungan larutan <i>congo red</i> dengan variasi konsentrasi 2,4,6,8 dan 10 ppm	85
Lampiran 4	Sintesis fotokatalis SnO ₂ NPs	87
Lampiran 5	Fotodegradasi zat warna <i>congo red</i>	88
Lampiran 6	Panjang gelombang maksimum <i>congo red</i>	89
Lampiran 7	Perhitungan persen degradasi zat warna <i>congo red</i>	92
Lampiran 8	Analisa energi <i>band gap</i>	95
Lampiran 9	Analisa FTIR	107
Lampiran 10	Analisa SEM	107
Lampiran 11	Analisa EDX	108
Lampiran 12	Data perhitungan distribusi ukuran partikel	109
Lampiran 13	Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Daun Ketapang	110

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Berkembangnya industri tekstil mempengaruhi kualitas lingkungan hidup yang semakin hari semakin memburuk akibat penggunaan zat warna tekstil yang menyebabkan peningkatan pencemaran lingkungan (Setiyawati et al. 2020). Limbah zat warna yang dibuang ke sungai dapat mempengaruhi kualitas air, mengganggu aktivitas biologis sungai, serta mengganggu kesehatan masyarakat dan keanekaragaman hayati (Iftyna et al. 2019). Limbah cair yang dihasilkan berupa limbah zat warna yang merupakan senyawa organik *nonbiodegradable* dimana limbah zat warna tersebut mengandung senyawa azo yang memiliki sifat karsinogenik. Senyawa azo adalah senyawa aromatik yang memiliki satu atau lebih ikatan (-N=N-) yang terikat pada cincin aromatik (Anugrah, 2019). Zat warna azo yang paling banyak ditemukan dalam limbah cair adalah *congo red*. Kehadiran zat warna *congo red* di lingkungan perairan dapat merusak berbagai spesies makhluk hidup dikarenakan sifat zat warna *congo red* yang sangat beracun (Ayu et al. 2015). Metode pengolahan limbah zat warna yang telah diterapkan sebelumnya adalah

klorinasi, ozonisasi, koagulasi, oksidasi kimia, adsorpsi, dan *reverse osmosis* (Wijaya, 2006). Namun metode yang dilakukan sebelumnya kurang efektif dikarenakan zat warna tekstil yang diadsorpsi masih bisa terakumulasi di dalam adsorben yang menyebabkan masalah baru di masa depan. Oleh karena itu, metode baru yang efisien dengan biaya rendah dan aplikasi mudah telah dikembangkan, yaitu metode fotodegradasi. Fotodegradasi adalah suatu proses penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan menggunakan energi foton dan radiasi sinar ultraviolet (UV). Penguraian zat warna dapat dilakukan dengan menggunakan bahan fotokatalitik dan radiasi sinar ultraviolet (UV)(Ayu et al. 2015). Metode ini mengubah senyawa kompleks zat warna, sehingga lebih mudah dan aman untuk dilepaskan ke lingkungan (Saba, 2019).

Salah satu katalis yang dapat digunakan untuk fotolisis limbah zat warna adalah nanopartikel timah (IV) oksida (SnO_2NPs)(Saba, 2019). SnO_2 memiliki beberapa keunggulan, diantaranya memiliki sifat optik yang baik dengan permukaan yang luas, stabilitas (mekanik, termal, dan fitokimia) yang tinggi, ramah lingkungan dan memiliki daya absorpsi yang tinggi (Saba, 2019). Nanopartikel dapat disintesis dengan menggunakan dua

metode yaitu metode *top-down* dan metode *bottom-up*. Pendekatan *top-down* dimulai dengan material besar dan upaya untuk memecahnya menjadi material nano melalui metode fisik. Sedangkan metode *bottom-up* saat ini sedang berkembang karena metode ini memungkinkan nanopartikel dilakukan secara kimia menggunakan fasa larutan (Lalena et al. 2007).

Metode sintesis nanopartikel umumnya diklasifikasikan menjadi dua kategori: metode fisik dan metode kimia. Namun dalam perkembangannya, nanopartikel juga dapat disintesis dengan metode kimia yang mengikuti prinsip *green synthesis* (Trisnayanti, 2020). Metode sintesis kimia seperti reduksi kimia dan proses sol-gel melibatkan penggunaan bahan kimia berbahaya, adanya produk sampingan yang berbahaya, dan kontaminasi prekursor (Thakkar et al. 2010).

Metode sintesis nanopartikel konvensional memiliki banyak kekurangan, termasuk stabilitas lingkungan yang tidak memadai, toksisitas tinggi, membutuhkan biaya yang cukup besar, dan masalah terkait daur ulang/regenerasi. Sampai saat ini, banyak agen pereduksi kimia seperti natrium borohidrida (NaBH_4) telah digunakan dalam sintesis nanopartikel dan bekerja dengan baik sebagai agen pereduksi (Julkarnain et al.

2013). Namun, NaBH_4 cukup reaktif serta memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Kundu et al. 2002). Untuk mengatasi keterbatasan tersebut, *green synthesis* dalam ilmu dan teknologi material telah diusulkan dalam beberapa tahun terakhir. Pada dasarnya, *green synthesis* melibatkan beberapa prinsip seperti meminimalisasi limbah, penggunaan pelarut/bahan pembantu yang ramah lingkungan, dan material yang terbarukan (Mustari et al. 2019). Sehingga, perlu adanya penggunaan jenis reduktor lain seperti bioreduktor sebagai agen pereduksi yang dapat digunakan sebagai alternatif untuk memproduksi nanopartikel yang lebih ramah lingkungan (*green synthesis*).

Metode *green synthesis* ini menggunakan ekstrak tanaman sebagai agen pereduksi ion Sn^{2+} dari $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Dilaporkan bahwa beberapa tanaman digunakan sebagai agen pereduksi logam pada metode *green synthesis* (Saba, 2019). Proses sintesis nanopartikel menggunakan organisme sebagai agen biologis dalam sintesis dikenal sebagai biosintesis nanopartikel. Biosintesis menggunakan senyawa tertentu dari tumbuhan dan mikroorganisme sebagai zat pereduksi (bioreduktor). Biosintesis memiliki beberapa manfaat, seperti ramah

terhadap lingkungan, hemat biaya, biokompatibel, *sustainable*, dan tidak toksik (Dh et al. 2016).

Fatimah et al. (2019) menggunakan ekstrak daun bayam merah (*Amaranthus Tricolor L*) untuk sintesis nanopartikel SnO₂ (SnO₂NPs). Ekstrak daun bayam merah (*Amaranthus Tricolor L*) mengandung senyawa flavonoid dengan sifat antioksidan yang kuat sehingga dapat digunakan untuk mereduksi ion logam. Menurut Masakke et al. (2015) air rebusan pada tumbuhan mimba, diduga mengandung terpenoid dan flavonoid yang memfasilitasi terjadinya reduksi karena memiliki molekul aktif permukaan yang stabil. Sedangkan menurut Mittal et al. (2013) ekstrak tanaman dapat digunakan sebagai agen bioreduktor jika mengandung enzim, protein, flavonoid, dan terpenoid.

Tanaman lain yang dapat dimanfaatkan sebagai bioreduktor adalah tanaman ketapang (*Terminalia catappa*). Menurut Lembang (2014) ekstrak daun ketapang yang mempunyai aktivitas antioksidan dapat digunakan sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel. Daun ketapang memiliki kandungan senyawa flavonoid, tanin, dan fenolik. Flavonoid dan tanin yang dihasilkan dari ekstrak daun ketapang merupakan molekul aktif permukaan yang dapat

berperan dalam mereduksi pembentukan nanopartikel (Dh et al. (2016).

Metode *Green Synthesis* dengan menggunakan bioreduktor telah dilakukan oleh beberapa peneliti, diantaranya yaitu penggunaan ekstrak daun bayam merah (Saba, 2019), ekstrak daun pelawan (Mustari, 2019), ekstrak daun ketapang (Rosalin, 2017), ekstrak daun matoa (Febrian, 2014), ekstrak buah jambu biji merah (Fatihin, 2016), ekstrak daun pucuk idat (Fabiani et al. (2018).

Pada penelitian ini dilakukan *green synthesis* dengan bioreduktor ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai bioreduktor, sehingga dapat diaplikasikan untuk mendegradasi zat warna *congo red*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik SnO₂NPs yang dihasilkan dari *green synthesis* menggunakan bioreduktor ekstrak daun ketapang ?
2. Bagaimana efektivitas fotokatalis SnO₂NPs dalam mendegradasi zat warna *congo red* ?

C. Tujuan

1. Mengetahui karakteristik SnO₂NPs yang dihasilkan dari *green synthesis* menggunakan bioreduktor ekstrak daun ketapang
2. Mengetahui efektivitas fotokatalis SnO₂NPs dalam mendegradasi zat warna *congo red*

D. Manfaat

1. Dapat mengetahui efektivitas katalis SnO₂NPs *green synthesis* menggunakan bioreduktor ekstrak daun ketapang terhadap fotodegradasi zat warna *congo red*
2. Dapat meminimalisir pencemaran terhadap lingkungan
3. Dapat mengetahui karakteristik SnO₂NPs yang dihasilkan dari *green synthesis*

BAB II

LANDASAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

1. Daun Ketapang (*Terminalia catappa*)

Menurut *database* situs resmi dunia tumbuhan, klasifikasi tanaman ketapang tersusun dalam sistematika sebagai berikut :

kingdom : *Plantae*
divisi : *Magnoliophyta*
kelas : *Magnoliopsida*
ordo : *Myrtales*
family : *Combretaceae*
genus : *Terminalia*
spesies : *Terminalia catappa*



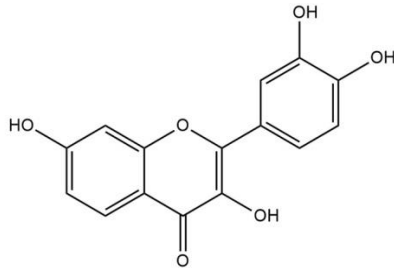
Gambar 2.1 Daun ketapang

Tumbuhan ketapang, dalam bahasa latin disebut *Terminalia catappa* merupakan pohon besar dengan tinggi 40 meter dan gemang batang sampai 1,5 meter. Memiliki banyak batang cabang yang tumbuh mendatar dan bertingkat-tingkat. Tumbuhan ketapang merupakan tanaman asli dari Asia Tenggara, akan tetapi pohon ketapang jarang ditemukan di pulau Sumatra dan Kalimantan (Thomson & Evans, 2018).

Daun ketapang memiliki khasiat untuk kesehatan yang dapat digunakan untuk menyembuhkan nyeri sendi, dan bahan lainnya dapat digunakan sebagai agen anti inflamasi untuk disentri, nyeri maag dan diuretik. Daun ketapang banyak digunakan dalam pengobatan gangguan kardiovaskular, kulit, hati dan pernapasan (Thomson & Evans, 2018).

Berdasarkan *screening* fitokimia yang telah dilakukan oleh Akharaiyi et al. (2011) daun ketapang mengandung senyawa seperti tanin, saponin, dan flavonoid. Konsentrasi tertinggi ditemukan pada daun yang masih muda. Daun ketapang juga memiliki aktivitas antibakteri. Kurang dari 2% dari total karbon yang difotosintesis oleh tanaman diubah menjadi flavonoid atau senyawa lain yang terkait erat dengannya. Kebanyakan tanin juga berasal dari

flavonoid. Flavonoid adalah salah satu kelompok terbesar dari fenol alami. Golongan flavonoid terdapat dalam hampir semua tumbuhan hijau sehingga, pasti ditemukan pula pada setiap tumbuhan (Putra, 2015).



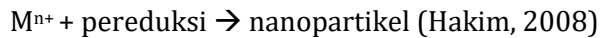
Gambar 2.2 Struktur flavonoid

2. Nanopartikel

Nanopartikel didefinisikan sebagai partikel dengan berbagai bentuk yang memiliki ukuran dibawah 100 nanometer (Abdullah et al. 2008). Ukuran partikel dalam orde nano digunakan dalam merancang, menyusun bahan hingga terbentuk material atau bahan dengan sifat dan fungsi yang baru. Nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*), dikarenakan nanopartikel memiliki dua hal, yaitu (a) ukuran partikel yang kecil, menyebabkan nanopartikel memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang lebih tinggi sehingga nanopartikel lebih reaktif dibandingkan partikel sejenis dalam ukuran besar. Reaktivitas suatu material dapat ditetapkan

oleh atom-atom pada permukaan yang bersentuhan langsung dengan material lain. (b) ketika ukuran suatu partikel mencapai orde nano, sehingga hukum fisika kuantum lebih mendominasi (Abdullah et al. 2008).

Nanopartikel logam memiliki struktur tiga dimensi berbentuk semacam bola (padat). Nanopartikel tersebut dibuat dengan mereduksi ion logam menjadi logam yang tidak bermuatan. Reaksi yang terjadi adalah :



M^{n+} merupakan ion logam yang akan dibuat menjadi nanopartikel. Contoh: emas, perak, besi. Sedangkan contoh dari zat pereduksi adalah natrium sitrat, borohidrat, NaBH_4 dan alkohol. Proses terbentuknya nanopartikel terjadi akibat transfer *electron* (e^-) dari zat pereduksi ke ion logam seperti, emas, perak, timah dan besi. Konsentrasi suatu reaktan, adanya molekul pelapis, suhu serta pengadukan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nanopartikel (Saba, 2019).

Nanoteknologi memiliki banyak manfaat yang digunakan dalam berbagai bidang, seperti farmasi dan kesehatan, teknologi informasi, pertanian dan bidang

industri. Nanopartikel juga mempunyai kegunaan lain, yaitu sebagai detektor, suatu katalis, zat pelapis permukaan, serta agen antibakteri (Rahman, 2019).

3. Biosintesis

Nanopartikel logam dibuat dan distabilkan dengan dua metode, yaitu metode fisika dan kimia. Metode kimia dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya menggunakan reduksi kimia, teknik elektrokimia, dan reduksi fotokimia. Reduksi kimia adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk menciptakan nanopartikel yang stabil serta membentuk dispersi koloid dalam air ataupun pelarut organik yang lain. Bahan kimia yang umum digunakan dalam proses reduksi nanopartikel yaitu NaBH_4 , asam askorbat, dan unsur hidrogen (Sharma et al. 2009).

Sintesis nanopartikel dilakukan dengan dua metode yakni metode *top-down* dan metode *bottom-up*. Metode *top-down* dilakukan dengan cara mengubah material atau bahan dalam keadaan *bulk* serta dapat memecahnya menjadi nanopartikel melalui metode fisik. Sedangkan metode *bottom-up* adalah metode yang secara kimia dapat membentuk nanopartikel dalam fase larutan (Lalena et al. 2007). Proses sintesis dengan memanfaatkan makhluk hidup

baik tumbuhan maupun bakteri disebut dengan biosintesis (Kumar & Yadav, 2009).

Penggunaan tumbuhan atau ekstrak suatu tumbuhan dalam biosintesis nanopartikel memberikan suatu alternative baru yang lebih ramah terhadap lingkungan dibandingkan menggunakan metode fisika maupun metode kimia. Sintesis biologis memiliki beberapa keunggulan dibandingkan menggunakan metode lain, diantaranya tidak membutuhkan biaya yang mahal, ramah terhadap lingkungan, dapat dimanfaatkan untuk sintesis skala besar, dan metode dengan sintesis biologi ini tidak memerlukan penggunaan tekanan, energi, suhu yang tinggi, atau bahan kimia beracun (Elumalai et al. 2011). Penggunaan tumbuhan sebagai agen pereduksi dalam sintesis nanopartikel berhubungan dengan kandungan senyawa metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antioksidan. Senyawa fenolik atau polifenol merupakan antioksidan alami yang terkandung dalam tumbuhan (Rahman, 2019). Senyawa fenol biasanya bersifat polar, sehingga senyawa tersebut akan lebih mudah larut dalam pelarut polar. Salah satu pelarut yang umum digunakan dalam mengekstraksi antioksidan adalah

metanol dan etanol dikarenakan kemampuan dan sifat polaritasnya (Sheila Margareta, 2011).

4. Timah Dioksida (SnO_2)

SnO_2 (timah dioksida) merupakan cairan ionik berwarna putih yang biasanya digunakan sebagai pigmen pada cat dan keramik. SnO_2 (timah dioksida) memiliki keunggulan diantaranya, seperti sifat optik yang baik, tidak beracun, memiliki aktivitas fotokatalis yang baik, luas permukaan besar, stabilitas mekanik dan termal yang tinggi, stabilitas fisik dan kimia yang tinggi, daya adsorpsi yang tinggi, serta ramah lingkungan (Saba, 2019). Timah dioksida biasanya ada dalam bentuk struktur rutil dan timah dioksida (SnO_2) berpotensi sebagai fotokatalis (Sucahya et al. 2016). SnO_2 merupakan material semikonduktor tipe-n dengan rentang energi yang luas, yaitu sebesar 3,6 eV. SnO_2 memiliki struktur kristal tetragonal dan bersifat nonpolar dengan parameter kisi $a = 4,738 \text{ \AA}$ dan $c = 3,188 \text{ \AA}$ (Maddu & Kurniati, 2009).

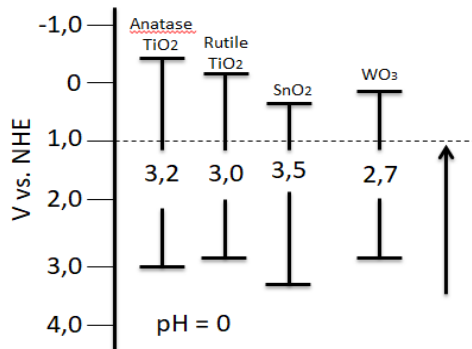
5. Fotokatalis

Reaksi gabungan antara fotokimia dan katalis disebut Fotokatalisis. Reaksi fotokimia membutuhkan cahaya (foton) (Saba, 2019). Fotokatalis sendiri merupakan proses dimana reaksi tersebut

mebutuhkan cahaya dan material katalis. Katalis adalah zat yang dapat mempercepat laju reaksi dengan cara berinteraksi dengan substrat baik dalam keadaan dasar (*ground state*) maupun dalam keadaan tereksitasi tergantung pada mekanisme fotoreaksi tersebut tanpa ikut berubah secara kimia (Saba, 2019).

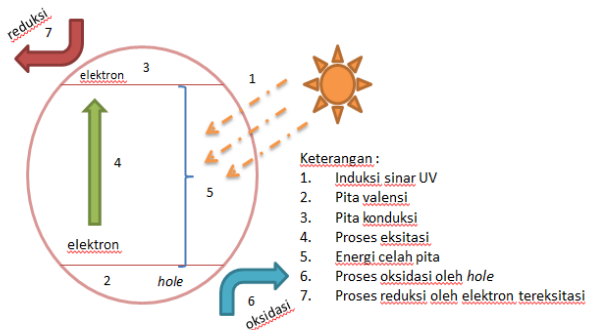
Fotokatalis adalah proses reaksi kimia yang menggunakan cahaya (foton) sebagai sumber energi dan biasanya reaksi terjadi pada suhu kamar (Roufina, 2014). Fotokatalis mengubah energi cahaya (foton) menjadi energi kimia, selama proses ini dihasilkan radikal hidroksil yang mengalami reaksi oksidasi-reduksi dengan senyawa organik (polutan), sehingga air akan jernih kembali karena terpisahkan dari limbah cair (Mano et al. 2014).

Beberapa fotokatalis dalam pengolahan limbah biasanya berupa bahan semikonduktor salah satunya ialah TiO_2 , WO_3 , dan SnO_2 . Ketiganya memiliki *band gap* yang berbeda, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3. *energy band gap* merupakan energi minimum yang dibutuhkan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi (Sucahya et al. 2016).



Gambar 2.3 Tingkat energi *band gap* semikonduktor logam oksida (Sucharya et al. 2016)

Mekanisme fotokatalis secara sederhana diilustrasikan pada gambar 2.4



Gambar 2.4 Ilustrasi material fotokatalis (Saba, 2019)

Apabila material semikonduktor tipe-n terkena sinar (diinduksi sinar UV) (1) sama atau bahkan melebihi energi *band gap* bahan fotokatalis (5), maka elektron tersebut tereksitasi (4) dari keadaan dasar

(2) elektron dari pita valensi akan tereksitasi (3) sehingga pita konduksi menghasilkan *hole* (h^+). Dalam tahap ini energi celah pita (*band gap*) menunjukkan panjang gelombang (λ) yang efektif terserap pada material fotokatalis. Setelah elektron dan *hole* (h^+) terpisah, selanjutnya sebagian besar elektron dan *hole* (h^+) akan bereaksi kembali di permukaan, yang disenut juga efek rekombinasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5. Baik elektron atau *hole* (h^+) akan mengalami proses reduksi (7) dan oksidasi (6) ke substrat (Arutanti, 2009).



Gambar 2.5 elektron tereksitasi dan efek rekombinasi (Saba, 2019)

Melalui pembentukan *hole* (h^+) serta elektron dalam mekanisme reaksi reduksi dan oksidasi (mekanisme redoks) dapat digunakan untuk proses degradasi substrat yang bersinggungan dengan permukaan fotokatalis (Dong et al. 2015). Baik elektron maupun *hole* (h^+) dapat menghasilkan ion reaktif yang dapat digunakan dalam proses

deaktivasi serta pemecahan mikroorganisme dan kontaminan berbahaya. Elektron akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan suatu radikal superoksida ($\bullet\text{O}_2^-$), dan *hole* (h^+) akan berinteraksi dengan molekul air (H_2O) sehingga membentuk radikal hidroksil aktif ($\text{OH}\bullet$) dan H_2O (Dong et al. 2015). Ketika material atau bahan fotokatalis diinduksi oleh cahaya (sinar UV), maka radikal-radikal ini terus memproduksi dan mendegradasi senyawa organik menjadi molekul-molekul kecil yang tidak berbahaya seperti karbon dioksida, air dan asam mineral (Dong et al. 2015).

6. Fotodegradasi

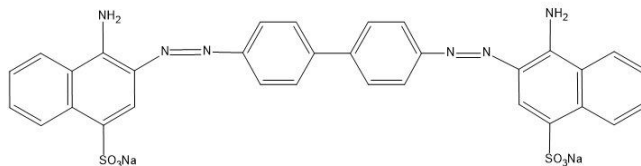
Proses penguraian senyawa menggunakan bantuan energi foton disebut dengan fotodegradasi (Saba, 2019). Fotokatalis dalam proses fotodegradasi, umumnya merupakan bahan atau material semikonduktor memiliki peran yang penting. Prinsipnya adalah setelah menerima energi foton, elektron berpindah dari pita valensi ke pita konduksi dalam logam semikonduktor. Jenis loncatan elektron ini menyebabkan munculnya lubang elektronik (*hole*) yang dapat bereaksi dengan pelarut air dan membentuk radikal bebas (Saba,

2019). Metode fotodegradasi dapat dilakukan dengan menggunakan katalis berupa bahan semikonduktor (Wardhani, 2014).

7. *Congo red*

Salah satu penyumbang adanya pencemaran air adalah adanya limbah industri tekstil yang tidak diolah dengan benar. Limbah zat warna tekstil merupakan limbah yang tidak mudah terdegradasi secara alami, tidak ramah lingkungan, memiliki sifat toksik dan karsinogenik (Diantariani et al. 2016).

Limbah zat warna *congo red* mengandung senyawa azo yang merupakan senyawa aromatik dengan satu atau lebih ikatan (-N=N-) yang terikat pada cincin aromatik (Anugrah, 2019). Keberadaan zat warna *congo red* dapat merusak mikroorganisme dalam lingkungan perairan karena sifat zat warna *congo red* yang memiliki toksisitas yang tinggi (Ayu et al. 2015). *Congo red* adalah zat warna sintetis pertama yang digunakan dalam pewarnaan kapas. Zat warna *congo red* dapat ditemukan dalam limbah industri, seperti limbah kertas, limbah tekstil dan percetakan (Purkait, 2007).

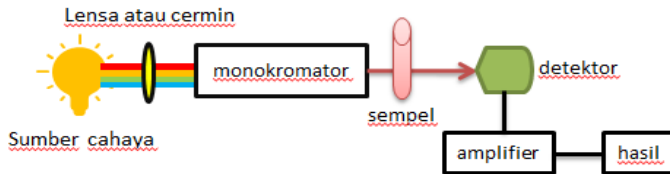


Gambar 2.6 Struktur molekul *congo red*

8. Spektrofotometer UV-VIS

Spektrofotometri adalah metode analisis berdasarkan penggunaan prisma monokromator dengan *detector fototube* yang digunakan untuk mengukur penyerapan cahaya monokromatik oleh larutan berwarna pada panjang gelombang tertentu. Spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmitasi atau absorbansi sampel sebagai fungsi panjang gelombang (λ) (Saba, 2019). Instrument ini, digunakan untuk mengukur penyerapan sinar ultraviolet (UV) atau sinar tampak dari suatu materi dalam bentuk larutan (Saba, 2019). Jumlah sinar yang diserap oleh zat yang terkandung didalam larutan, sebanding dengan konsentrasi dari larutan analitik (Saba, 2019). Prinsip kerja spektrofotometer adalah menghasilkan cahaya monokromatik dari sumber sinar, kemudian cahaya tersebut masuk menuju kuvet, jumlah cahaya yang ditransmisikan oleh larutan selanjutnya akan dibaca oleh detektor

dan kemudian ditransmisikan ke layar pembaca (Saba, 2019).



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Spektrofotometer UV-VIS
(Saba, 2019)

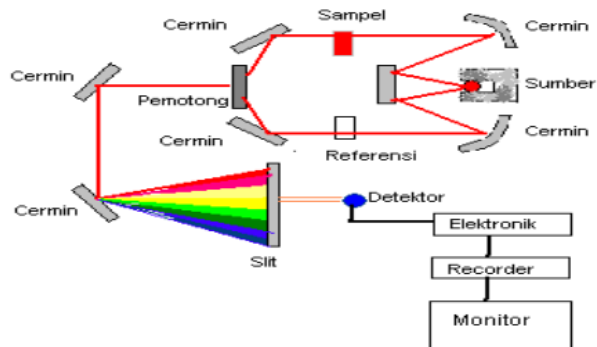
9. FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Spektrofotometer FTIR adalah alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengetahui senyawa organik baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan membandingkan senyawa standar dengan variasi konsentrasi (Saba, 2019). Sedangkan untuk analisis kualitatif dilakukan dengan mengamati bentuk puncak dalam spektrum panjang gelombang tertentu serta membandingkannya dengan referensi atau teori untuk membuktikan gugus fungsi yang dihasilkan oleh masing-masing puncak (Saba, 2019).

Prinsip kerja FTIR berupa sinar infra merah yang melewati ruang sampel, dan fungsi ruang ini adalah mengondisikan jumlah energi yang dikirimkan ke sampel. Kemudian sebagian inframerah diserap oleh

sampel, dan sebagian diteruskan melalui permukaan sampel, inframerah dilewatkan melalui detektor dan kemudian dikirim ke komputer (Saba, 2019).

Menurut Putri et al., (2017) hasil serapan FTIR ekstrak daun ketapang memiliki gugus auksokrom seperti -OH, C-N, -NH, C-O dan kromofor seperti C=O, C=C yang terdapat komponen alkaloid dan flavonoid. López et al. (2014) mengatakan bahwa gugus -OH dari terpenoid dan flavonoid dalam ekstrak tanaman mampu mereduksi ion perak serta kelompok gugus -COO bertanggungjawab dalam stabilitasi nanopartikel.

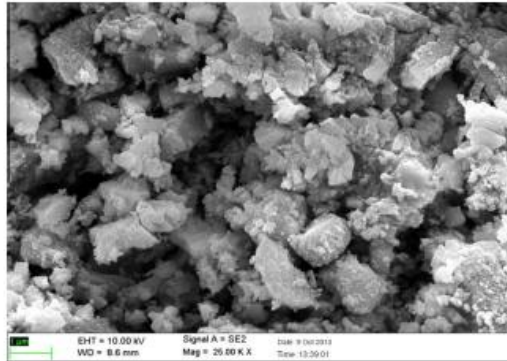


Gambar 2.8 Instrumen FTIR (Gunawan & Azhari, 2007)

11. SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope Energi Dispersive X-Ray*)

Scanning Electron Microscope digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan sampel dari suatu material, sedangkan *Energy Dispersive X-ray* berfungsi untuk menentukan komposisi unsur sampel yang dianalisis (Saba, 2019). Pemeriksaan serta analisis permukaan biasanya menggunakan instrumen SEM dengan ketebalan lapisan sebesar 20 mikrometer dari atas permukaan sampel. Hasil yang diperoleh dari instrumen ini, berupa topografi yang mempunyai bentuk dan warna yang berbeda dari setiap sampel (Saba, 2019).

Prinsip kerja alat ini adalah ketika elektron disinari oleh *electron gun* maka pemindaian berkas seperti *scanning* permukaan *specimen* yang dilakukan disetiap titik dan membentuk suatu garis pembacaan. Sinyal akan ditangkap oleh detektor kemudian ditampilkan di layar komputer. Sinyal yang dibaca oleh *back scattered electron* sesuai dengan nomor atom yang ada pada permukaan spesimen sehingga gambar yang diperoleh akan berbeda-beda sesuai dengan unsur kimianya (Saba, 2019). Unsur kimia dengan nomor atom yang lebih tinggi akan menunjukkan warna terang (Sujatno et al. 2015).



Gambar 2.9 Morfologi nanopartikel SnO₂ menurut (Elango et al., 2015)

Menurut Elango et al. (2015) hasil SEM yang ditunjukkan dari *green synthesis* SnO₂NPs memiliki morfologi serpihan halus dengan aglomerat tipis dan menurut Saba (2019) hasil *green synthesis* nanopartikel SnO₂ yang telah dilakukan memiliki morfologi serpihan tipis dengan bentuk tidak beraturan.

12. DR-UV

Instrumen spektrofotometri UV-VIS *Diffuse Reflektansi* (DR UV) adalah alat yang digunakan untuk mengetahui energi celah pita (*band gap*) dari suatu material atau bahan dengan cara menghitung hasil %R (refleksi data dari DRS) dan absorbansinya. Energi *band gap* diukur berdasarkan pada intensitas sinar UV dan *visible* yang direfleksikan oleh suatu

material uji. Prinsip kerja instrumen spektrofotometri UV-VIS *Diffuse* Reflektansi (DR UV) didasarkan pada lapisan material yang diradiasi oleh beberapa foton dan kemudian material tersebut menyerap atau menghamburkan foton. Teori ini didasari oleh teori Kubelka-Munk (Saba, 2019).

13. Persentase fotodegradasi *congo red*

Persentase fotodegradasi *congo red* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus

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

Keterangan :

C_{awal} = konsentrasi awal *congo red* (sebelum radiasi)

C_{akhir} = konsentrasi *congo red* (setelah diradiasi)

(Saba, 2019).

B. Kajian Penelitian Yang Relevan

Sintesis SnO₂NPs banyak dikembangkan di dunia penelitian saat ini dengan berbagai metode, hasil dan efektivitas yang berbeda-beda. Mustari (2019) melakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui efektivitas dari ekstrak daun pelawan yang digunakan sebagai agen bioreduktor SnO₂. Penelitian dilakukan dengan mensintesis nanopartikel SnO₂ termediasi ekstrak daun pelawan menggunakan metode *green synthesis* didapatkan hasil ekstrak daun pelawan dapat

digunakan sebagai bioreduktor dan proses sintesis terbaik dilakukan pada pH 7. Senyawa antioksidan dalam ekstrak daun pelawan digunakan sebagai matriks penjebak partikel sehingga mampu mencegah terjadinya aglomerasi. Dua tahun sebelumnya, Melysa et al. (2017) melakukan biosintesis nanopartikel ZnO dengan memanfaatkan ekstrak belimbing wuluh untuk fotodegradasi metil biru dengan ukuran rata-rata partikel sebesar $80,26 \pm 1,22$ nm, hasil degradasi optimum didapatkan pada waktu kontak 240 menit dengan konsentrasi optimum ZnO didalam 20 mL metil biru sebesar 10 ppm. Saba (2019) melakukan biosintesis nanopartikel timah (IV) oksida (SnO_2NPs) menggunakan ekstrak *Amaranthus tricolor L* dengan tujuan untuk mendegradasi zat warna *bromophenol blue* dengan variasi penambahan H_2O_2 dan tanpa penambahan H_2O_2 . Hasil tertinggi didapatkan persen degradasi dengan variasi penambahan H_2O_2 menggunakan konsentrasi 20 ppm SnO_2NPs , yaitu sebesar 99,09%. Rahim et al. (2020) melakukan biosintesis nanopartikel perak pada pH 7 menggunakan ekstrak daun teh hijau dan didapat ukuran partikelnya sebesar 106,3 nm dan Rahman (2019) melakukan biosintesis nanopartikel SnO_2 menggunakan

ekstrak daun bayam merah, didapat ukuran partikel SnO₂ sebesar 41,5 nm.

Beberapa penelitian sebelumnya membahas proses sintesis SnO₂NPs dengan beberapa metode dan baru-baru ini penelitian dengan metode *green synthesis* sedang dikembangkan untuk menghasilkan hasil sintesis yang terbaik dengan efektivitas yang tinggi dalam aplikasinya, terutama degradasi terhadap suatu zat warna (Saba, 2019).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan dengan metode *green synthesis* yaitu menggunakan ekstrak campuran daun ketapang (*Terminalia catappa*) dengan larutan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ untuk mendapatkan serbuk SnO_2NPs . Serbuk tersebut digunakan sebagai katalis dalam proses fotodegradasi zat warna *congo red*.

B. Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat Penelitian

Dalam penelitian ini, alat yang digunakan yaitu corong, gelas erlenmeyer 250 mL, gelas kimia 100 mL, 500 mL, 1000 mL, tabung reaksi, gelas ukur 100 mL, botol sampel, propipet, pipet tetes, blender, saringan, lampu UV (UV-A lamp, merek Sankyo denki F20T10BLB λ 352 nm) Spektrofotometer UV-VIS *double beam* merek Hitachi, FTIR merek Thermo Nicolet Avatar 360, SEM-EDX dengan JEOL JSM-6510LA dan DR-UV tipe CARY 2415.

B. Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun ketapang, serbuk $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ kadar 99% (Merck), larutan HCl 1 M, larutan NaOH 1 M, zat warna

congo red, larutan etanol 70%, kertas saring biasa dan kertas saring Wattman No.42.

C. Prosedur Penelitian

1. Preparasi daun ketapang

Daun ketapang muda yang telah dipetik selanjutnya dicuci menggunakan air mengalir hingga bersih dan dibilas menggunakan akuades. Kemudian daun ketapang dikeringkan di dalam oven pada suhu 120°C, daun ketapang kering selanjutnya dihaluskan menggunakan blender dan kemudian diayak menggunakan ayakan. Serbuk daun ketapang siap diekstraksi.

2. Pembuatan ekstrak daun ketapang

Bejana gelap yang telah dimasukan seratus gram serbuk simplisia daun ketapang selanjutnya ditambahkan 1000 mL pelarut etanol 70% dan ditutup rapat agar terhindar dari sinar matahari. Proses maserasi dilakukan selama dua hari sambil sesekali diaduk. Setelah dua hari, campuran antara simplisia daun ketapang dan pelarut etanol 70% disaring sehingga diperoleh maserat (1). Ampas tersebut selanjutnya direndam kembali selama dua hari dengan menggunakan 800 mL pelarut etanol 70%, disaring kembali dan diperoleh maserat (2).

Hasil dari maserat (1) dan (2) diempuk semalam kemudian dipisahkan antara filtrate dan residu, ekstrak daun ketapang selanjutnya dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 60°C.

3. Proses Sintesis SnO₂NPs

Sebanyak 50 mL ekstrak daun ketapang dicampurkan dengan 25 mL SnCl₂·2H₂O 0,1 M dipanaskan selama 1 jam pada suhu 80-85°C dan dengan pengadukan. Ketika proses pemanasan berakhir dilakukan proses penyaringan endapan dan endapan tersebut dikalsinasi selama 4 jam dengan suhu 400°C. Hasil kalsinasi berupa gumpalan dilakukan proses penggerusan dengan mortar dan alu. Serbuk yang dihasilkan merupakan SnO₂NPs. Karakteristik nanopartikel SnO₂ yang diperoleh ditentukan berdasarkan analisis FTIR, SEM-EDX serta DR-UV dan sisanya diaplikasikan sebagai fotokatalis. Analisis menggunakan FTIR digunakan untuk mengetahui gugus fungsi dari sampel yang diuji sehingga dapat diketahui senyawa tersebut adalah senyawa yang diinginkan, Analisis menggunakan SEM digunakan untuk mengetahui bentuk struktur morfologi dari nanopartikel SnO₂ tersebut, sedangkan penggunaan Energy Dispersive X-Ray (EDX) untuk mengetahui

komposisi kandungan unsur penyusun SnO₂. Analisis DR-UV digunakan untuk mengetahui *energy band gap* dari nanopartikel SnO₂.

4. Proses Degradasi Zat Warna *Congo Red*

a. Penentuan pH optimum fotodegradasi *congo red*

Sebanyak lima buah gelas beker 50 mL ditambahkan 10 mL larutan *congo red* (10 ppm) dan ditambahkan 10 mg massa fotokatalis SnO₂NPs yang telah diatur pHnya pada pH 3, 5, 7, 9, dan 12 dengan menambahkan larutan HCl 1M dan NaOH 1M. Selanjutnya suspensi diradiasi dengan lampu UV selama 60 menit. Setelah proses radiasi, pemisahan antara suspensi dan filtrat disentrifugasi pada kecepatan 3500 rpm selama 10 menit. Filtrat yang didapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang maksimum *congo red* selanjutnya dihitung nilai persen degradasi untuk masing-masing perlakuan.

b. Penentuan massa fotokatalis optimum SnO₂NPs

Penentuan masa fotokatalis SnO₂NPs optimum dilakukan dengan menambahkan masa SnO₂NPs dengan variasi 10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg dan 50 mg ke dalam 10 mL larutan *congo red* 10 ppm. Campuran larutan *congo red* dan SnO₂NPs diradiasi

dengan lampu UV selama 60 menit pada masing-masing variasi masa SnO₂NPs dan diatur pHnya menggunakan pH optimum. Setelah proses radiasi, pemisahan antara suspensi dan filtrat disentrifugasi pada kecepatan 3500 rpm selama 10 menit. Filtrat yang didapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang maksimum *congo red* dan masing-masing perlakuan dihitung nilai persen degradasi.

c. Penentuan waktu kontak optimum fotodegradasi *congo red*

Sebanyak lima buah gelas kimia 50 mL ditambahkan 10 mL larutan *congo red* dengan konsentrasi 10 ppm, masa fotokatalis optimum SnO₂NPs ditambahkan dan diatur pHnya pada pH optimum dengan menambahkan larutan HCl 1 M dan NaOH 1 M, selanjutnya suspensi diradiasi dengan menggunakan lampu UV pada variasi waktu optimum sebesar 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Setelah proses radiasi, pemisahan antara suspensi dan filtrat disentrifugasi pada kecepatan 3500 rpm selama 10 menit. Filtrat yang didapat dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang maksimum *congo red* dan

masing-masing perlakuan dihitung nilai persen degradasi.

BAB IV

PEMBAHASAN

Sintesis SnO₂NPs menggunakan metode *green synthesis* dipilih karena memiliki kelebihan diantaranya ramah terhadap lingkungan, hemat biaya dan tidak beracun. Penelitian ini menggunakan SnCl₂.2H₂O sebagai prekursor dan ekstrak daun ketapang sebagai agen pereduksi. SnO₂NPs mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran *bulknya* sehingga luas permukaan yang dihasilkan relatif lebih besar dan sangat efektif digunakan untuk mendegradasi zat warna *congo red*.

A. Preparasi Ekstrak Daun Ketapang

Preparasi sampel merupakan langkah awal dalam penelitian yang penting dilakukan karena dapat mempengaruhi kesuksesan hasil. Preparasi diawali dengan mencuci daun ketapang dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran atau zat yang tidak diperlukan. Selanjutnya daun ketapang tersebut dikeringkan menggunakan oven pada suhu 120°C dengan tujuan untuk menghilangkan kandungan air. Daun ketapang dihaluskan dalam bentuk serbuk, tujuannya adalah untuk mempermudah senyawa yang terkandung didalam daun ketapang agar larut dalam pelarut. Selain itu semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaan kontak semakin besar sehingga lebih mudah larut

didalam pelarut (Rahman, 2019). Sintesis ekstrak daun ketapang dilakukan menggunakan metode maserasi. Metode maserasi dipilih karena memiliki kelebihan yang dapat menghindari rusaknya senyawa-senyawa yang bersifat termolabil karena metode maserasi dilakukan tanpa pemanasan (Setyawardhani et al. 2021). Ekstrak daun ketapang mengandung polifenol yang termasuk senyawa termolabil, sehingga tidak disarankan menggunakan metode sokletasi, refluks dan infundasi (Soegianto, 2013). Etanol 70% digunakan sebagai pelarut pada proses maserasi yang dilakukan selama empat hari, karena dapat menghasilkan senyawa aktif bioflavonoid yang tinggi dibandingkan dengan pelarut etanol murni. Hal ini dikarenakan 70% etanol terdiri dari 30% air dan 70% etanol murni, yang mengarah pada peningkatan polaritas pelarut sehingga mempermudah proses ekstraksi (Tiwari et al. 2011). Menurut prinsip *like dissolves like*, pelarut akan cenderung melarutkan senyawa yang memiliki tingkat kepolaran yang sama. Pelarut polar akan melarutkan senyawa polar dan pelarut non polar akan melarutkan senyawa non polar (Suryani et al. 2015). Flavonoid termasuk senyawa yang bersifat polar dikarenakan flavonoid merupakan senyawa golongan polifenol yang terdistribusi secara

merata dalam bentuk glikosida (Suryani et al. 2015). Sehingga pelarut etanol 70% dapat digunakan untuk melarutkan senyawa yang bersifat polar seperti senyawa polifenol. Selain itu, pelarut etanol lebih aman dan tidak toksik dibandingkan dengan pelarut metanol (Tiwari et al. 2011). Setelah direndam selama empat hari sambil sesekali diaduk didapat ekstrak daun ketapang berwarna coklat kehijauan.



Gambar 4.1 ekstrak daun ketapang

Ekstrak daun ketapang selanjutnya diuapkan dengan menggunakan *rotary evaporator* dengan tujuan untuk menguapkan pelarut sehingga didapatkan ekstrak daun ketapang murni.



Gambar 4.2 proses penguapan menggunakan *rotary evaporator*

B. Sintesis SnO₂NPs menggunakan ekstrak daun ketapang

Biosintesis SnO₂NPs dalam penelitian ini menggunakan pendekatan *bottom-up* dimana reaksi yang terjadi adalah reaksi reduksi atau oksidasi (Sari et al. 2017). Dalam penelitian ini, timah (II) klorida dihidrat (SnCl₂·2H₂O) digunakan sebagai prekursor yang dilarutkan dalam aquades, setelah itu ditambahkan ekstrak daun ketapang yang dipanaskan selama 1 jam 45 menit pada suhu 80-85°C disertai pengadukan, fungsi pemanasan dan pengadukan adalah untuk mempercepat proses reaksi pembentukan nanopartikel Sn (Sn⁰). Pengadukan secara terus menerus selama sintesis dapat mempengaruhi kecepatan pembentukan nanopartikel dan jumlah nanopartikel yang dihasilkan serta mampu mencegah terjadinya agregasi antar nanopartikel

sehingga nanopartikel dapat terdistribusi secara merata (Matutu et al. 2016). Sedangkan temperatur 80-85°C dipilih karena menurut Ibrahim (2015) pada temperatur tersebut, senyawa antioksidan dan senyawa metabolit sekunder dapat digunakan secara optimum tanpa adanya kerusakan gugus fungsi. Ekstrak daun ketapang digunakan sebagai reduktor. Menurut Fabiani et al. (2018), Pembuatan nanopartikel terjadi akibat proses reduksi dari senyawa metabolit sekunder, yaitu senyawa fenolik seperti flavonoid dan tanin. Daun ketapang mengandung senyawa seperti tanin, fenolik, saponin, dan flavonoid, konsentrasi tertinggi ditemukan pada daun muda dan kandungan kimia yang dimiliki daun ketapang juga memiliki aktivitas antibakteri (Akharaiyi et al. 2011).

Senyawa metabolit sekunder seperti polifenol berperan sebagai reduktor yang mengalami reaksi oksidasi, sedangkan SnCl_2 berperan sebagai oksidator yang mengalami reaksi reduksi. Reaksi oksidasi pada senyawa metabolit sekunder (polifenol) akan menghasilkan elektron yang akan mendonorkan elektronnya untuk mengubah ion Sn^{2+} menjadi Sn^0 (Sujatmiko, 2020).

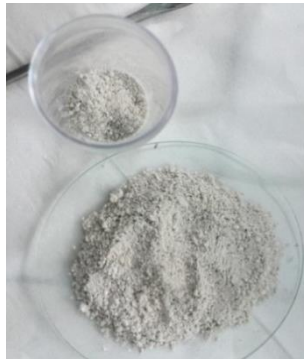
Campuran antara timah (II) klorida dihidrat ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang berwarna putih dengan ekstrak daun ketapang yang berwarna coklat kehijauan menghasilkan larutan berwarna hijau muda dan setelah dipanaskan selama 1 jam 45 menit, larutan tersebut berubah warna menjadi hijau tua.



Gambar 4.3 Campuran ekstrak daun ketapang dan $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Perubahan warna menjadi salah satu indikator terbentuknya nanopartikel, hal ini terjadi akibat proses oksidasi reduksi antara logam Sn^{2+} dengan ekstrak daun ketapang (Haryani et al. 2016). Selain itu, salah satu indikator terbentuknya nanopartikel adalah dengan terbentuknya endapan setelah dilakukan pengadukan dalam waktu tertentu (Elango et al. 2015).

Pembentukan nanopartikel SnO₂ dilakukan melalui proses kalsinasi menggunakan suhu 400°C, fungsi dilakukannya kalsinasi adalah untuk mengoksidasi nanopartikel Sn menjadi SnO₂ (Rahman, 2019). Digunakan suhu 400°C merujuk pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Rahman (2019) dan Saba (2019). Dari penelitian tersebut berhasil disintesis nanopartikel SnO₂. Sn merupakan elemen yang sangat reaktif, sehingga sangat mudah terbentuk SnO₂ selama pemanasan (Rahman, 2019). Proses pemanasan terjadi pada temperatur tertentu dengan kandungan gas oksigen didalamnya sehingga spesi logam akan mudah teroksidasi menjadi bentuk oksida logamnya (Rahman, 2019). SnO₂NPs yang terbentuk berupa serbuk dengan warna putih keabuan.



Gambar 4.4 SnO₂NPs yang terbentuk setelah dikalsinasi

Untuk mengetahui SnO₂NPs sudah terbentuk dan dapat diaplikasikan sebagai fotokatalis maka dilakukan proses karakterisasi menggunakan FTIR, SEM-EDX dan DR-UV.

C. Karakterisasi SnO₂NPs dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

Karakterisasi menggunakan FTIR berfungsi untuk mengetahui keberadaan SnO₂NPs dan gugus fungsi yang berperan dalam proses reduksi ion Sn²⁺ menjadi Sn⁰. Pengujian FTIR dilakukan pada ekstrak daun ketapang (gambar 4.5) dan SnO₂NPs dengan ekstrak daun ketapang sebagai agen pereduksi (gambar 4.6). Hasil FTIR pada ekstrak daun ketapang menunjukkan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 3377,35 cm⁻¹ membentuk gugus hidroksil O-H dengan tipe senyawa fenol, hal ini diperkuat dengan munculnya vibrasi rentangan C-O untuk fenol pada bilangan gelombang 1217,59 cm⁻¹. Hal yang sama dilakukan oleh Eriani, (2017) yang menunjukkan hasil serapan pada bilangan gelombang 3388,11 cm⁻¹ yang membentuk gugus O-H dengan tipe senyawa fenol. Bilangan gelombang 1449,68 cm⁻¹ dan 1360,60 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C=C dengan tipe senyawa cincin aromatik dibuktikan dengan adanya vibrasi bengkok =C-H keluar bidang pada

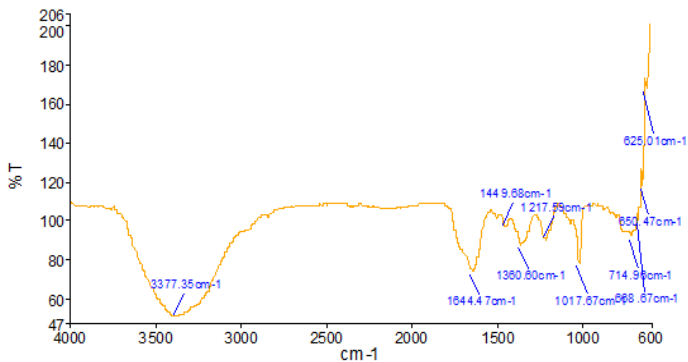
bilangan gelombang 715 cm^{-1} , hal yang sama dilakukan oleh Putri et al. (2017) yang mengatakan pada bilangan gelombang 1367,77 cm^{-1} dan 1460 cm^{-1} diindikasikan adanya senyawa aromatik. Bilangan gelombang 1017,67 cm^{-1} dengan intensitas kuat membentuk ikatan C-O dengan tipe senyawa alkohol. Hal yang sama dilakukan Hasna (2021) yang mengatakan pada bilangan gelombang 1029,78 cm^{-1} dengan intensitas kuat membentuk ikatan C-O alkohol.

Tabel 4.1 serapan spektra FTIR ekstrak daun ketapang

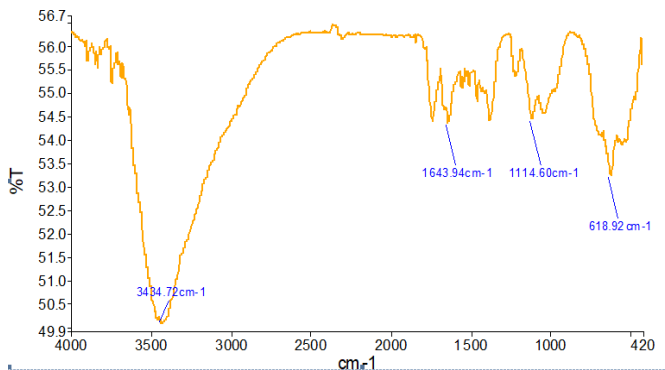
Bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus fungsi	Senyawa
3377,35 cm^{-1}	O-H	Fenol
1217,59 cm^{-1}	C-O	Fenol
1449,68 cm^{-1}	C=C	Cincin aromatik
1360,60 cm^{-1}	C=C	Cincin aromatik
715 cm^{-1}	=C-H	Cincin aromatik
1017,67 cm^{-1}	C-O	Alkohol

Daun ketapang memiliki senyawa fenolik dan tanin, hal ini dibuktikan dengan adanya gugus fungsi -OH dan senyawa tersebut dapat digunakan untuk mengurangi kadar pencemaran air limbah (Rusnaenah et al. 2017). Hal ini diperkuat dengan hasil *screening* fitokimia ekstrak daun ketapang yang menunjukkan bahwa ekstrak daun

ketapang mengandung senyawa flavonoid, tanin dan fenolik. Salah satu keunikan dari senyawa polifenol ialah memiliki gugus O-H serta beberapa cincin aromatik yang ditandai dengan gugus C=C aromatik (Khosiatur, 2016). Sehingga dari data FTIR ekstrak daun ketapang, dapat dikatakan bahwa ekstrak daun ketapang mengandung senyawa polifenol karena terdapat gugus O-H dan gugus C=C aromatik.



Gambar 4.5 Spektrum FTIR ekstrak daun ketapang



Gambar 4.6 Spektrum FTIR SnO₂NPs

Menurut Dh et al. (2016) molekul aktif dalam flavonoid dan tanin berperan dalam mereduksi logam dan adanya pembentukan nanopartikel. Sedangkan menurut Saba (2019) senyawa flavonoid dapat digunakan sebagai agen pereduksi logam.

Pada gambar 4.6 dilakukan analisis FTIR terhadap SnO₂NPs dengan ekstrak daun ketapang sebagai agen pereduksi, hasil analisis pada bilangan gelombang 3434,72 cm⁻¹ dan 1643,94 cm⁻¹ menunjukkan adanya ikatan hidrogen dari regangan O-H dan vibrasi tekuk O-H untuk molekul air. Hal ini sesuai dengan penelitian Karthik et al. (2019) yang mengatakan bahwa pada bilangan gelombang 3437 cm⁻¹ dan 1646 cm⁻¹ menunjukkan adanya regangan O-H dan vibrasi tekuk O-H untuk molekul air. Pada bilangan gelombang 618,92 cm⁻¹ menunjukkan adanya peregangan asimetris dari senyawa O-Sn-O hal ini sesuai dengan penelitian Senthilkumar & Rajendran (2017) yang mengatakan pada bilangan gelombang 600-700 cm⁻¹ ditetapkan sebagai rentangan asimetris dari O-Sn-O, hal ini diperkuat dengan penelitian Lu et al. (2006) yang mengatakan bahwa puncak tajam dalam rentang 400-1000 cm⁻¹ disebabkan oleh peregangan Sn-O dan penelitian Karthik et al. (2019)

yang mengatakan pada bilangan gelombang 670 cm^{-1} terjadi rentangan asimetris O-Sn-O dari SnO_2 .

Dari gugus fungsi yang dihasilkan spektrum FTIR dapat dikonfirmasi bahwa terbentuk SnO_2NPs pada hasil *green synthesis* $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ menggunakan bioreduktor ekstrak daun ketapang.

Tabel 4.2 serapan spektra FTIR SnO_2NPs

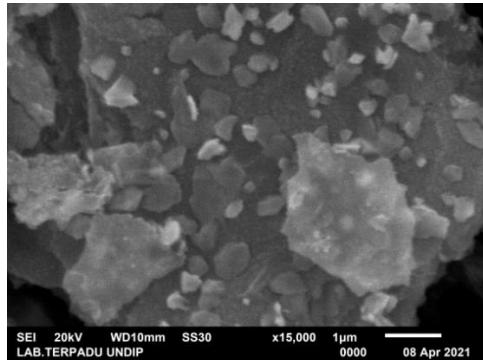
Frekuensi (cm^{-1})	Gugus fungsi	Senyawa
3424,72 cm^{-1}	O-H	Air
1643,94 cm^{-1}	O-H	Air
618,92 cm^{-1}		O-Sn-O

D. Karakterisasi SnO_2NPs dengan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX)

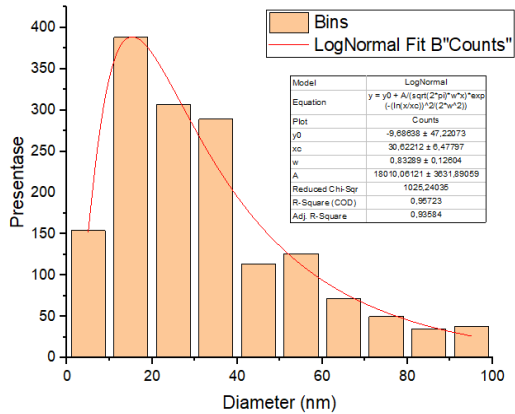
Tujuan karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* adalah untuk mengetahui bentuk morfologi dari SnO_2NPs sedangkan karakterisasi menggunakan *Energy Dispersive X-Ray* adalah untuk mengetahui komposisi kandungan unsur penyusun dari SnO_2NPs .

Hasil karakterisasi menggunakan SEM ditunjukkan pada gambar 4.7. *Green synthesis* SnO_2NPs memiliki morfologi serpihan dan bentuk yang tidak beraturan. Hal ini serupa dengan penelitian Elango et al. (2015) yang telah berhasil melakukan sintesis nanopartikel SnO_2

menggunakan ekstrak metanol buah alpukat dengan hasil serpihan tipis dan tidak beraturan.



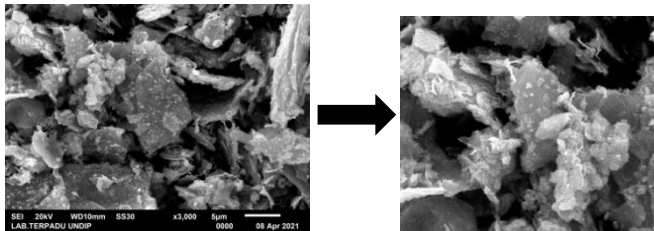
Gambar 4.7 Hasil SEM SnO₂NPs pada perbesaran 15.000



Gambar 4.8 Grafik distribusi ukuran partikel SnO₂NPs

Berdasarkan data SEM dapat diketahui distribusi ukuran partikel menggunakan aplikasi imagej dan originlab, Didapat distribusi ukuran partikelnya sebesar

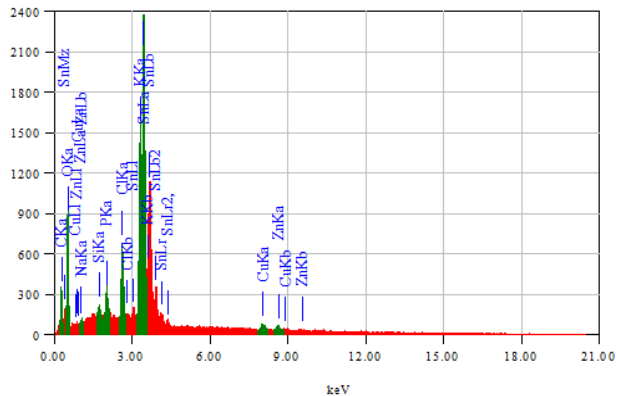
30,62212 ± 6,47797 nm, sehingga bisa dikatakan nanopartikel SnO₂ berhasil disintesis sesuai dengan pengertian menurut Abdullah et al. (2008) yang mengatakan ukuran partikel nanopartikel memiliki ukuran dibawah 100 nm. Rahman (2019) melakukan penelitian biosintesis nanopartikel SnO₂ menggunakan ekstrak daun bayam merah, didapat ukuran rata-rata partikel sebesar 41,5 nm, sedangkan Karthik et al. (2019) melakukan biosintesis nanopartikel SnO₂ menggunakan *Andrographis paniculata* dan didapat ukuran partikelnya sebesar 27 nm.



Gambar 4.9 Hasil SEM SnO₂NPs pada perbesaran 3000

Pada gambar 4.9 Terlihat jelas pada perbesaran 3000x SnO₂NPs mengalami agregasi hal ini dikarenakan pada saat dilakukan proses sintesis, pengadukan tidak dilakukan secara kontinu, karena pengadukan dilakukan secara manual menggunakan tangan, menurut Matutu et al. (2016) proses pengadukan menjadi salah satu faktor dalam mempengaruhi kecepatan pembentukan nanopartikel dan jumlah nanopartikel yang dihasilkan.

Pengadukan secara kontinu mampu mencegah adanya agregasi antar nanopartikel sehingga terdistribusi secara merata didalam larutan. Sedangkan menurut Rahman (2019) terbentuknya agregat terjadi karena prekursor yang digunakan masih tergolong besar konsentrasinya yaitu 0,1 M $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, semakin besar konsentrasi prekursor yang digunakan, maka menyebabkan semakin banyak ion Sn^{2+} yang harus direduksi hal ini menyebabkan fungsi dari ekstrak daun sebagai agen reduksi dan stabilisator berkurang dan menyebabkan terjadinya agregasi (Khosiatur, 2016).



Gambar 4.10 Hasil komposisi unsur SnO_2NPs menggunakan instrument EDX

Gambar 4.10 menjelaskan mengenai banyaknya jumlah unsur penyusun SnO_2NPs menggunakan instrumen EDX. Dari hasil tersebut dapat diketahui

sampel tersebut mengandung unsur timah (Sn), Oksigen (O) serta unsur-unsur lain seperti K, C, Na, Si dan lain-lain. Unsur selain Sn dan O dimungkinkan berasal dari ekstrak daun ketapang.

Tabel 4.4 menunjukkan persentase kandungan unsur SnO₂NPs dari 100% untuk unsur timah (Sn) sebesar 39,40 % sedangkan untuk unsur oksigen (O) sebesar 34,65% dan dapat diketahui juga masih terdapat unsur lain seperti C, Na, Si. Terdapatnya unsur-unsur selain Sn dan O tersebut dimungkinkan berasal dari ekstrak daun ketapang.

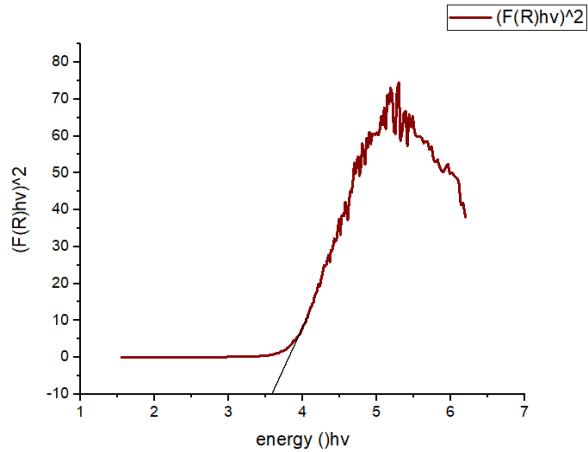
Tabel 4.4 komposisi unsur penyusun SnO₂NPs

Unsur	Persen massa (%)	Persen atom (%)
C	10,78	23,75
O	34,65	57,28
Na	0,33	0,38
Si	0,32	0,30
P	1,05	0,90
Cl	2,69	2,00
K	8,20	5,55
Cu	1,36	0,57
Zn	1,23	0,50
Sn	39,40	8,78
TOTAL	100	100

E. Karakterisasi SnO₂NPs dengan Diffuse Reflectant (DR) UV Visible

Karakterisasi SnO₂NPs menggunakan instrumen DR-UV berfungsi untuk mengetahui energy *band gap* pada suatu material (Saba, 2019). Pengukuran energy *band*

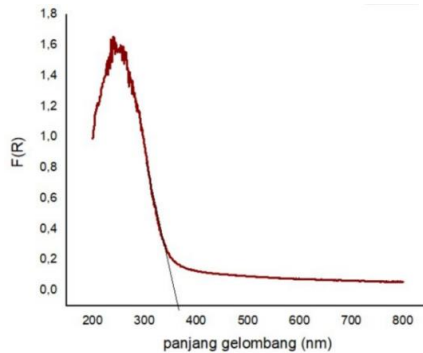
gap merupakan parameter yang sangat penting karena kerja logam semikonduktor yang dipengaruhi oleh *energy band gap* (Rahman, 2019).



Gambar 4.11 Hasil *spectra* DR-UV SnO₂NPs

Perhitungan dilakukan pada setiap sampel dengan menggunakan metode Kubelka Munk. Penentuan energi *band gap* dilakukan dengan membuat kurva hubungan antara $(F(R)hv)^2$ dengan energi (hv) yang dapat dilihat pada gambar 4.11, sehingga diperoleh *energy* celah pita sebesar 3,58 eV. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai teoritik *energy band gap* dari SnO₂ murni dalam keadaan *bulk* yaitu sebesar 3,6 eV akan tetapi, penurunan energi *band gap* hasil sintesis SnO₂NPs tidak terlalu signifikan yaitu sebesar 0,02 eV, sehingga masih memiliki

aktivitas fotokatalis yang baik pada daerah UV (Fraditasari et al. 2015).



Gambar 4.12 Hubungan panjang gelombang dengan faktor Kubelka-Munk

Nanopartikel SnO_2 dianalisis pada panjang gelombang 200-800 nm dengan menggunakan persamaan Kubelka-Munk yang dibuat kurva antara panjang gelombang dengan faktor Kubelka-Munk $F(R)$. berdasarkan gambar 4.12 diperoleh bahwa nanopartikel SnO_2 memiliki serapan pada daerah UV dengan panjang gelombang 364 nm. Menurut Susanti et al. (2012) rentang panjang gelombang pada daerah UV berada pada panjang gelombang 200-400 nm.

F. Aplikasi SnO_2NPs untuk degradasi zat warna congo red

Empat komponen utama dalam reaksi fotodegradasi, adalah : fotokatalis, senyawa target, sumber cahaya, dan

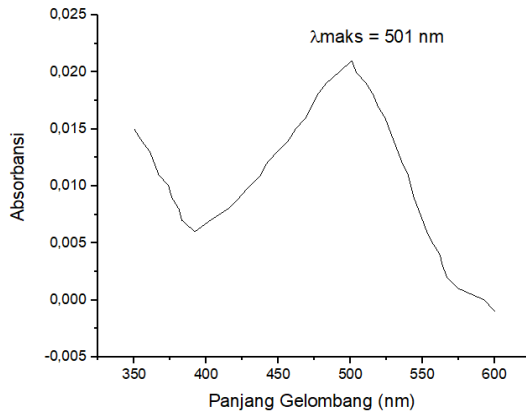
oksigen (O_2) (Wijaya, 2006). Pada penelitian ini, fotokatalis yang digunakan adalah SnO_2 NPs, senyawa target berupa zat warna *congo red*, sumber cahaya (foton) berasal dari lampu sinar UV dan oksigen sebagai penangkap elektron.

1. Penentuan panjang gelombang maksimum *congo red*

Panjang gelombang (λ) maksimum memberikan nilai absorbansi tertinggi dari senyawa yang diukur. Penentuan panjang gelombang (λ) maksimum dilakukan untuk mendapatkan kondisi analisis dengan kepekaan yang tinggi dan kesalahan yang kecil sehingga dapat digunakan untuk analisis larutan (Agusty & Prima, 2012). Selain itu panjang gelombang (λ) maksimum dapat digunakan dalam menentukan kurva kalibrasi standar (Nasution et al., 2019).

Gambar 4.13 menunjukkan panjang gelombang (λ) maksimum *congo red* didapat dari absorbansi tertinggi dengan konsentrasi *congo red* 10 ppm menggunakan spektrofotometer UV-VIS dengan rentang panjang gelombang 350-600 nm, didapat panjang gelombang (λ) maksimum *congo red* sebesar 501 nm. Hal tersebut sama dengan penelitian Sugiharto et al. (2006) yang mengatakan bahwa

panjang gelombang (λ) maksimum untuk larutan *congo red* yang sesuai adalah 501 nm. Selanjutnya panjang gelombang (λ) maksimum *congo red* digunakan untuk menentukan kurva kalibrasi standar.



Gambar 4.13 Panjang gelombang maksimum *congo red*

2. Kurva kalibrasi standar *congo red*

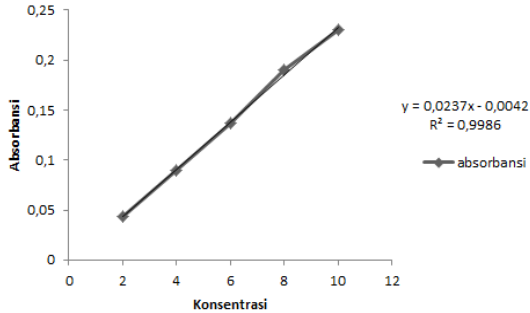
Kurva kalibrasi standar merupakan grafik yang menghubungkan konsentrasi (x) dengan absorbansi (y), sehingga membentuk garis linear (lurus) menggunakan spektrofotometer UV-VIS (Nasution et al. 2019). Kurva standar *congo red* dilakukan pada konsentrasi larutan standar sebesar 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm. Larutan standar tersebut diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang

(λ) maksimum *congo red* yaitu 501 nm. Nilai absorbansi yang didapatkan selanjutnya digunakan untuk menentukan persamaan linear $y = ax + b$.

Tabel 4.5 Data pengukuran larutan standar *congo red*

Konsentrasi larutan standar <i>congo red</i> (ppm)	Absorbansi
2	0,043
4	0,09
6	0,137
8	0,19
10	0,23

Dalam penelitian ini didapatkan persamaan regresi linear $y = 0,0237x - 0,0042$ dengan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9986 dan koefisien korelasi (r) sebesar 0,9992. Hal tersebut menunjukkan bahwa uji linieritas yang dilakukan telah memenuhi syarat menurut SNI 06-6989.31-25 dengan koefisien korelasi $\geq 0,97$ dan menurut (Nasution et al. 2019) ketika koefisien relasi (r) mendekati 1 atau sama dengan 1, maka linearitasnya semakin baik. Hasil kurva kalibrasi standar dapat dilihat pada gambar 4.14



Gambar 4.14 Kurva kalibrasi standar

3. Penentuan pH optimum fotodegradasi *congo red*

pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja suatu fotokatalis dalam mendegradasi zat warna (Wijaya, 2006). Zat warna *congo red* merupakan salah satu indikator asam-basa, karena pada pH 3 dan 4 zat warna *congo red* akan berubah warna menjadi biru, pada pH asam lemah, zat warna *congo red* berubah warna menjadi ungu dan pada pH basa zat warna *congo red* berubah warna menjadi merah muda (Setyaningtyas & Sulaeman, 2007).

Untuk menentukan pH optimum, larutan zat warna *congo red* ditambahkan dengan 10 mg SnO₂NPs dengan berbagai varian pH (3, 5, 7, 9, dan 12) dan konsentrasi zat warna *congo red* sebesar 10 ppm. Pada masing-masing kondisi pH, larutan diiradiasi menggunakan lampu ultraviolet (UV)

didalam fotoreaktor selama 60 menit, setelah itu larutan disentrifugasi dengan tujuan untuk memisahkan antara suspensi dan filtrat. Filtrat yang didapat selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-VIS. Absorbansi untuk masing-masing pH dapat dilihat pada tabel 4.6

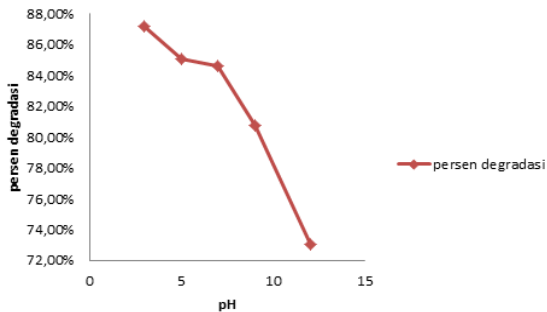
Tabel 4.6 Data absorbansi variasi pH

pH zat warna <i>congo red</i>	Absorbansi
3	0,010
5	0,015
7	0,016
9	0,025
12	0,043

Dari data absorbansi tersebut, maka dapat dihitung persen degradasi menggunakan rumus :

$$\% \text{ degradasi} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100\% \quad (\text{Saba, 2019})$$

Hasil persen degradasi dari setiap variasi pH dapat dilihat pada gambar 4.15



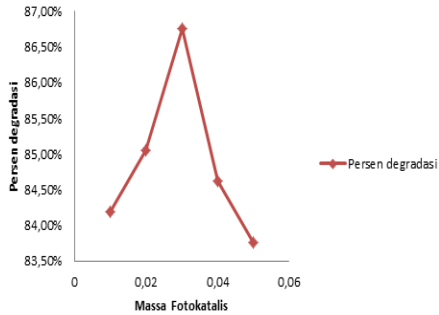
Gambar 4.15 Persen degradasi variasi pH

Dapat dilihat persen degradasi tertinggi dihasilkan pada pH 3, yaitu sebesar 94,01% sedangkan untuk pH 5, 7, 9 dan 12 memiliki persen degradasi masing-masing sebesar 91,90%, 91,48%, 87,68%, dan 80,09%. Dari gambar 4.15 diketahui bahwa semakin tinggi pH larutan maka semakin kecil nilai persen degradasi, hal ini dikarenakan zat warna *congo red* merupakan zat warna anionik (bermuatan negatif) karena zat warna *congo red* memiliki gugus SO_3^- yang bermuatan negatif (Setyaningtyas & Sulaeman, 2007). Sedangkan permukaan SnO_2NPs dalam keadaan asam bermuatan positif yang ditutupi oleh ion H^+ (kation) sehingga interaksi antar muatan yang berlawanan semakin besar (Paramarta et al. 2017). Dalam keadaan basa permukaan SnO_2NPs bermuatan negatif dan ditutupi oleh ion OH^- sehingga kurang efektif dalam mendegradasi senyawa anionik (zat warna *congo red*) (Paramarta et al. 2017). Hal ini diperkuat dengan teori pH_{pzc} (*point of zero charge*). Menurut Dewi & Ridwan (2012) Nilai pH_{pzc} adalah nilai pH ketika permukaan suatu oksida bermuatan netral. SnO_2 memiliki *point of zero charge* (pH_{pzc}) = 4-5, dimana permukaan SnO_2 akan bermuatan positif

ketika berada pada kondisi asam ($\text{pH} < 4\text{-}5$) dan sebaliknya permukaan SnO_2 akan bermuatan negatif ketika berada pada kondisi basa ($\text{pH} > 4\text{-}5$) (Park et al. 2003). Sehingga dalam keadaan basa menyebabkan adanya efek tolak menolak, dan adsorpsi zat warna *congo red* cenderung menurun (Setyaningtyas & Sulaeman, 2007). Hal ini mengakibatkan zat warna *congo red* kurang efektif terdegradasi dalam keadaan basa. Hal yang sama juga didapatkan dari penelitian Diantariani et al. (2016) yang menunjukkan bahwa degradasi optimum zat warna *congo red* terjadi pada pH asam (pH 5).

4. Penentuan massa fotokatalis optimum SnO_2NPs

Untuk menentukan massa fotokatalis optimum, larutan zat warna *congo red* ditambahkan dengan berbagai variasi massa sebesar 10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg, dan 50 mg. Setelah itu pH fotokatalis SnO_2NPs diatur pada pH optimum (pH 3), hasil optimasi massa fotokatalis SnO_2NPs dapat dilihat pada gambar 4.16



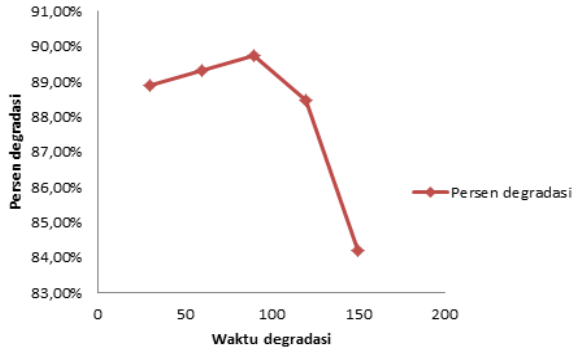
Gambar 4.16 Persen degradasi variasi massa fotokatalis

Berdasarkan gambar 4.16, persen degradasi massa fotokatalis pada variasi 10 mg, 20 mg, 30 mg, 40 mg dan 50 mg berturut-turut adalah 91,06%, 91,90%, 93,59%, 91,48%, dan 90,64%. Persen degradasi zat warna *congo red* meningkat seiring dengan penambahan massa fotokatalis SnO₂NPs. Menurut Nugroho dan Fajriati (2017) massa fotokatalis yang terlalu sedikit menghasilkan persen degradasi yang rendah, namun pada penambahan massa fotokatalis sebesar 40 mg, terjadi penurunan degradasi dikarenakan terbentuknya aglomerat yang terlalu banyak sehingga sisi aktif permukaan fotokatalis tertutup, hal ini menyebabkan absorpsi sinar UV kurang maksimal dan mengakibatkan penurunan persen degradasi (Sholikhah et al. 2019). Selain itu penurunan persen degradasi zat warna

congo red dapat disebabkan oleh adanya peningkatan turbiditas didalam larutan karena meningkatnya konsentrasi fotokatalis, hal ini menyebabkan intensitas sinar UV yang diabsorpsi oleh permukaan fotokatalis menurun sehingga menyebabkan radikal hidroksil yang terbentuk menjadi lebih sedikit dan kemampuan mendegradasi zat warna menjadi berkurang (Sholikhah et al. 2019).

5. Penentuan waktu kontak optimum

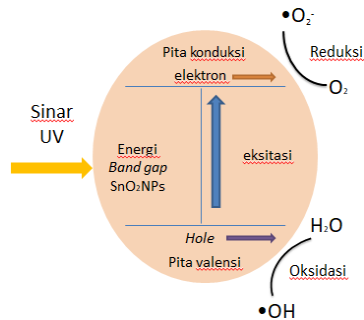
Penentuan waktu optimum degradasi zat warna *congo red* dilakukan pada pH (pH 3) dan massa optimum fotokatalis (30 mg) yang telah diperoleh. Penentuan waktu optimum bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan katalis untuk mendegradasi limbah cair (zat warna *congo red*) dalam jumlah tertinggi (Setiyawati et al. 2020). Hasil waktu kontak optimum fotodegradasi zat warna *congo red* dapat dilihat pada gambar 4.17



Gambar 4.17 Persen degradasi variasi waktu optimum

Berdasarkan gambar 4.17 Persen degradasi meningkat seiring bertambahnya waktu yakni pada menit ke-30 sampai menit ke-90 dengan persen degradasi tertinggi diperoleh pada waktu 90 menit, yaitu sebesar 96,55%. Semakin banyak katalis yang diradiasi menggunakan sinar UV, maka semakin banyak foton yang mengenai katalis, akibatnya didalam fotokatalis akan terjadi eksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi yang menghasilkan elektron dan dimana pita valensi membentuk *hole* (h^+). Banyaknya *hole* (h^+) dan elektron (e^-) membuat semakin banyak OH radikal ($\bullet OH$) dan radikal superoksida ($\bullet O_2^-$) yang akan mengoksidasi zat warna *congo red*. Radikal-radikal tersebut terus terbentuk selama katalis (SnO_2NPs)

diradiasi oleh sinar UV dan akan terus menyerang zat warna *congo red* yang terletak dipermukaan katalis, sehingga zat warna *congo red* akan mengalami degradasi. Oleh karena itu semakin lama katalis diradiasi sinar UV, maka semakin banyak zat warna *congo red* yang terdegradasi (Sugiharto et al. 2006).



Gambar 4.18 Mekanisme reaksi fotokatalis

Namun pada menit ke-120 terjadi penurunan sampai pada menit ke-150 dengan persen degradasi berturut-turut 95,70% dan 91,06%. Penurunan persen degradasi terjadi karena katalis mengalami kejenuhan dalam mengadsorpsi zat warna (Anggarayanti et al. 2016). Sehingga dapat dikatakan waktu optimum dalam mendegradasi zat warna *congo red* menggunakan SnO₂NPs adalah 90 menit.

BAB V

Simpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian *green synthesis* SnO₂NPs menggunakan bioreduktor ekstrak daun ketapang, maka dapat disimpulkan :

1. Karakterisasi SnO₂NPs menunjukkan bahwa dari hasil *green synthesis*, SnO₂NPs memiliki distribusi ukuran partikel $30,62212 \pm 6,47797$ nm serta energi *band gap* sebesar 3,58 eV.
2. SnO₂NPs memiliki efektivitas sebagai fotokatalis, karena SnO₂NPs mampu mendegradasi zat warna *congo red*. Untuk variasi pH, persen degradasi tertinggi berada pada pH 3 yaitu sebesar 94,01 %. Sedangkan untuk variasi massa fotokatalis, persen degradasi tertinggi berada pada massa fotokatalis 30 mg, dengan persen degradasi sebesar 93,59% dan untuk variasi waktu optimum, persen degradasi tertinggi berada di waktu 90 menit, dengan persen degradasi sebesar 96,55%.

B. Saran

1. Pada sintesis SnO₂NPs perlu dilakukan variasi konsentrasi dari prekursor SnCl₂.2H₂O untuk

mengetahui pengaruh konsentrasi prekursor terhadap terbentuknya agregat.

2. Perlu dilakukan uji fotodegradasi zat warna *congo red* pada pH dibawah 3 untuk mengetahui apakah pada pH tersebut (pH <3) memiliki persen degradasi lebih tinggi atau tidak.
3. Perlu dilakukan pemasakan menggunakan *magnetic stirrer* agar pengadukan dan pemanasan bisa dilakukan secara kontinu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M., Virgus, Y., Nirmin, & Khairurrijal. 2008. Review: Sintesis Nanomaterial. *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 1(2), 33–57.
- Agusty, & Prima, I. 2012. Penggunaan Zeolit Terimpregnasi TiO₂ untuk Mendegradasi Zat Warna Congo Red. 2.
- Akharaiyi, F. C., Ilori, R. M., & Adesida, J. A. 2011. *Antibacterial Effect of Terminalia Catappa on Some Selected Pathogenic Bacteria*. 2(2), 64–67.
- Anggarayanti, N. L. E., Simpen, I. N., & Suastuti, N. G. A. M. A. 2016. Sintesis dan Karakterisasi Komposit Kaolin Cr2O₃ serta Pemanfaatannya Sebagai Fotokatalis Dalam Mendegradasi Zat Warna *Remazol Brilliant Orange*. 10.
- Anugrah, R. 2019. Biodekolorisasi Zat Warna *Congo Red* dan Limbah Industri Tekstil menggunakan Bakteri *Aeromonas Jandaei*.
- Arutanti, O. 2009. Penjernihan Air dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO₂) Penjernihan Air Dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis. *Nanosains & Nanoteknologi*, ISSN 1979-0880, 4.
- Ayu, I. G., Saraswati, A., Diantariani, N. P., & Suarya, P. 2015. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil *Congo Red* dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif dan Sinar Ultraviolet (UV).

175–182.

- Carrillo-López, L. M., Zavaleta-Mancera, H. A., Vilchis-Nestor, A., Soto-Hernández, R. M., Arenas-Alatorre, J., Trejo-Téllez, L. I., & Gómez-Merino, F. 2014. *Biosynthesis of silver nanoparticles using Chenopodium ambrosioides. Journal of Nanomaterials, 2014.*
- Dewi, S. H., & Ridwan. 2012. Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Fe₃O₄ Magnetik untuk Adsorpsi Kromium Heksavalen.
- Dh, R., Jalill, A., Nuaman, R. S., & Abd, A. N. 2016. *Biological Synthesis of Titanium Dioxide Nanoparticles by Curcuma Longa Plant Extract and Study its Biological Properties. 49(2), 204–222.*
- Diantariani, N. P., Suprihatin, I. E., & Widihati, I. A. G. 2016. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil *Metyhlene Blue* dan *Congo Red* menggunakan Komposit ZnO-AA dan Sinar UV. *January.*
- Diantariani, N. P., Widihati, I. gede, & Suprihatin, I. 2016. Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Methylene Blue dan Congo Red Menggunakan Komposit ZnO-AA dan Sinar UV. *January.*
- Dong, H., Zeng, G., Tang, L., & Fan, C. 2015. An Overview on Limitations of TiO₂ -Based Particles for Photocatalytic Degradation of Organic Pollutants and the

- Corresponding Countermeasures. *Water Research*, 79, 128–146.
- Elango, G., Kumaran, S. M., Kumar, S. S., Muthuraja, S., & Roopan, S. M. 2015. *Green synthesis of SnO₂ nanoparticles and its photocatalytic activity of phenolsulfonphthalein dye. Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 145, 176–180.
- Elumalai, E. ., Prasad, T. N. V. K. ., Nagajyothi, P. ., & David, E. 2011. *A bird's Eye View on Biogenic Silver nanoparticles and their Applications. Der Chemica Sinica*, 2(2), 88–97.
- Eriani, W. 2017. Pengaruh Waktu Maserasi, Perlakuan Bahan dan Zat Fiksasi Pada Pembuatan Warna Alami Daun Ketapang (*Terminalia catappa L.*). *Universitas Muhammadiyah Surakarta*, 1(1), 1–19.
- Fabiani, V. A., Sutanti, F., Silvia, D., & Putri, M. A. 2018. *Green Synthesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Pucuk Idat (Cratoxylum Glaucum) sebagai Bioreduktor. Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1(2), 68.
- Fatihin, S. 2016. Bioreduktor Ekstrak Aquades Buah Jambu Biji Merah (*Psidium Guajava L .*) dan Iradiasi Microwave. *FMIPA-Universitas Negeri Malang*, 7–18.
- Fatimah, I., Helga, Z., & Irgani, V. 2019. *Green Chemistry Letters and Reviews Characteristics and Antibacterial Activity of*

Green Synthesized Silver Nanoparticles Using Red Spinach (Amaranthus Tricolor L.) Leaf Extract. 8253.

- Febrian. 2014. Biosintesis Komposit Grafena Oksida Tereduksi/SnO₂ menggunakan Ekstrak Daun Matoa (*Pometia Pinnata*) untuk Degradasi Fotokatalitik Biru Metilena. 7(2), 125–133.
- Fraditasari et al. 2015. Degradasi Methyl Orange Menggunakan Fotokatalis TiO₂-N: Kajian Pengaruh Sinar dan Konsentrasi TiO₂-N. *Kimia Student*, 1(1), 606–612.
- Gunawan, B., & Azhari, C. D. 2007. Karakterisasi Spektrofotometri IR dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) Sensor Gas dari Bahan Polimer *polyethelyn Glycol* (PEG). 1–17.
- Hakim, L. 2008. Kontrol Ukuran dan Dispersitas Nanopartikel Besi Oksida. 59.
- Haryani, Y., Kartika, G. F., Yuharmen, Putri, E. M., Alchalis, D. T., & Melanie, Y. 2016. Pemanfaatan Ekstrak Air Rimpang Jahe Merah (*Zingiber officinale*). *Chimica et Natura Acta Vol.*, 4, 151–155.
- Hasna, N. 2021. Pemanfaatan Daun ketapang (*Terminalia sp.*) sebagai Bioadsorben Zat Warna Sintesis Rhodamin B Teraktivasi Asam Fosfat (H₃PO₄). 3(2), 6.
- Ibrahim, H. M. M. 2015. *Green synthesis and characterization of*

- silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 8(3), 265–275.*
- Iftyna, D., Susanti, R., & Aprilianto, E. 2019. Sintesis Adsorben Komposit γ - Fe₂O₃ /SiO₂ Modifikasi Kuersetin untuk Mengurangi Limbah Tekstil Kongo Merah. 4, 5–8.
- Julkarnain, M., Mondal, A. K., Rahman, M., & Rana, S. 2013. *Preparation and Properties of Chemically Reduced Cu and Ag Nanoparticles. International Conference on Mechanical, Industrial and Materials Engineering, 2013 (November 2013), 1–3.*
- Karthik, K., Revathi, V., & Tatarchuk, T. 2019. *Microwave-assisted green synthesis of SnO₂ nanoparticles and their optical and photocatalytic properties. Molecular Crystals and Liquid Crystals, 671(1), 17–23.*
- Khosiatun. 2016. Biosintesis Nanopartikel Perak Dengan Reduktor Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* Linn.) dan Laju Pembentukannya. *Skripsi, Semarang, Universitas Negeri Semarang.*
- Kumar, V., & Yadav, S. K. 2009. *Plant-Mediated Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles and Their Applications. Journal of Chemical Technology and Biotechnology, 84(2),*
- Kundu, S., Ghosh, S. K., Mandal, M., & Pal, T. 2002. *Silver and*

- Gold Nanocluster Catalyzed Reduction of Methylene Blue by Arsine in Micellar Medium. Bulletin of Materials Science, 25(6), 577–579.*
- Lalena, J. N., Cleary, D. A., Carpenter, E. E., & Dean, N. F. 2007. *Inorganic Materials Synthesis and Fabrication. In Inorganic Materials Synthesis and Fabrication.*
- Lembang, M. S. 2014. Sintesis Nanopartikel Emas Dengan Metode Reduksi menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*).
- Lu, G., Huebner, K. L., Ocola, L. E., Gajdardziska-Josifovska, M., & Chen, J. 2006. *Gas sensors based on tin oxide nanoparticles synthesized from a mini-arc plasma source. Journal of Nanomaterials, 2006, 1–7.*
- Maddu, A., & Kurniati, M. 2009. Penumbuhan Film Nanokristal SnO₂ dengan Metode *Chemical Bath Deposition (CBD)*. *January.*
- Mano, T., Nishimoto, S., Kameshima, Y., & Miyake, M. 2014. *Water Treatment Efficacy of Various Metal Oxide Semiconductors for Photocatalytic Ozonation Under UV and Visible Light Irradiation.*
- Masakke, Y., Rasyid, M., Kimia, J., Fakultas, M., Alam, P., Negeri, U., Jl, M., & Tata, D. 2015. Biosintesis Partikel-Nano Perak menggunakan Ekstrak Metanol Daun Manggis (*Garcinia mangostana L.*). *IV(1), 28–41.*

- Matutu, J. M., Maming, & Taba, P. 2016. Sintesis Nanopartikel Perak dengan Metode Reduksi menggunakan Buah Merah (*Pandanus conoideus*) Sebagai Bioreduktor. 274–282.
- Melysa, Dr. Abrar, S.Si., M.Sc, Dr. H. Dani Gustaman Syarif, M. E. 2017. *Green Synthesis* dan Karakterisasi Fotokatalitik Nanopartikel ZnO. 4(1), 681–688.
- Mittal, amit kumar, Chisti, Y., & Chand, U. 2013. *Synthesis of Metallic Nanoparticles Using Plant Extracts. Biotechnology Advances*, 31(2), 346–356.
- Mustari, Evi.J, Aliefia Noor, Rifqi Almusawi Rafsanjani, Y. T. 2019. *Green-Synthesis* Nanopartikel SnO₂ Termediasi Ekstrak Daun Pelawan (*Tristanopsis merguensis Griff*). 4(1), 41–50.
- Nasution, A. Y., Mardhiyani, D., Putriani, K., Ananda, D., & Saputro, V. 2019. Perbandingan Kadar Vitamin C Pada Nanas Segar dan Keripik Nanas Dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *JOPS (Journal Of Pharmacy and Science)*, 3(1), 15–20.
- Nugroho, R. T., & Fajriati, I. 2017. Efektivitas Fotodegradasi Zat Warna Alizarine Red. S. 2(02), 26–37.
- Paramarta, V., Taufik, A., Munisa, L., & Saleh, R. 2017. *Sono- and Photocatalytic Activities of SnO₂ Nanoparticles for Degradation of Cationic and Anionic Dyes. 030125*, 1–8.

- Park, N., Kang, M. G., Ryu, K. S., Kim, K. M., & Chang, S. H. 2003. *Photovoltaic characteristics of dye-sensitized surface-modified nanocrystalline SnO₂ solar cells*. 6030.
- Purkait, M. K. 2007. *Removal of Congo Red Using Activated Carbon and its Regeneration*. Elsevier, 145, 287–295.
- Putri, K. A., Aisyah, A., Suriani, S., & Iswadi, I. 2017. Pengaruh Kandungan Senyawa pada Ekstrak Daun Ketapang n-Heksan, Etil Asetat, Metanol dan Campuran Terhadap Nilai Efisiensi Dye Sensitized Solar Cell (DSSC). *Al-Kimia*, 5(2), 170–180.
- Rahim, D. M., Herawati, N., & Hasri, H. 2020. Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Bioreduktor Ekstrak Daun Teh Hijau (*Camellia Sinensis*) dengan Iradiasi Microwave. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 21(1), 30.
- Rahman, R. 2019. Biosintesis Nanopartikel Timah (IV) Oksida (SnO₂) dengan Ekstrak Daun Bayam Merah (*Amaranthus Tricolor L.*) untuk Deteksi Logam Berat Merkuri (Hg(II)) secara Elektrokimia. Universitas Islam Indonesia.
- Rosalin, M. Y. 2017. Pemanfaatan Daun Ketapang (*Terminalia catappa*) sebagai Bioreduktor Sintesis Nanopartikel TiO₂ dan Analisis Sifat Antimikroba. 2017, 97–100.
- Roufina, R. 2014. Material Komposit TiO₂/Zeolit Alam Variasi Komposisi Anatas dan Rutil sebagai Fotokatalis pada

- Reaksi Estertifikasi Minyak Jelantah. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Rusnaenah, A., Zakir, M., & Budi, P. 2017. *Biosynthesis Of Silver Nanoparticles Using Ketapang Leaf Extract , Modification With p- Coumaric Acid For Detecting Melamine. Indonesian Journal of Chemical Science*, 4(2), 367–372.
- Saba, A. K. 2019. *Green Synthesis SnO₂NPs dengan Ekstrak Daun Bayam Merah (Amaranthus tricolor L.) untuk Aplikasi Fotodegradasi Zat Warna Bromophenol Blue. Universitas Islam Indonesia.*
- Sari, P. I., Firdaus, M. L., & Elvia, R. 2017. Pembuatan Nanopartikel Perak (NPP) dengan Bioreduktor Ekstrak Buah *Muntingia calabura L* Untuk Analisis Logam Merkuri *Abstrak. 1*(1), 20–26.
- Senthilkumar, S., & Rajendran, A. 2017. *Eco-friendly Synthesis and Characterization of Nanostructure SnO₂ Thin Films Using Citrus aurantifolia Peel Extract by Spin Coating Method. Journal of Nanomedicine Research*, December, 1–3.
- Setiyawati, D., Simpen, I. N., & Ratnayani, O. 2020. Fotodegradasi Zat Warna Limbah Cair Industri Pencelupan dengan Katalis Zeolit Alam/TiO₂ dan Sinar UV. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 8(1), 16–25.

- Setyaningtyas, T., & Sulaeman, U. 2007. Pengaruh pH Larutan dan Ukuran Partikel Abu Sekam Padi Terhadap Penurunan Kadar *Congo Red*. *2(1)*, 7-12.
- Setyawardhani, D. A., Saputri, C. M., & Ni'mah, N. 2021. Pembuatan dan Uji Organoleptik Hand Sanitizer dari Daun Mangga (*Mangifera indica*) dengan Metode Maserasi. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, *4(1)*, 1.
- Sharma, V. K., Yngard, R. A., & Lin, Y. 2009. *Silver Nanoparticles: Green Synthesis and Their Antimicrobial Activities*. *Advances in Colloid and Interface Science*, *145(1-2)*, 83-96.
- Sheila Margaretta, S. D. H. N. I. H. H. 2011. Ekstraksi Senyawa Phenolic Pandanus *Amaryllifolius* Roxb. Sebagai Antioksidan Alami. *Widya Teknik*, *10(1)*, 20-30.
- Sholikhah, H., Fajriati, I., Metode, B., & Pembahasan, H. 2019. Pengaruh Penambahan HNO_3 Terhadap Fotodegradasi Zat Warna Congo Red Menggunakan Fotokatalis TiO_2 . *2(1)*, 1-4.
- Soegianto, J. Y. . 2013. Penetapan Kandungan Senyawa Fenolik Total dan Uji Aktivitas Antioksidan Fraksi Etil Asetat Ekstrak Etanolik Herba Selada Air (*Nasturtium officinale R.Br.*) Dengan Menggunakan Metode DPPH. 120.
- Sucahya, T. N., Permatasari, N., Bayu, A., & Nandiyanto, D.

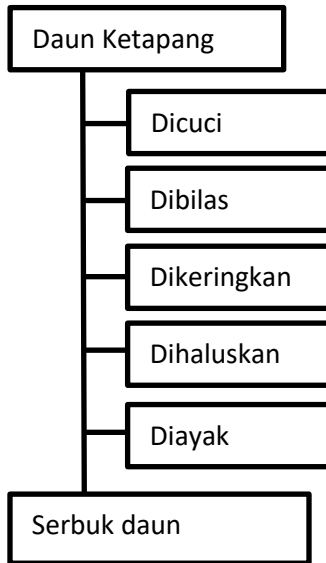
2016. *Review:Fotokatalis untuk Pengolahan Limbah Cair*. 6(1), 1–15.
- Sugiharto, E., Fatimah, I., Sudiono, S., & Kurniaysih, D. 2006. Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. 11(3), 199–209.
- Sujatmiko, F. (2020). *Tereduksi / SnO₂ Menggunakan Ekstrak Daun*.
- Sujatno, A., Salam, R., Dimiyati, A., Sains, P., & Maju, B. 2015. Studi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. 9(November), 44–50.
- Suryani, nyoman citra, Permana, dewa gede mayun, & Jembe, A. A. G. N. anom. 2015. pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Kandungan Total Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Matoa (*Pometia pinnata*). 1–10.
- Susanti, M., Dachriyanus, & Putra, D. P. 2012. Aktivitas Perlindungan Sinar UV Kulit Buah *Garcinia mangostana* Linn Secara *In Vitro*. 13(2).
- Thakkar, K. N., Mhatre, S. S., & Parikh, R. Y. 2010. *Biological Synthesis of Metallic Nanoparticles. Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 6(2), 257–262.
- Thomson, L. A. J., & Evans, B. 2018. *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry Terminalia Catappa (Tropical Almond)*. January 2006.

- Tiwari, P., Kumar, B., Gurpreet, K., & Kaur, H. 2011. *Phytochemical screening and Extraction: A Review*. 1(1).
- Trisnayanti, N. P. 2020. Metode Sintesis Nanopartikel. *March*, 0–13.
- Wardhani, N. D. A. dan S. 2014. Fotokatalis TiO₂-Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. 9–14.
- Wijaya, K. 2006. Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV Untuk Fotodegradasi Zat Warna *Congo Red*. *TEKNOIN*, 11, 199–209.

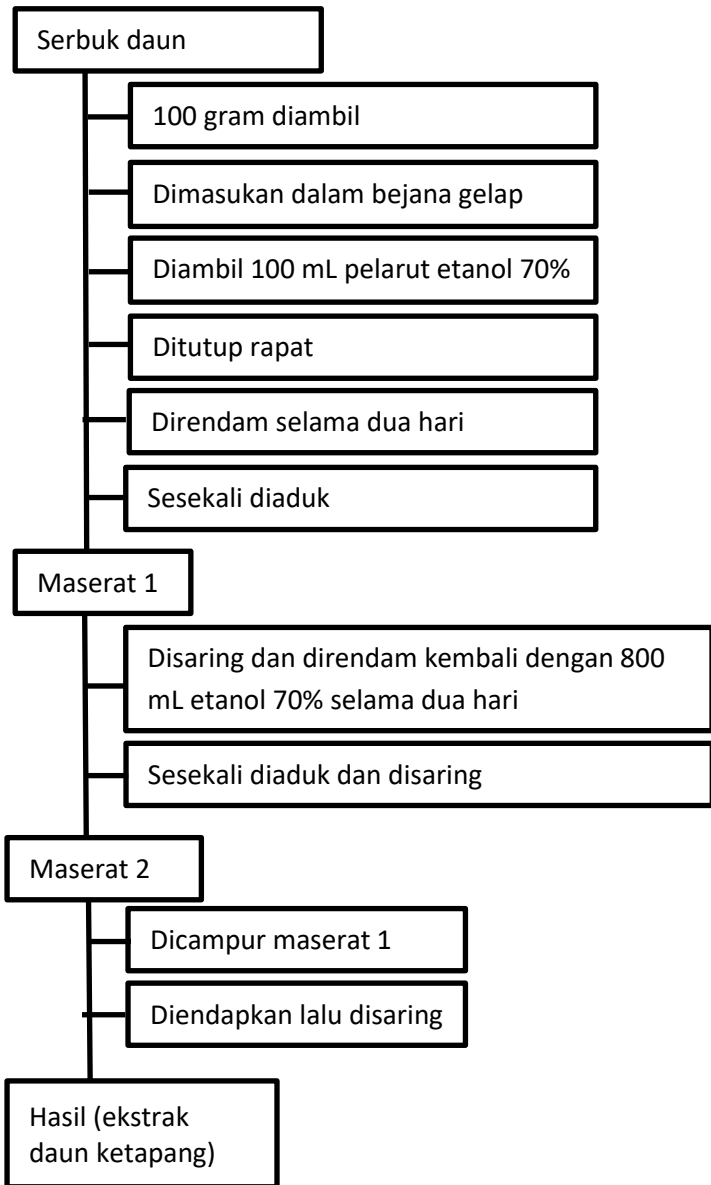
LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Cara Kerja

Bagan 1. Preparasi Sampel Daun Ketapang (*Terminalia Catappa*)



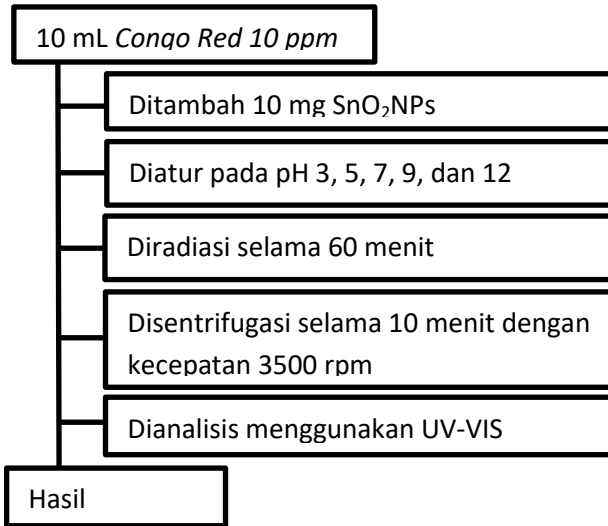
Bagan 2. Sintesis Ekstrak Daun Ketapang



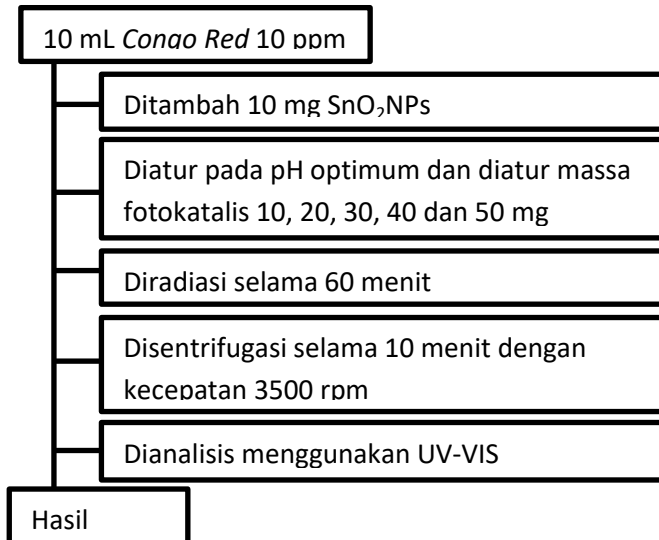
Bagan 3. Proses Sintesis SnO₂NPs



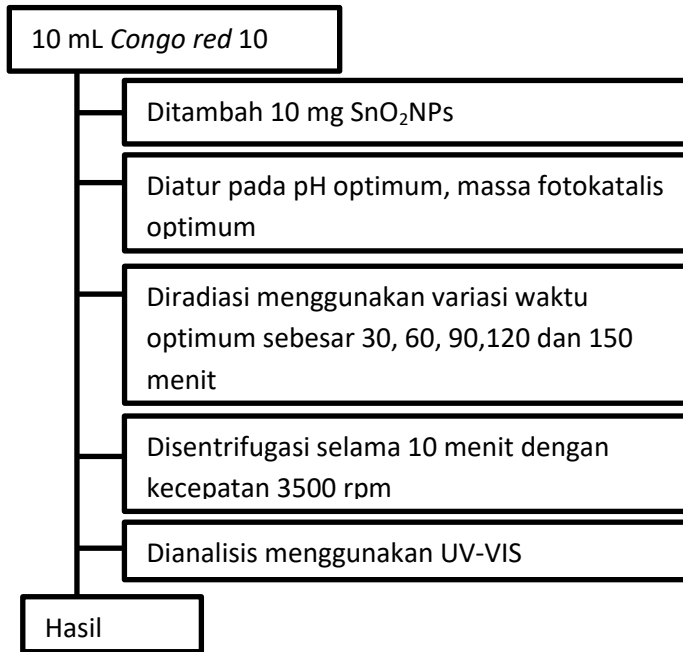
Bagan 4. Proses Degradasi Zat warna *Congo Red* variasi pH



Bagan 5. Proses Degradasi Zat Warna *Congo Red* Variasi Massa Fotokatalis



Bagan 6. Proses Degradasi Zat Warna Congo Red Variasi Waktu Optimum



Lampiran 2. Perhitungan konsentrasi larutan SnCl₂.2H₂O 0,1 M

1. pembuatan larutan SnCl₂.2H₂O 0,1 M

$$\text{mol} = M.V$$

$$\text{mol} = 0,1.0,1$$

$$\text{mol} = 0,01$$

$$\text{mol} = \text{gram}/\text{mr}$$

$$0,01 = \text{gram} / 225,64$$

$$\text{gram} = 2,2564$$

lampiran 3. Perhitungan larutan *Congo red* dengan variasi konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm , 8 ppm dan 10 ppm.

1. Pembuatan larutan *congo red*

a. Pembuatan larutan induk 1000 ppm

Pembuatan larutan induk *congo red* 1000 ppm dilakukan dengan cara melarutkan bubuk *congo red* sebanyak 1 gram dengan akuades, kemudian diencerkan sampai 1000 mL menggunakan labu ukur 1000 mL. Penambahan bubuk *congo red* sebanyak 1 gram berdasarlan perhitungan sebagai berikut :

$$1 \text{ ppm} = 1 \text{ mg/L}$$

1000 ppm = 1000 mg/L , artinya 1000 mg (atau 1 gram) *congo red* dalam 1 L (atau 1000 mL) akuades.

b. Pembuatan larutan *congo red* dengan variasi konsentrasi 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm dan 10 ppm.

Untuk membuat larutan *congo red* dengan variasi konsentrasi 10 ppm menggunakan labu ukur 100 mL. maka digunakan rumus pengenceran, sebagai berikut :

$$V1.M1 = V2.M2$$

$$V1.1000 = 100. 10$$

$$1000. V1 = 1000$$

$$V1 = 1 \text{ mL}$$

Untuk membuat larutan *congo red* dengan variasi konsentrasi 2, 4, 6 dan 8 ppm menggunakan labu ukur 25 mL. maka digunakan rumus pengenceran, sebagai berikut :

Konsentrasi 2 ppm

Konsentrasi 4 ppm

$$V1.M1 = V2.M2$$

$$V1.M1 = V2.M2$$

$$V1.10 = 25. 2$$

$$V1.10 = 25. 4$$

$$10. V1 = 50$$

$$10. V1 = 100$$

$$V1 = 5 \text{ mL}$$

$$V1 = 10 \text{ mL}$$

Konsentrasi 6 ppm

Konsentrasi 8 ppm

$$V1.M1 = V2.M2$$

$$V1.M1 = V2.M2$$

$$V1.10 = 25. 6$$

$$V1.10 = 25. 8$$

$$10. V1 = 150$$

$$10. V1 = 200$$

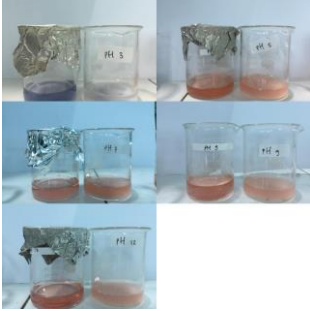
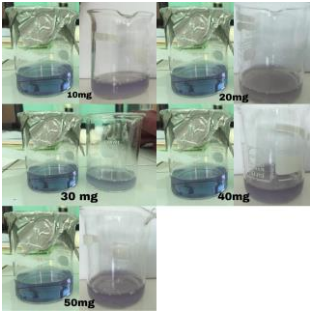
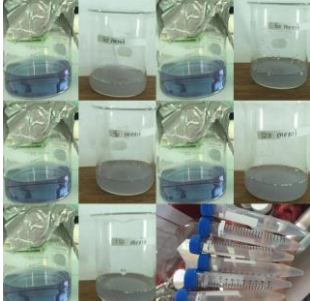
$$V1 = 15 \text{ mL}$$

$$V1 = 20 \text{ mL}$$

Lampiran 4. Sintesis Fotokatalis SnO₂NPs

Aktivitas	Dokumentasi
Ekstrak daun ketapang dicampur dengan 25 mL SnCl ₂ .2H ₂ O 0,1 M	
Dipanaskan selama 60 menit pada suhu 80°C	
Endapan yang dihasilkan selanjutnya dikalsinasi menggunakan suhu 400°C selama 4 jam	
Hasil setelah dikalsinasi berupa gumpalan yang selanjutnya dihaluskan menjadi serbuk SnO ₂ NPs	

Lampiran 5. Fotodegradasi Zat Warna Congo Red

Indikator	Dokumentasi
Pengaruh pH optimum	
Pengaruh massa fotokatalis	
Pengaruh waktu optimum	

Lampiran 6. Panjang Gelombang Maksimum *Congo Red*

λ (nm)	A	λ (nm)	A	λ (nm)	A	λ (nm)	A
350	0,015	375	0,01	400	0,006	425	0,009
351	0,015	376	0,009	401	0,006	426	0,009
352	0,015	377	0,009	402	0,006	427	0,009
353	0,015	378	0,009	403	0,007	428	0,009
354	0,015	379	0,009	404	0,007	429	0,009
355	0,014	380	0,009	405	0,007	430	0,01
356	0,015	381	0,008	406	0,007	431	0,01
357	0,014	382	0,008	407	0,006	432	0,01
358	0,014	383	0,007	408	0,007	433	0,01
359	0,014	384	0,007	409	0,007	434	0,01
360	0,014	385	0,007	410	0,006	435	0,01
361	0,013	386	0,007	411	0,007	436	0,01
362	0,013	387	0,006	412	0,007	437	0,01
363	0,013	388	0,007	413	0,007	438	0,011
364	0,012	389	0,006	414	0,007	439	0,011
365	0,012	390	0,006	415	0,008	440	0,011
366	0,012	391	0,007	416	0,008	441	0,011
367	0,011	392	0,006	417	0,008	442	0,012
368	0,012	393	0,006	418	0,007	443	0,012
369	0,012	394	0,006	419	0,008	444	0,012
370	0,011	395	0,006	420	0,008	445	0,012
371	0,011	396	0,006	421	0,008	446	0,012
372	0,011	397	0,006	422	0,008	447	0,012
373	0,011	398	0,006	423	0,009	448	0,012
374	0,01	399	0,006	424	0,009	449	0,012

λ (nm)	A	λ (nm)	A	λ (nm)	A	λ (nm)	A
450	0,012	476	0,017	502	0,02	528	0,015
451	0,012	477	0,018	503	0,02	529	0,015
452	0,013	478	0,018	504	0,02	530	0,014
453	0,013	479	0,018	505	0,02	531	0,014
454	0,013	480	0,018	506	0,019	532	0,014
455	0,013	481	0,018	507	0,02	533	0,013
456	0,013	482	0,018	508	0,019	534	0,013
457	0,014	483	0,019	509	0,02	535	0,013
458	0,014	484	0,019	510	0,019	536	0,012
459	0,014	485	0,019	511	0,019	537	0,012
460	0,014	486	0,019	512	0,019	538	0,011
461	0,014	487	0,019	513	0,019	539	0,012
462	0,015	488	0,019	514	0,019	540	0,011
463	0,015	489	0,019	515	0,019	541	0,011
464	0,015	490	0,019	516	0,018	542	0,01
465	0,015	491	0,019	517	0,019	543	0,01
466	0,015	492	0,02	518	0,018	544	0,009
467	0,015	493	0,02	519	0,017	545	0,009
468	0,015	494	0,02	520	0,017	546	0,009
469	0,016	495	0,02	521	0,017	547	0,008
470	0,016	496	0,02	522	0,017	548	0,008
471	0,016	497	0,02	523	0,017	549	0,008
472	0,016	498	0,02	524	0,016	550	0,007
473	0,017	499	0,02	525	0,016	551	0,007
474	0,017	500	0,02	526	0,016	552	0,007
475	0,017	501	0,021	527	0,015	553	0,006

λ (nm)	A	λ (nm)	A
554	0,006	580	0
555	0,006	581	0
556	0,006	582	0
557	0,005	583	0
558	0,005	584	-0,001
559	0,005	585	-0,001
560	0,005	586	-0,001
561	0,005	587	-0,001
562	0,004	588	-0,001
563	0,004	589	-0,001
564	0,003	590	0
565	0,003	591	0
566	0,003	592	0
567	0,002	593	0
568	0,002	594	0
569	0,002	595	0
570	0,002	596	0
571	0,002	597	-0,001
572	0,002	598	-0,001
573	0,002	599	0
574	0,002	600	-0,001
575	0,001		
576	0,001		
577	0,001		
578	0,001		
579	0,001		

Lampiran 7. Perhitungan Persen Degradasi Zat warna Congo Red

1. Perhitungan persen degradasi untuk variasi pH menggunakan rumus :

$$\%D = \frac{C_0 - C_x}{C_0} \times 100\% \text{ , dengan persamaan regresi linear } y = 0,0237x - 0,0042$$

- a. pH 3

$$\begin{aligned} C_x &= \frac{0,010 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C_0 - C_x}{C_0} \times 100\% \\ &= 0,599 & &= \frac{10 - 0,599}{10} \times 100\% = 94,01\% \end{aligned}$$

- b. pH 5

$$\begin{aligned} C_x &= \frac{0,015 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C_0 - C_x}{C_0} \times 100\% \\ &= 0,810 & &= \frac{10 - 0,810}{10} \times 100\% = 91,90\% \end{aligned}$$

- c. pH 7

$$\begin{aligned} C_x &= \frac{0,016 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C_0 - C_x}{C_0} \times 100\% \\ &= 0,832 & &= \frac{10 - 0,832}{10} \times 100\% = 91,48\% \end{aligned}$$

- d. pH 9

$$\begin{aligned} C_x &= \frac{0,025 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C_0 - C_x}{C_0} \times 100\% \\ &= 1,232 & &= \frac{10 - 1,232}{10} \times 100\% = 87,68\% \end{aligned}$$

e. pH 12

$$Cx = \frac{0,043 + 0,0042}{0,0237} \quad \%D = \frac{C_0 - Cx}{C_0} \times 100\%$$
$$= 1,991 \quad = \frac{10-1,991}{10} \times 100\% = 80,09\%$$

2. Perhitungan persen degradasi untuk variasi massa fotokatalis menggunakan rumus :

$\% D = \frac{C_0 - Cx}{C_0} \times 100\%$, dengan persamaan regresi linear $y = 0,0237x - 0,0042$

a. Massa 10 mg

$$Cx = \frac{0,017 + 0,0042}{0,0237} \quad \%D = \frac{C_0 - Cx}{C_0} \times 100\%$$
$$= 0,894 \quad = \frac{10-0,894}{10} \times 100\% = 91,06\%$$

b. Massa 20 mg

$$Cx = \frac{0,015 + 0,0042}{0,0237} \quad \%D = \frac{C_0 - Cx}{C_0} \times 100\%$$
$$= 0,810 \quad = \frac{10-0,810}{10} \times 100\% = 91,90\%$$

c. Massa 30 mg

$$Cx = \frac{0,011 + 0,0042}{0,0237} \quad \%D = \frac{C_0 - Cx}{C_0} \times 100\%$$
$$= 0,641 \quad = \frac{10-0,641}{10} \times 100\% = 93,59\%$$

d. Massa 40 mg

$$Cx = \frac{0,016 + 0,0042}{0,0237} \quad \%D = \frac{C_0 - Cx}{C_0} \times 100\%$$
$$= 0,852 \quad = \frac{10-0,852}{10} \times 100\% = 91,48\%$$

e. Massa 50 mg

$$\begin{aligned} Cx &= \frac{0,018 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C0 - Cx}{C0} \times 100\% \\ &= 0,936 & &= \frac{10-0,936}{10} \times 100\% = 90,64\% \end{aligned}$$

3. Perhitungan persen degradasi untuk variasi waktu optimum fotokatalis menggunakan rumus :

$\%D = \frac{C0 - Cx}{C0} \times 100\%$, dengan persamaan regresi linear $y = 0,0237x - 0,0042$

a. 30 menit

$$\begin{aligned} Cx &= \frac{0,006 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C0 - Cx}{C0} \times 100\% \\ &= 0,430 & &= \frac{10-0,430}{10} \times 100\% = 95,70\% \end{aligned}$$

b. 60 menit

$$\begin{aligned} Cx &= \frac{0,005 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C0 - Cx}{C0} \times 100\% \\ &= 0,388 & &= \frac{10-0,388}{10} \times 100\% = 96,12\% \end{aligned}$$

c. 90 menit

$$\begin{aligned} Cx &= \frac{0,004 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C0 - Cx}{C0} \times 100\% \\ &= 0,345 & &= \frac{10-0,345}{10} \times 100\% = 96,55\% \end{aligned}$$

d. 120 menit

$$\begin{aligned} Cx &= \frac{0,006 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C0 - Cx}{C0} \times 100\% \\ &= 0,430 & &= \frac{10-0,430}{10} \times 100\% = 95,70\% \end{aligned}$$

e. 150 menit

$$\begin{aligned} Cx &= \frac{0,017 + 0,0042}{0,0237} & \%D &= \frac{C0 - Cx}{C0} \times 100\% \\ &= 0,894 & &= \frac{10-0,894}{10} \times 100\% = 91,06\% \end{aligned}$$

Lampiran 8. Analisa Energy *Band Gap*

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
799,99646	71,57855988	775,0019531	71,74060822
798,9873657	71,69991302	773,9831543	72,36087036
798,0127563	71,76087189	772,9990234	71,71353149
797,0029297	71,49651337	772,0145874	71,76870728
795,9927979	71,89089203	770,9945679	71,48822784
795,0169678	72,07542419	770,0093994	71,7714386
794,0059204	70,96623993	768,9885864	71,31399536
792,9945679	71,71689606	768,0026855	71,91217041
791,9827881	71,83053589	767,0163574	71,57784271
791,0054321	71,77404785	765,9944458	71,16362
789,9927979	71,25827026	765,0074463	71,9978714
789,0148315	71,76540375	763,9848022	71,7195282
788,0014038	71,45488739	762,9970703	71,24448395
786,9876099	71,73652649	762,0089111	71,16672516
786,0083618	71,67314911	760,9851074	71,32906342
784,9938965	71,09409332	759,9962158	71,47090149
784,013855	71,91085052	759,006958	71,05484009
782,9984741	71,73887634	758,0174561	71,66622162
781,9827881	71,28947449	756,9921265	71,34724426
781,0016479	72,24635315	756,00177	71,68870544
779,9851685	71,77402496	755,0111694	71,58594513
779,0032959	71,35166931	753,9847412	71,3302536
777,9859619	71,85786438	752,9932861	71,49963379
777,0033569	71,77017975	752,0015869	71,41491699
775,9852905	71,74362946	751,0094604	71,3395462

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
750,0170288	71,08368683	723,0166626	70,5951538
748,9887695	71,46826935	722,0145264	70,6064453
747,9955444	71,03026581	721,0119019	70,5912247
747,0020142	70,91887665	720,0090332	70,304657
746,0081177	71,01521301	719,0057373	70,5451813
745,013916	71,21040344	718,0021362	70,709343
743,9838257	70,92090607	716,998291	70,7015686
742,9887695	71,21587372	715,9939575	70,4922714
741,9935303	71,2326355	714,9894409	70,6479034
740,9978638	70,99958038	713,984436	70,5106583
740,0018921	71,05747223	713,0150757	70,5468292
739,0054932	71,24419403	712,0094604	70,4532242
738,0087891	70,99741364	711,00354	70,4671326
737,0117798	70,81079102	709,9972534	70,4645386
736,0142822	70,89884186	708,9906616	70,5028305
735,0166016	70,97168732	707,9837036	70,1023941
733,9828491	71,04676819	707,0124512	70,4040299
732,984375	71,1612854	706,0047607	70,3984604
731,9855957	71,20516968	704,9968872	70,2109985
730,9864502	70,88365936	703,9885864	70,1518326
729,9869995	70,91994476	703,0160522	70,3629227
728,9871216	70,82596588	702,0071411	70,462883
727,9869385	70,90242004	700,9978638	70,1397553
726,9864502	70,7696991	699,9882813	70,4236145
725,9855957	70,68456268	699,0144653	70,1680527
724,984375	70,5860672	698,0042725	70,4204178
723,9827881	70,57537079	696,9936523	69,929863

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
696,9936523	69,92986298	669,986084	69,910408
695,9827881	69,90982819	669,0030518	69,2833252
695,0076294	69,83546448	667,9832764	69,4231796
693,9961548	70,1741333	666,9996338	69,6342621
692,9842529	69,92472839	666,015686	69,8380814
692,0082397	69,9026413	664,9949951	69,5809784
690,9957275	70,11693573	664,010437	69,4517517
689,9829102	70,28648376	662,9891357	69,4572296
689,0059204	69,93606567	662,0039673	69,5841827
687,9924316	69,86167908	660,9819946	69,5719833
687,0148926	70,19882965	659,9963379	69,4575501
686,0007935	70,30496216	659,0103149	69,525589
684,9863281	70,30630493	657,9874268	69,5394363
684,0078125	69,91339874	657,0008545	69,6451721
682,9927979	70,06054688	656,0139771	69,6062546
682,0136108	69,72647858	654,9901733	69,4494782
680,9979858	70,13630676	654,0026855	69,4979401
679,9819336	69,65211487	653,0149536	69,3586197
679,0018921	69,67030334	651,9902344	69,1849976
677,9852295	69,60022736	651,0019531	69,6107407
677,0045166	69,36558533	650,0133057	69,104454
675,9873047	69,60161591	648,9876709	69,0215302
675,0060425	69,75819397	647,9985352	69,2158661
673,9881592	69,68286896	647,0089722	69,3057327
673,0062256	69,80484009	645,9825439	69,293541
671,987793	69,97154236	644,9924927	69,1556091
671,0053101	69,35704803	644,0020752	69,4950256

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
643,0114136	69,31040955	616,0105591	68,6220093
641,9837646	68,80173492	615,012146	68,5755081
640,9925537	69,14295197	614,0134888	68,6775513
640,0010986	69,1149292	613,0145264	68,3622437
639,0092773	69,04741669	612,0151978	68,7365723
638,0172119	69,07234192	611,0157471	68,5155945
636,9880981	69,0062561	610,0159302	68,6292572
635,9954834	69,08204651	609,0159302	68,5434876
635,0025635	69,16614532	608,015564	68,5718002
634,0092773	69,1654892	607,0150146	68,3188705
633,0158691	68,96360779	606,0141602	68,3888855
631,9852905	68,89021301	605,0130005	68,3225403
630,9912109	68,95186615	604,0116577	68,3951645
629,9969482	68,83065033	603,0100098	68,251503
629,0022583	68,67961884	602,0081177	68,3072586
628,0074463	68,81373596	601,0059204	68,3641205
627,0123291	68,8429718	600,003479	68,3139343
626,0168457	68,73054504	599,0007935	68,066246
624,984314	68,85502625	597,9978027	68,0103378
623,9883423	68,88559723	596,9945679	68,1689758
622,9920044	68,77635193	595,9910889	68,3409805
621,9955444	68,65834808	594,9873657	68,2009201
620,9986572	68,6732254	593,9832764	68,23246
620,0016479	68,73603058	593,0162354	68,0462952
619,0042725	68,7826767	592,0116577	68,1474381
618,0067139	68,50604248	591,006958	68,1734085
617,0087891	68,4709549	590,0018311	67,9607468

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
588,996582	68,10817719	561,9818726	67,2238312
587,9910278	68,03853607	561,0070801	67,3665543
586,9852295	67,93941498	559,9945068	67,2940369
586,0162964	67,93230438	558,9817505	67,2559433
585,0100708	67,85396576	558,0062256	67,2695694
584,003479	67,94094086	556,9928589	66,9774933
582,9966431	67,66662598	556,0169067	67,2900162
581,989502	67,73295593	555,0031128	67,0933456
580,9821167	67,82452393	553,9891357	67,0277176
580,0119019	67,87162781	553,0123901	67,0817108
579,0040283	67,7041626	551,9979248	66,825676
577,9959106	67,71094513	550,9831543	66,9701538
576,9875488	67,70916748	550,0057983	66,8812714
576,0162354	67,6120224	548,9906006	66,8437882
575,0074463	67,61277771	548,0127563	66,7917557
573,9983521	67,56444455	546,9970703	66,7583695
572,9889526	67,47724152	546,0187378	66,7796707
572,0167236	67,53952026	545,0026245	66,7568131
571,006897	67,51600647	543,9862671	66,7180328
569,9967651	67,54306793	543,0072632	66,6940308
568,9864502	67,47091675	541,9903564	66,6721344
568,0131836	67,39577484	541,0109863	66,6458359
567,0023804	67,33950043	539,9935913	66,6282044
565,991272	67,43660736	539,0137329	66,5132904
565,0174561	67,36705017	537,9959717	66,4600678
564,0058594	67,56545258	537,015625	66,4715576
562,9939575	67,37280273	535,9973755	66,4255295

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
535,0166626	66,38082886	507,9994507	65,63166809
533,9979248	66,39577484	507,0126038	65,57363892
533,0167236	66,33640289	505,9876709	65,58097076
531,9974976	66,33822632	505,0004578	65,52397919
531,0158691	66,25753021	504,0130005	65,52024078
529,9962158	66,20879364	502,9873962	65,50424194
529,0141602	66,24332428	501,9994812	65,37791443
527,9940186	66,19135284	501,0114746	65,37313843
527,0114746	66,1272049	499,985199	65,26669312
525,9909668	66,08031464	498,9966431	65,29575348
525,0079956	66,05027008	498,0079956	65,29734802
523,9869995	66,06632233	496,9810791	65,20826721
523,00354	66,04541779	495,9920044	65,13812256
521,9821167	65,89791107	495,0027161	65,11145782
520,9983521	65,97516632	494,0132141	65,09140015
520,0142212	65,94917297	492,9854736	65,05968475
518,9920654	65,87297821	491,995575	64,94793701
518,0076294	65,83089447	491,0054016	65,06819916
516,9850464	65,86834717	490,0151062	65,01715851
516,0001221	65,88423157	488,9865112	64,99964905
515,0150146	65,86614227	487,9957581	64,88191986
513,9918213	65,76148987	487,0048523	64,89315796
513,0062866	65,72451019	486,0137634	64,86662292
511,9825439	65,75185394	484,9842834	64,79200745
510,9966431	65,616745	483,9928284	64,85823822
510,010376	65,66142273	483,0011292	64,78658295
508,986084	65,68637085	482,0091858	64,69047546

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
481,0170898	64,73945618	454,0040894	63,5331688
479,9866333	64,61752319	453,0066528	63,5863152
478,9941101	64,50600433	452,0090027	63,4862785
478,0014343	64,39434814	451,0111694	63,4444389
477,0085449	64,5514679	450,0131226	63,3745689
476,0154114	64,47363281	449,0149841	63,4328308
474,9839478	64,41165924	448,016571	63,3216858
473,990448	64,46977997	447,0179749	63,3335381
472,9967651	64,18455505	445,9807739	63,2760735
472,0028687	64,20337677	444,9818726	63,264595
471,0088501	64,21914673	443,9827881	63,1739197
470,0146179	64,23236847	442,983429	63,1994171
468,9819031	64,1659317	441,9839478	62,993042
467,9872742	64,18053436	440,9843445	63,0073166
466,9924316	64,00507355	439,9844971	62,9546356
465,9974365	64,08721161	438,9844666	62,9538803
465,0022278	64,03231812	437,9842834	62,7992287
464,0068359	63,95837784	436,9838867	62,9836884
463,0112305	63,85387039	435,9833069	62,7860375
462,0154419	63,83280563	434,9825745	62,7809677
460,9811401	63,7938118	433,98172	62,7220535
459,9849854	63,76766968	433,0191345	62,6722145
458,988678	63,82715988	432,0178528	62,6618156
457,9921265	63,75294495	431,0164185	62,6783676
456,9953918	63,74924469	430,0148315	62,5614891
455,9985046	63,65031815	429,013031	62,5276909
455,0014038	63,58422852	428,0110474	62,5047073

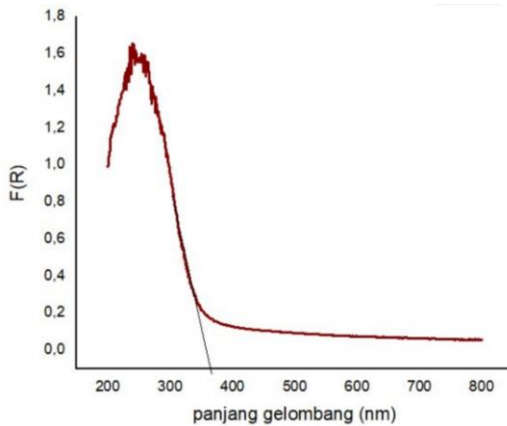
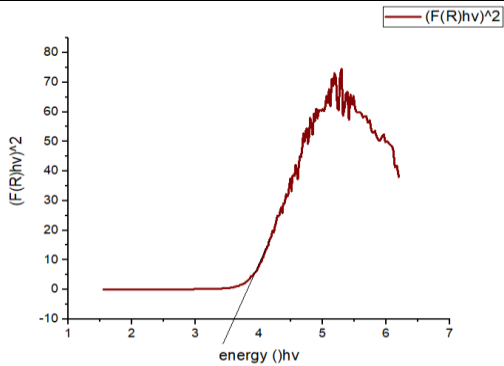
Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
427,0089722	62,49813461	400,0031738	60,72900391
426,0066528	62,44475174	398,9963684	60,83371353
425,0041809	62,37021255	397,9893494	60,6232338
424,0014954	62,2999649	396,9822388	60,44793701
422,9986877	62,35731125	396,0136414	60,30968094
421,995697	62,21298599	395,0061646	60,32769012
420,9925537	62,12031174	393,9985352	60,22642517
419,9891968	62,10945511	392,9907532	60,03663254
418,9856567	61,98820496	391,9828186	60,10570526
417,9820251	62,0187149	391,0134888	59,83865356
417,0167847	61,82223892	390,0052185	59,91100693
416,0127563	61,85509872	388,9967651	59,60995102
415,0085754	61,84107971	387,9882202	59,68320465
414,0042114	61,73025894	387,01828	59,56504822
412,9997253	61,62101364	386,0093689	59,52876282
411,9949646	61,54996109	385,0003357	59,33478165
410,9901733	61,58052063	383,9911194	59,21306992
409,9851379	61,468853	382,9817505	59,288311
409,0185547	61,29690552	382,0110779	59,07548141
408,0132141	61,33108139	381,0014038	58,9189415
407,0077515	61,24644852	379,9916077	58,59655762
406,0020142	61,24988937	378,9816284	58,60163498
404,9961853	61,06047058	378,0103455	58,38573074
403,9901733	61,18651962	377,000061	58,36463547
402,9840088	61,01097488	375,989624	58,20606232
402,0163574	60,82458115	375,0179138	57,86188507
401,0098572	60,85678864	374,0071411	57,83221817

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
372,9962769	57,72352219	345,9976501	50,4083633
371,9852295	57,55883408	344,9826965	50,3916435
371,01297	57,53847122	344,0066528	49,6019592
370,0016479	57,60187531	342,9914551	49,3009491
368,9901428	56,85972595	342,0151978	48,420372
368,0174255	56,64757156	340,9996948	48,1123085
367,0056458	56,29590225	339,9840698	46,9963875
365,9937134	56,49566269	339,0073547	47,4063339
364,9816284	56,30997086	337,9914856	46,5816994
364,0083313	56,12624741	337,0145264	45,9768181
362,9960022	56,16088104	335,9983521	45,1597023
361,9834595	55,64989471	334,9820557	45,1558647
361,0097351	55,3544426	334,0047302	44,6072998
359,9969482	55,11506271	332,9881287	43,9115028
358,9839783	54,92736816	332,0105591	43,7307129
358,0098572	54,43544006	330,9937439	42,5632629
356,9966431	54,43095779	330,0158691	42,4898491
355,9832458	54,23516083	328,9987793	42,3563805
355,0086975	53,6092186	327,9815369	40,9471474
353,9950562	53,15966415	327,0033264	40,6962395
352,9812317	52,94500732	325,9858093	39,9912148
352,0062561	52,84302902	325,0073242	39,634964
350,9921875	52,47485733	323,9895935	38,6512222
350,0169373	52,46572113	323,0108643	38,5081253
349,0025635	51,90244293	321,9928589	37,5628357
347,9880371	50,84714508	321,013855	36,5575028
347,0124207	50,68987656	319,995575	36,7414894

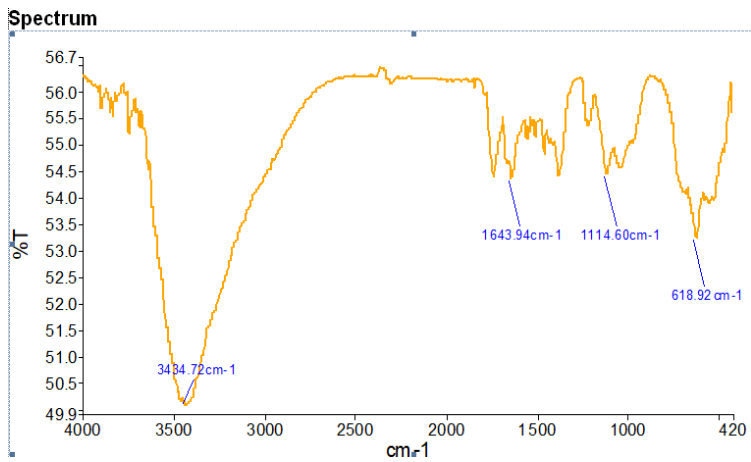
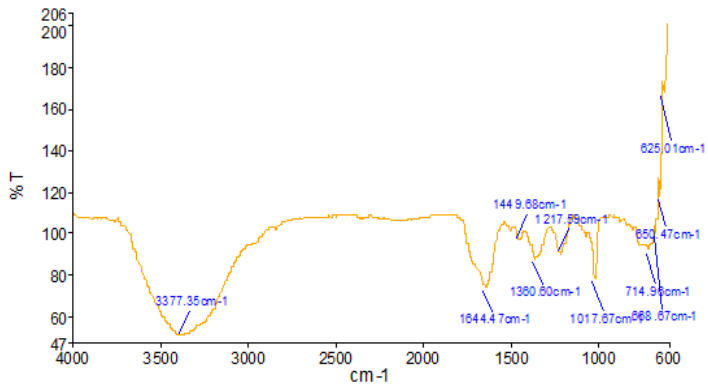
Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
319,0163574	36,60412598	291,9828796	25,20247459
317,9978638	36,08957672	291,0003662	24,79042244
317,0183716	35,04956436	290,0177307	24,41456985
315,9996033	34,91530991	288,9956665	24,55548668
314,9806824	34,44630432	288,0128479	24,47609138
314,0008545	34,29294586	286,9905396	24,12945366
312,9816895	33,3526268	286,0074768	23,85927582
312,0015869	32,75304031	284,9849854	24,41805267
310,9822083	32,10944366	284,001709	23,62507439
310,0018921	31,57896996	283,0183105	23,70787048
308,9822388	31,31581306	281,9954529	23,38384056
308,0016785	30,93233681	281,0118408	23,01118279
306,9817505	30,34509277	279,9888	23,26728439
306,000946	30,02624702	279,0049744	23,08671379
304,980835	29,39985657	277,9816895	22,60347748
303,9997864	29,01679611	276,9976196	22,16270256
303,0186768	28,45998955	276,0134888	23,06005478
301,9981384	28,45110512	274,9898987	22,10216331
301,0167542	27,89297676	274,0055237	22,10144615
299,9960327	27,8222332	272,9816895	22,20249557
299,0144348	26,98622894	271,9971008	21,61465263
297,9934082	26,86083984	271,0124512	22,02863121
297,0115967	26,69737625	269,9883118	22,55126762
295,990387	26,12334442	269,003418	21,69280815
295,0083313	25,86397934	268,0184326	21,33594513
293,9868469	26,16956139	266,9939575	21,42762184
293,0045471	25,59591866	266,0087891	21,03020477

Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
264,9840698	20,40709496	237,9891357	20,8407078
263,9986572	20,84443092	237,0012207	20,9791393
263,0131836	20,43531609	236,0131378	19,8131275
261,9881897	20,3524456	234,9854431	19,7075043
261,0025024	21,08210754	233,9972076	21,3669872
260,0167236	20,77126122	233,0088806	21,1382103
258,9913635	20,08426857	231,980896	20,6717186
258,0054321	20,42661476	230,9924011	20,6823845
257,0193176	20,87600899	230,0037994	21,763586
255,9936829	20,0715847	229,0151367	20,8798428
255,0074158	20,40892601	227,9868164	21,3045311
253,9815979	20,00444603	226,9979553	21,0561867
252,9951172	20,41007805	226,0090179	21,5881195
252,0085449	20,15189552	224,9803925	21,7842655
250,9824066	20,19809341	223,9912872	21,8486404
249,995636	20,28684998	223,0020905	21,9061775
249,0088043	20,27331161	222,0128174	22,0354843
247,9823456	20,4070015	220,9838562	22,2448711
246,995285	20,30326843	219,9943848	22,2707863
246,0081635	19,9692955	219,0048523	22,327692
244,9814453	20,26147461	218,015213	22,6586456
243,9941101	19,85119629	216,9859467	22,6206284
243,0066986	20,50043678	215,9961395	23,1400585
242,019165	19,61797714	215,0062714	23,3115101
240,9920349	19,90580559	214,0163269	23,2858715
240,004364	19,5514164	212,9866943	23,627636
239,016571	19,76808548	211,9965668	23,8549614

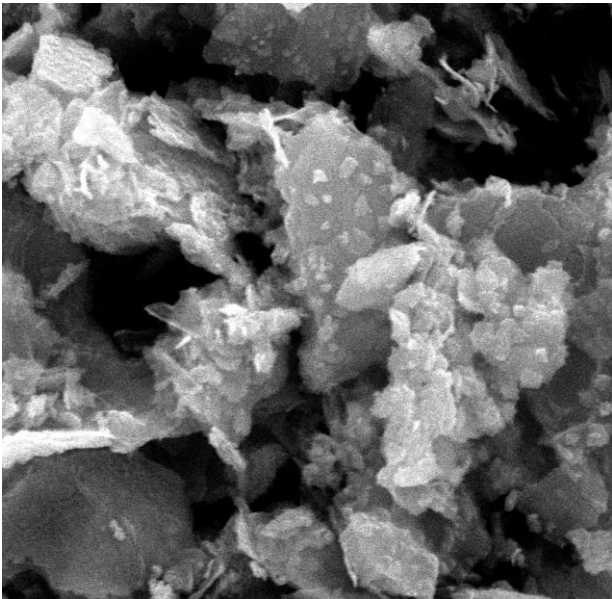
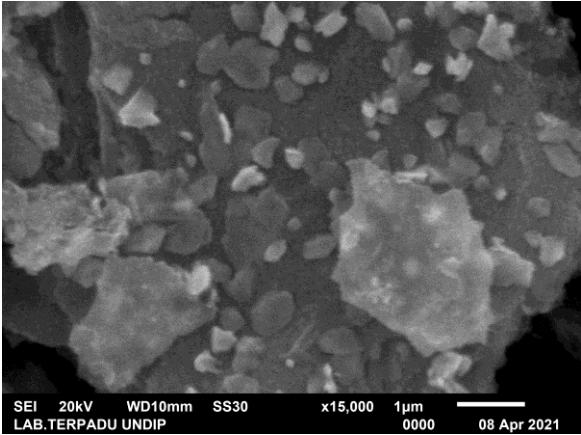
Wavelength (nm)	Absolute %R	Wavelength (nm)	Absolute %R
211,0063934	23,96437645	204,9842987	24,61284447
210,016098	23,83468056	203,993515	24,82809448
208,9861298	23,79075813	203,0027161	26,00443459
207,9956818	24,24320793	202,0118103	26,00461197
207,0051727	24,27288628	200,9811859	26,80890846
206,0145874	24,45673561	199,9901276	26,94216347



Lampiran 9. Analisa FT-IR



Lampiran 10. Analisa SEM

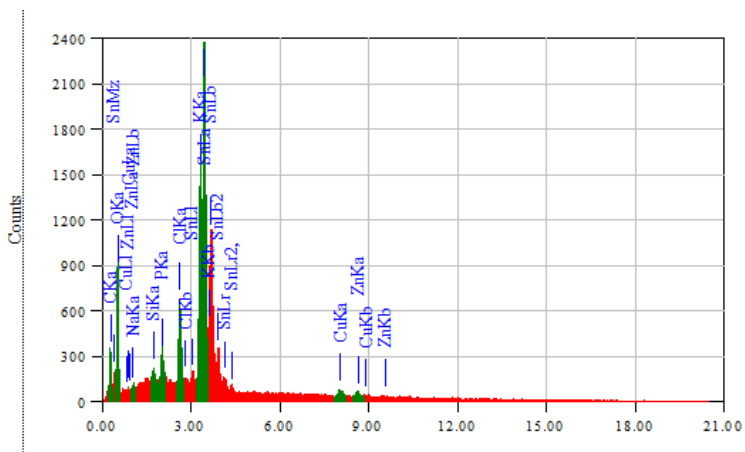


Lampiran 11. Analisa EDX

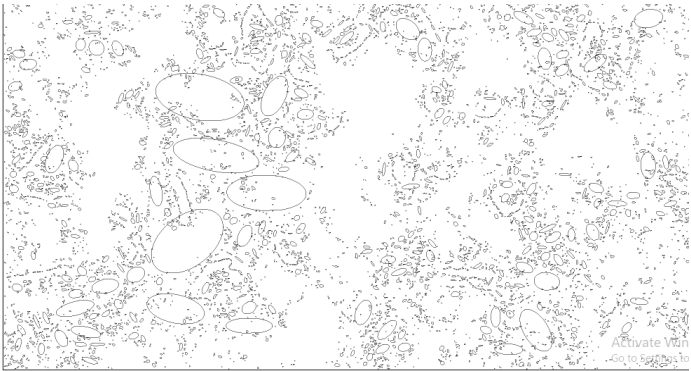
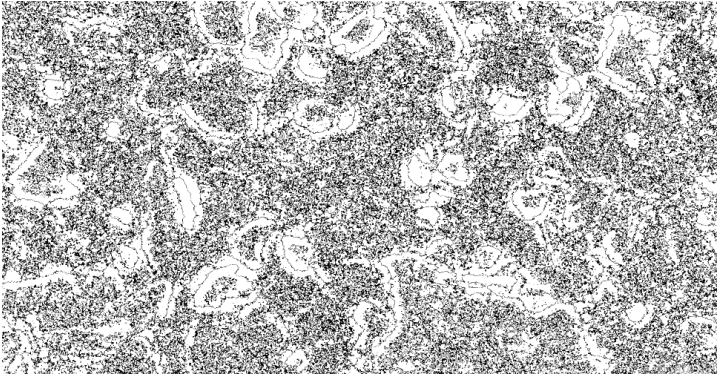
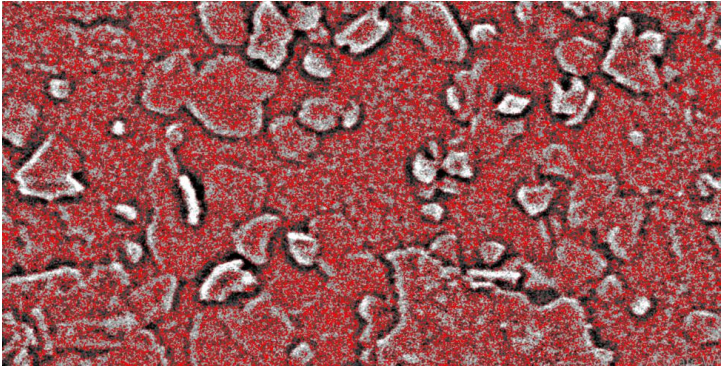
ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient.: 0.0644

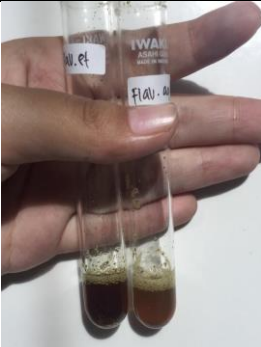


Element	(keV)	Mass%	Sigma	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C	0.277	10.78	0.16	23.75				5.5546
O	0.525	34.65	0.53	57.28				22.4305
Na	1.041	0.33	0.04	0.38				0.2213
Si	1.739	0.32	0.03	0.30				0.3213
P	2.013	1.05	0.04	0.90				1.2010
Ca	2.621	2.69	0.05	2.00				4.2270
K	3.312	8.20	0.11	5.55				11.9514
Cu	8.040	1.36	0.10	0.57				1.8254
Zn	8.630	1.23	0.11	0.50				1.6697
Sn	3.442	39.40	0.32	8.78				50.5976
Total		100.00		100.00				

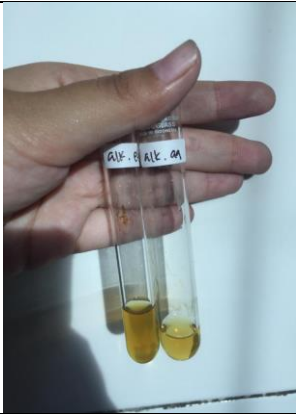


Lampiran 12. Perhitungan Distribusi Ukuran Partikel



Lampiran 13. Hasil Uji Fitokimia Ekstrak Daun Ketapang

Indikator	Dokumentasi	Keterangan
Uji Flavonoid		Positif
Uji Fenol		Positif
Uji Tanin		Positif

Uji Alkaloid		Negatif
--------------	---	---------

RIWAYAT HIDUP

A. Identitas Diri

1. Nama : Armiya Shofa
2. Tempat & Tgl Lahir : Brebes, 14 Oktober 1999
3. Alamat Rumah : Desa Linggapura RT 02 Rw 04
Kecamatan Tonjong
Kabupaten Brebes
4. No. HP : 088216272993
5. E-mail : armiyashofa@gmail.com

B. Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri Linggapura 03
2. SMP Islam Ta'allumul Huda Bumiayu
3. SMA Negeri 1 Bumiayu

Semarang, 29 September 2021



Armiya Shofa
NIM. 1708036024