

**APLIKASI *GOLD DOPED CDOTS* SEBAGAI KATALIS
DALAM FOTODEGRADASI SENYAWA *METHYLENE BLUE***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar

Sarjana Sains



Oleh :

SEPTIAN BUDIMAN

NIM/TM. 18036145/2018

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM**

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2022

PERSETUJUAN SKRIPSI

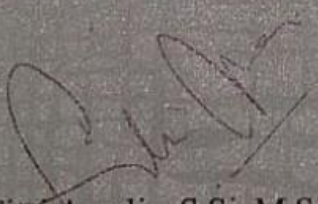
**APLIKASI GOLD DOPED CDOTS SEBAGAI KATALIS DALAM
FOTODEGRADASI SENYAWA *METHYLENE BLUE***

Nama :Septian Budiman
Nim :18036145
Program Studi :Kimia
Jurusan :Kimia
Fakultas :Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

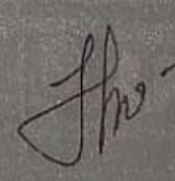
Padang, April 2022

Disetujui Oleh:

Ketua Jurusan Kimia


Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002

Dosen Pembimbing


Hary Sanjaya S.Si, M.Si
NIP. 19830428 200912 1 007

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di Depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

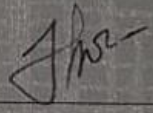
Judul : Aplikasi Gold Doped Cdots Sebagai Katalis Dalam
Fotodegradasi Senyawa *Methylene Blue*
Nama : Septian Budiman
TM/NIM : 2018/18036145
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, April 2022

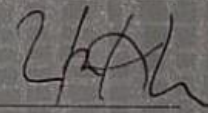
Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
----	---------	------	--------------

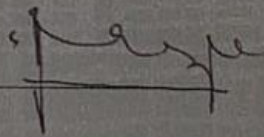
1	Ketua	Hary Sanjaya S.Si, M.Si
---	-------	-------------------------

1. 

2	Anggota	Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D
---	---------	-------------------------------------

2. 

3	Anggota	Edi Nasra, S.Si, M.Si
---	---------	-----------------------

3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

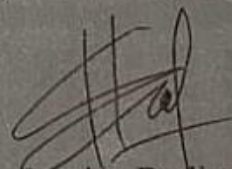
Nama : Septian Budiman
TM/NIM : 2018/18036145
Tempat/Tanggal Lahir : Padang / 30 Mei 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Jl. Pemancungan Rt002 Rw005 Kel. Pasa Gadang
Kec. Padang Selatan Kota Padang, Sumatera Barat
No. Hp/Telepone : 082267636906
Judul Skripsi : Aplikasi Gold Doped Cdots Sebagai Katalis
Dalam Fotodegradasi Senyawa *Methylene Blue*

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani Asli oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, April 2022
Yang membuat pernyataan.



Septian Budiman
NIM : 18036145

APLIKASI *GOLD DOPED CDOTS* SEBAGAI KATALIS FOTODEGRADASI SENYAWA *METHYLENE BLUE*

Septian Budiman

ABSTRAK

Pengolahan air merupakan salah satu topik yang sangat penting terhadap perlindungan ekosistem lingkungan pada saat ini. Dalam air limbah industri mengandung polutan organik dan mineral dalam jumlah tinggi. Salah satunya limbah dari industri tekstil ialah metilen biru. Metilen biru merupakan limbah dari bahan organik yang sulit terurai, oleh karena itu diperlukan berbagai cara untuk menguraikan senyawa tersebut menjadi senyawa yang tidak berbahaya terhadap lingkungan seperti metode biodegradasi, adsorpsi, ozonasi dan fotodegradasi.

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang mana diawali dengan melakukan pengumpulan data dari beberapa riset terdahulu. kemudian dilakukan riset tersebut dengan metode yang sama dengan menggunakan objek penelitian yang berbeda. Kemudian mengumpulkan data dari penelitian tersebut objek penelitian ini ialah katalis Cdots-Au yang disintesis dengan metode *bottom up* radiasi *microwave* dan menggunakan reactor fotolisis.

Hasil penelitian yang didapatkan ialah nilai persen degradasi dari katalis terdoping ialah pada konsentrasi doping 5ppm sebesar 92,48%. Dari data karakterisasi yang didapatkan nilai energi band gap dari konsentrasi doping 5ppm 2,521eV. Serta pengukuran TEM Cdots dan Au sebesar 7,24 nm dan 7.06 nm. Dan pada hasil karakterisasi XRD didapatkan adanya dua puncak pada Cdots-Au *nanoparticles* pada luas 2 theta = 26° dan 38° pada bidang (002) (111) Dan juga nilai puncak wavelength UV-VIS dan PL dari doping 5ppm yaitu sebesar 312,18 dan 492,81 nm.

Kata Kunci : Metilen biru, fotodegradasi, UV-VIS dan PL, TEM, XRD

APPLICATION OF GOLD DOPED CDOTS AS A PHOTODEGRADATION CATALYST OF METHYLENE BLUE COMPOUNDS

Septian Budiman

ABSTRACT

Water treatment is one of the most important things for the protection of environmental ecosystems today. Industrial wastewater contains high amounts of organic and mineral pollutants. One of the wastes from the textile industry is methylene blue. Methylene blue is an organic waste that is difficult to decompose, therefore various methods are needed to decompose these compounds into compounds that are not harmful to the environment such as biodegradation, adsorption, ozonation, and photodegradation methods.

This research is a quantitative research that begins with collecting data from several previous studies. Then the research was carried out using the same method using different research objects. Then collect data from the research, the object of this research is the Cdots-Au catalyst which is synthesized by the bottom up method of microwave radiation and using a photolysis reactor.

The result of this research is that the percentage of degradation of the doped catalyst is at a doping concentration of 5ppm which is 92.48%. From the characterization data, the band gap energy value of the doping concentration of 5ppm 2.521eV is obtained. As well as TEM measurements of Cdots and Au of 7.24 nm and 7.06 nm. And on the XRD characterization results, it was found that there were two peaks on Cdots-Au nanoparticles at an area of $2\theta = 26^\circ$ and 38° in the (002) (111) plane. UV-VIS and PL wavelengths from 5ppm doping are 312.18 and 492.81 nm.

Keywords : Methylene blue, photodegradation, UV-VIS and PL, TEM, XRD

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Puji dan Syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Aplikasi *gold doped* Cdots sebagai katalis dalam fotodegradasi senyawa *Methylene blue*”**. Skripsi diajukan sebagai salah satu untuk memperoleh gelar sarjana sains pada Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Penyelesaian Skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Kedua orang tua penulis tercinta yang telah memberikan semangat, dorongan dan do'a kepada penulis dalam penyelesaian skripsi.
2. Bapak Drs. Iswendi, M.S selaku penasehat akademik.
3. Bapak Hary Sanjaya, S.Si, M.Si selaku pembimbing I tugas akhir skripsi.
4. Bapak Dr. Isnaeni, M.Sc selaku pembimbing II tugas akhir skripsi.
5. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D selaku pembahas 1
6. Bapak Edi Nasra, S.Si., M.Si selaku pembahas 2
7. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D selaku Ketua Prodi Kimia Universitas Negeri Padang.
8. Ibu Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph. D selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.

9. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis berpedoman kepada buku Panduan Penulisan Skripsi Non Kependidikan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang. Untuk kesempurnaan Skripsi ini, maka dengan kerendahan hati penulis mengharapkan masukan, kritikan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis haturkan terima kasih.

Wassalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakaatuh

Padang, 21 Januari 2022

Septian Budiman

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	1
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Balakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II KERANGKA TEORITIS.....	6
A. Methylene Blue	6
B. Carbon dots (Cdots).....	8
C. Dopan Au <i>Nanoparticles</i>	16
D. Fotokatalisis.....	18
E. Fotolisis.....	25
F. Karakterisasi Katalis	26
BAB III METODE PENELITIAN	30
A. Waktu dan Tempat	30
B. Objek Penelitian	30
C. Variabel Penelitian	30
D. Alat dan Bahan	31
E. Prosedur Penelitian	31
H. Skema Alat	34
I. Skema Penelitian.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36

A.	Absorbansi dan Photoluminesensi Cdots-Au <i>Nanoparticles</i>	36
B.	TEM Cdots dan Au <i>Nanoparticles</i>	41
C.	XRD (<i>X-Ray Diffraction</i>)	43
D.	Aplikasi katalis Cdots-Au <i>Nanoparticles</i> untuk Fotodegradasi <i>methylene blue</i> dengan variasi konsentrasi secara fotolisis	44
BAB V PENUTUP		49
A.	Kesimpulan.....	49
B.	Saran	49
Daftar Pustaka.....		50
LAMPIRAN.....		62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Struktur Kimia Molekul Methylene Blue	6
2 Gambar struktur Cdots	8
3 Skema metode sintesis CDs	10
4 Ilustrasi skematik dari proses penembakan cahaya.....	12
5 Skema Band gap.....	15
6 Ilustrasi skema deposisi fotoreduktif logam Au ke permukaan CDot	18
7 Degradasi polutan Organik oleh katalis ZnO.....	19
8 PEG1500N-CDot larut dalam air	22
9 Ilustrasi di (atas) reaktor optik bertekanan tinggi	22
10 Hasil dalam hal konsentrasi asam format.....	23
11 Skema absoebansi dan emisi.....	27
12 sekema alat fotolisis	34
13 Grafik spektrum absorbansi Cdots-Au Nanoparticles.....	36
14 Grafik spektrum absorbansi Au Nanoparticles	37
15 Grafik spektrum fotoluminesens Cdots-Au Nanoparticles	40
16 Hasil karaterisasi TEM (a) Cdots dan (b) Au Nanoparticles	42
17 XRD Cdot dan Cdots-Au nanoparticles.....	43
18 Kurva pengaruh penambahan volume Cdots	45
19 Kurva pengaruh variasi konsentrasi doping Au Nanoparticles.....	47

DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
1 Nilai panjang gelombang dari puncak PL dan energi band gap.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Preparasi Katalis Cdots	62
2 Preparasi Katalis Cdots-Au <i>Nanoparticles</i>	63
3. Pembuatan Larutan <i>Methylene Blue</i>	64
4. Degradasi <i>methylene blue</i> dengan variasi konsentrasi katalis Cdots-Au <i>Nanoparticles</i> secara fotolisis	65
5. kurva Absorbansi zat warna <i>methylene blue</i>	66
6. Nilai %Degradasi dari zat warna <i>methylene blue</i>	70
7. Hasil sebelum dan sesudah degradasi zat warna <i>methylene blue</i>	71
8 Hasil perhitungan karaterisasi TEM.	72
9. Hasil sintesis dari Cdots dan Cdots-Au <i>Nanoparticles</i>	75
10. Proses sintesis Cdots dan Au <i>Nanoparticles</i>	77

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pengolahan air menjadi salah satu topik yang sangat penting terhadap perlindungan ekosistem lingkungan pada saat ini. Dalam air limbah industri mengandung polutan organik dan mineral dalam jumlah tinggi. Di antara dominasi senyawa yang terdapat dalam air limbah ditemukan senyawa pewarna. Pewarna digunakan secara luas oleh beberapa industri seperti: kosmetik, kertas, kulit, farmasi, industri makanan dan di industri tekstil. Lebih dari 7×10^5 ton pewarna ini diproduksi setiap tahun di seluruh dunia. Diperkirakan 10 sampai 15% dari senyawa kimia ini dibuang ke aliran limbah oleh industri tekstil (Boumediene *et al.*, 2018). Limbah cair juga mengandung sejumlah besar pewarna dan yang paling umum digunakan adalah jenis pewarna azo (70% dari semua pewarna). Pewarna azo sulit didegradasi karena struktur dan stabilitasnya yang kompleks (Mahamallik & Pal, 2020).

Salah satu pewarna yang banyak digunakan di industri tekstil ialah metilen biru. Metilen biru dapat mengiritasi saluran pencernaan jika tertelan, menimbulkan sianosis jika terhirup, dan iritasi pada kulit jika tersentuh oleh kulit (Hadayani *et al.*, 2015a). Berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup nomor Kep51/MENLH/10/1995, konsentrasi metilen biru nilai ambang batas dalam perairan sekitar 5 sampai 10 mg/L. Metilen biru merupakan limbah dari bahan organik yang sulit terurai, oleh karena itu diperlukan berbagai cara untuk menguraikan senyawa tersebut menjadi senyawa yang tidak berbahaya terhadap

lingkungan seperti metode biodegradasi (Abd El-Rahman *et al.*, 2020), adsorpsi (Hidayani *et al.*, 2015b), ozonasi dan fotodegradasi. Salah satu metode yang dapat mendukung proses penguraian senyawa tersebut adalah metode fotokatalitik (Chandra *et al.*, 2019).

Metode fotokatalitik merupakan metode yang menggunakan energi foton dan radiasi ultraviolet untuk menguraikan senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Fotokatalisis ini menggunakan katalis dan radiasi sinar ultraviolet (Saraswati *et al.*, 2015). Metode fotokatalitik dapat dilakukan karena relatif murah dan penggunaannya mudah di Indonesia. Metode fotokatalitik ini menguraikan zat warna menjadi komponen yang lebih sederhana, sehingga lebih aman bagi lingkungan (Diantariani *et al.*, 2014). Bahan yang dapat digunakan dalam proses fotokatalitik adalah bahan yang bersifat semikonduktor, bahan yang bersifat semikonduktor tersebut yang mampu mendegradasi limbah zat warna lebih cepat (Chandra *et al.*, 2019).

Salah satu material semikonduktor yang dapat digunakan adalah carbon nanodots (Cdots). Carbon nanodots (c-dots) adalah salah satu material nano yang terus dikembangkan, termasuk *carbon nanomaterials* dengan ukuran 2-10nm, struktur amorf dan bentuk bola (Triwardiati & Ermawati, 2018). Carbon Dots (C-Dots) adalah bahan baru dari keluarga karbon Kurang dari 10 nm dan disebabkan oleh polimerisasi rantai karbon. Cdots menjadi topik yang paling banyak dibicarakan di kalangan peneliti dalam sepuluh tahun terakhir ini karena sifatnya yang unik yaitu mempunyai sifat fluorescent kuat, tidak larut dalam air, dan tidak beracun. Atribut ini membuat Cdots memiliki berbagai macam potensi aplikasi,

seperti fotokatalis, optoelektronik, tinta, sensor, sensor kimia, *bio imaging* dan deteksi logam berat (Aji *et al.*, 2016; C. L. Li *et al.*, 2014; Liu *et al.*, 2016).

Sebagai jenis baru bahan nano fluoresen, *Carbon dot* (Cdots) telah mendapat perhatian yang luas. Sifat optiknya yang sangat baik, stabilitas kimia yang memuaskan, toksisitas rendah, dan biokompatibilitas yang sangat baik Dan penyesuaian fungsi permukaan. Sejak itu, mereka telah menjadi nanomaterial karbon paling populer setelah *Fullerene*, *Carbon nanotube* , dan *graphene* telah dipelajari dan diterapkan dalam biologi dan pencitraan Induksi fluoresensi (Feng *et al.*, 2019). Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi *Carbon dot* untuk mengoptimalkannya melalui metode pendopongan. Ion logam transisi yang digunakan sebagai dopan *Carbon dot* adalah Pt^+ , Ag^+ , dan Au^+ (Feng *et al.*, 2019; Kim *et al.*, 2011).

Nanokomposit adalah kombinasi material nano dan material lainnya Material molekuler atau berskala nano, seperti nanopartikel atau nanotube. Umumnya material nanokomposit baru ini memiliki sifat fisik dan Sifat kimiawi partikel. Di antara nanokomposit ini, Material komposit Au *Nanoparticles* doping *Carbon dots* telah menarik banyak perhatian karena protokolnya yang mudah dibuat dan berbagai aplikasi potensial. Nanokomposit Au *Nanoparticles* doping *carbon dots* menggabungkan sifat fisik dan kimia yang sangat baik dari dua bahan Nanopartikel emas dan nanodot karbon. Modifikasi permukaan yang mudah serta Konduktivitas yang sangat baik dari nanopartikel emas dan nanodot karbon Dan luas permukaan yang tinggi telah menghasilkan berbagai aplikasi, seperti biosensing, penginderaan gas, dan elektrokimia (Hajian *et al.*, 2015).

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian tentang “Aplikasi *gold doped* Cdots sebagai katalis untuk fotodegradasi senyawa *Methylene blue*” sangatlah menjadi penting untuk dilakukan, sehingga dapat mengatasah masalah limbah dari industri tekstil.

Pada penelitian ini diharapkan dengan menggunakan metode fotokatalisis dapat mengetahui efektifitas dalam mendegradasi zat warna *methylene blue*. Hasil degradasi akan dikarakterisasi dengan spektrofotometer UV-Vis, fotoluminesensi, XRD, dan TEM.

B. Identifikasi Masalah

Adapun identifikasi masalah pada penelitian ini adalah:

1. *Methyl blue* merupakan pewarna sintetis yang sulit di degradasi.
2. Beberapa metode telah digunakan dalam penguraian zat warna sintetis, namun upaya tersebut dirasa masih kurang efektif dan efisien.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Pembuatan larutan *methylene blue* dengan konsentrasi 10 ppm
2. Variasi konsentrasi dopan Au^+ adalah 5ppm, 10ppm, 15ppm, 20ppm dan 25ppm
3. Metode yang di gunakan pada penelitian ini adalah fotokatalisis

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka perumusan masalah untuk penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penyinaran yang digunakan terhadap degradasi zat warna *methylene blue* secara fotolisis?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi dopan Au^+ terhadap degradasi zat warna *methylene blue* secara fotolisis?

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui efektifitas nanokomposit *carbon dots* (Cdots) doping *gold Nanoparticles* (Au *Nanoparticles*) untuk katalis degradasi senyawa pewarna sintetik tekstil.
2. Mengetahui konsentrasi doping Au *Nanoparticles* yang efektif untuk pendoping pada Cdots sebagai variasi katalis yang di doping.

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian :

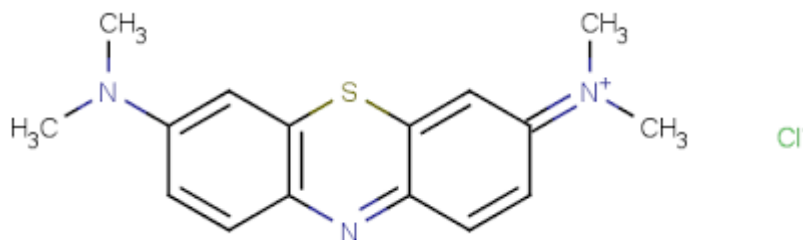
1. Memperoleh informasi tentang efektifitas *carbon dots* (Cdots) doping *gold Nanoparticles* (Au *Nanoparticles*) untuk degradasi senyawa pewarna sintetik tekstil.
2. Memberikan informasi konsentrasi doping Au *Nanoparticles* yang efektif untuk pendopingan pada Cdots sebagai variasi katalis yang di doping.

BAB II

KERANGKA TEORITIS

A. Methylene Blue

Methylene blue, dengan rumus kimia $C_{16}H_{18}N_3SCl$, adalah senyawa organik aromatik yang beracun dan pewarna kationik dengan adsorpsi yang sangat kuat. Pewarna biru metilen banyak digunakan dalam industri tekstil karena warnanya yang tidak terbasah, dan telah mendapat perhatian besar dalam proses pengolahan limbah. Senyawa ini bersifat toksik, menyebabkan mutasi genetik dan mempengaruhi reproduksi. Berat molekul metilen biru adalah $319,86 \text{ g mol}^{-1}$, titik leleh 105°C , berwarna biru, tidak berbau, stabil di udara, mudah larut dalam air (larutan berwarna biru tua), kloroform, alkohol dan kelarutannya $4,36 \times 10^4 \text{ mg L}^{-1}$ (Larranaga *et al.*, 2016). Struktur *methylene blue* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Struktur Kimia Molekul Methylene Blue (Sumber: <http://fiehnlab.ucdavis.edu>)

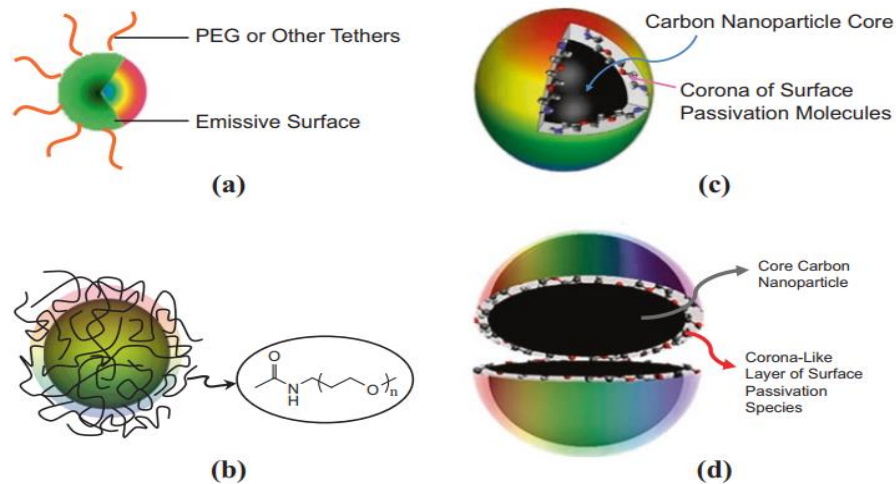
Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna. Zat organik ini dapat dijumpai dalam pembentukan zat warna ialah senyawa aromatik diantaranya senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa organik yang mengandung nitrogen (Manurung *et al.*, 2004).

Kromofor zat warna reaktif biasanya merupakan sistem azo dan antrakuinon dengan berat molekul relatif kecil. Penyerapan seratnya tidak bagus. Buat pewarna Bahan yang tidak bereaksi dengan serat akan mudah dihilangkan. Gugus-gugus penghubung Akan mempengaruhi daya serap pewarna dan ketahanan terhadap asam atau asam Alkaline. Gugus-gugus reaktif merupakan bagian-bagian dari zat warna yang mudah lepas. Dengan lepasnya gugus reaktif ini, zat warna menjadi mudah bereaksi dengan serat kain. Pada umumnya agar reaksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan penambahan alkali atau asam sehingga mencapai pH tertentu (Manurung *et al.*, 2004).

Pada penelitian (Misbah, 2015) melaporkan melalui penelitiannya yang melakukan degradasi *methylene blue* dengan sinar uv dan sinar matahari dengan bantuan katalis TiO_2 - N/ZEOLIT. Melaporkan bahwa hasil degradasi dari sinar matahari lebih tinggi dari pada sinar uv yaitu sebesar 99.18% sedangkan persen degradasi dari sinar uv yaitu sebesar 79.29% dengan waktu kontak selama 120 menit. (Chandra *et al.*, 2019) juga melakukan penelitian terhadap degradasi *methylene blue* dengan bantuan katalis zeolite- WO_3 dengan memvariasikan massa katalis dan melaporkan hasil penelitiannya dengan massa katalis yang optimum di gunakan untuk degradasi *methylene blue* adalah 0,45 gram katalis WO_3 menghasilkan persen degradasi sebesar 99.84% dengan lama waktu kontak 75 menit. Dan (Hidayani *et al.*, 2015b) juga melaporkan hasil penelitian adsorpsi zat warna *methylene blue* dengan abu Lalang bahwa data optimum untuk absorpsi zat warna ialah pada pH 3 , waktu kontak 75 menit dan massa absorben 0.5 gram dengan kapasitas adsorpsi 0.4844mg/g.

B. Carbon dots (Cdots)

Carbon dots (gambar Cdots 2.2.) (disebut juga sebagai “carbon quantum dots,” “carbon nanodots,” “carbon nano-dots,” “C-Dots,” “C-dots,” “Cdots,” dan lain lain.) umumnya didefinisikan sebagai nanopartikel karbon kecil dengan berbagai skema passivasi permukaan. Karbon nanopartikel berbeda secara signifikan dalam struktur serta sejumlah sifat alotrop sakala nano lainnya yang banyak dicari. Mulai dari fullerene nol-dimensi ke nanotube karbon satu-dimensi, dan yang lebih baru graphene dua-dimensi (Y. P. Sun, 2020).



Gambar 2 Gambar struktur Cdots Semua ilustrasi menekankan emisi photoluminescence dari permukaan pasif karbon nanopartikel, yang merupakan rasionalitas yang diusulkan untuk Cdots dalam laporan asli, dan biasanya konsisten dengan hasil eksperimental yang tersedia

1. Sifat dan struktur Cdots

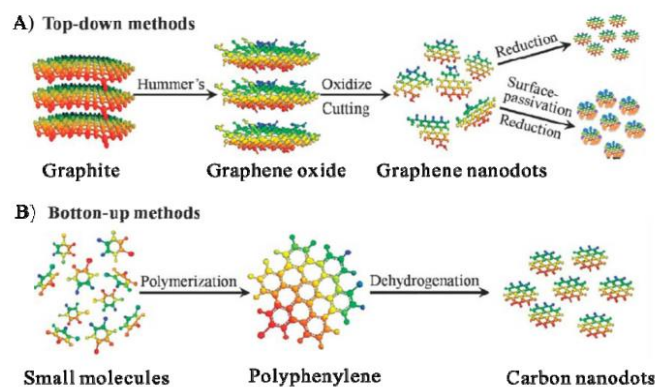
Karbon merupakan material yang umum ditemukan dari berbagai bahan alam, memiliki beragam jenis dan bentuk dengan sifatnya yang unik (Zhu *et al.*, 2015). Carbon dots (Cdots) merupakan material karbon berbasis skala nano dimensi nol dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai material semikonduktor berbasis quantum dots (QDs). Biasa disebut nanopartikel kelas quasispherical,

berbentuk bola, dengan ukuran kurang dari 10 nm (Dewi *et al.*, 2016). Pada umumnya terdiri dari amorf dan berinti nano kristal, sebagian besar strukturnya memiliki konfigurasi elektron sp^2 , ada beberapa pengecualian yang pernah dilaporkan berstruktur intan dengan konfigurasi elektron sp^3 (Namdari *et al.*, 2017; Peng *et al.*, 2017).

Dalam klasifikasi material, Cdots dapat digolongkan kedalam material optik yang dapat memancarkan cahaya (fluorescent carbon material) (Kumari *et al.*, 2018). Cdots memiliki struktur dan komposisi yang unik, dan dapat menjadi material logam alternatif berbasis kuantum dots (Tuerhong *et al.*, 2017). Secara alami Cdots memiliki elektron yang digunakan sebagai akseptor dan donor, sehingga CD berpotensi untuk diaplikasikan di bidang optronik, katalis dan sensor (Y. Wang & Hu, 2014). Selain itu, sejumlah besar karbon hidroksil di permukaan memungkinkan untuk berinteraksi dengan ion logam dan dapat menstabilkan nanopartikel logam (J. Zhang *et al.*, 2017). Sebagai bahan semikonduktor, Cdots memiliki aktivitas fotokatalitik yang baik sehingga berpotensi sebagai katalisator (Lin *et al.*, 2010). Penelitian ini secara khusus membahas potensi Cdots sebagai katalisator.

2. Metode sintesis Cdots

Metode sintesis Cdots secara umum dibagi menjadi dua kategori: metode "top-down" menggunakan grafit sebagai sumber karbon dan metode "bottom-up" dengan menggunakan molekul organik digunakan sebagai sumber karbon (Gambar 2.3). Oleh karena itu, Cdots juga dapat diekspresikan sebagai graphene nanodots dan carbon nanodots, masing-masing (Tuerhong *et al.*, 2017)



Gambar 3 Skema metode sintesis CDs (a) metode Top Down (b) metode Bottom Up

1) Metode *Top Down*

Metode ini mensintesis CD dengan menguraikan balok karbon yang besar menjadi bahan berskala nano. Sumber karbon yang digunakan adalah jenis anorganik. Asam kuat biasanya digunakan untuk memotong (Y. Wang & Hu, 2014). Menggunakan teknik sintetik, seperti: *arc discharge*, ablasi laser, oksidasi kimia (Haryono *et al.*, 2018). dan karbonisasi elektrokimia (Namdari *et al.*, 2017). Beberapa jenis karbon yang menggunakan teknik ini dalam proses sintesisnya adalah grafit, tabung nano karbon, dan karbon aktif (Y. Wang & Hu, 2014).

2) Metode *Bottom Up*

Metode ini mensintesis CD dari bahan organik (Dewi *et al.*, 2016). seperti: garam sitrat, karbohidrat, bio-material, nanokomposist, dll (Y. Wang & Hu, 2014). Teknologi yang digunakan bisa berupa ultrasonic (Peng *et al.*, 2017). Pembakaran (Y. Wang & Hu, 2014), hidrotermal (C. Li *et al.*, 2017), dan radiasi *microwave* (Janus *et al.*, 2019). Radiasi gelombang *microwave* biasanya menghasilkan Cdots bercahaya hijau. Molekul amina, terutama molekul amina

primer, memainkan peran ganda sebagai *n-dopping* dan agen pasifikasi pada Cdots (Namdari *et al.*, 2017). Sementara itu, teknologi hidrotermal menggunakan suhu dan tekanan tinggi dalam proses ini. Beberapa biomassa, seperti telur, rumput, kulit buah (Tuerhong *et al.*, 2017) dan daun tembakau (Dewi *et al.*, 2016). Telah digunakan sebagai dasar untuk metode sintesis Cdots bottom-up.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode *Bottom Up* berupa radiasi gelombang *mikrowave*. Metode *Bottom Up* dipilih karena tidak menggunakan asam kuat dalam proses sintesisnya (Tuerhong *et al.*, 2017). Sehingga membuat CD lebih ramah lingkungan. Sedangkan radiasi gelombang mikro dipilih karena memiliki keunggulan harga yang relatif murah, serta teknologi dan alat yang digunakan lebih sederhana dibandingkan dengan teknologi pembakaran, teknologi ultrasonik dan hidrotermal (Namdari *et al.*, 2017; Tuerhong *et al.*, 2017; X. Wang *et al.*, 2009).

3) Karakterisasi Cdots

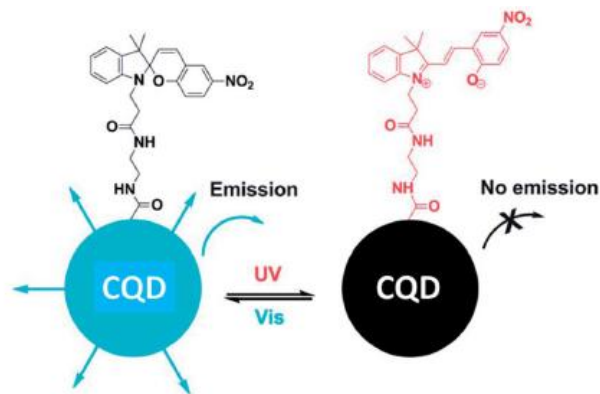
1) Spektrum Absorbansi dan Fluoresensi

Spektrum absorpsi Cdots dapat diukur dalam spektrum tampak. Beberapa jenis ikatan yang terukur di area ini. Ikatan dapat berupa ikatan $\pi = \pi^*$ karbon, atau $n = \pi$ ($n =$ karbon) (Namdari *et al.*, 2017; Y. Wang & Hu, 2014). Biasanya diukur pada panjang gelombang 230-320 nm. Panjang gelombang ikatan karbon adalah 230 nm, dan panjang gelombang ikatan transisi lainnya adalah 300 nm (Namdari *et al.*, 2017).

Berkenaan dengan karakteristik fluoresensi, Cdots memiliki karakteristik pendaran non-flicker (stabilitas cahaya) dibandingkan dengan bahan fluoresen

alami. Fotostabilitas ini menunjukkan adanya molekul tunggal yang telah lama terperangkap (Namdari *et al.*, 2017).

Berdasarkan penelitian Adelina Ryan Candra Dewi, dkk. (2016), spektrum absorbansi Cdots terukur pada panjang gelombang 398 – 430 nm dan spektrum fluoresensi pada 360 – 550 nm (Dewi *et al.*, 2016). Jie Zhang, dkk. (2016) juga menunjukkan, spektrum fluoresensi terukur pada 280 – 440 nm (J. Zhang *et al.*, 2017). Guili He, dkk. (2017) melaporkan dengan menggunakan metode radiasi *microwave*, Spektrum absorbansi Cdots terukur pada 250 – 350 nm (He *et al.*, 2017). Hal serupa dilaporkan oleh Xiaofang Hou, dkk. (2017) bahwa, spektrum absorbansi Cdots terukur pada 300 – 500 nm, dan fluoresensi pada 400 – 600 nm (Hou *et al.*, 2017).



Gambar 4 Ilustrasi skematik dari proses penembakan cahaya

2) Struktur electron

Kompleksitas dan efisiensi interaksi antara inti karbon, gugus fungsi dan doping heteroatom sangat mempengaruhi kemampuan elektrokimia Cdots. Derajat luas permukaan akan mempengaruhi kemampuan transfer elektron. Sebuah elektron dapat menjadi tempat terbentuknya dinding kuantum antara kuantum dots dan lapisan permukaan. Saat membawa gugus fungsi oksigen, sifat elektrokimia QDs dapat dianodisasi seperti lapisan oksida graphene. Gugus ini bertanggung

jawab untuk membentuk struktur tak beraturan pada ikatan karbon sp^2 konduktif, sehingga melemahkan transfer elektron. Jika oksigen berada di tepi, itu akan mengaktifkan kemampuan katalitik Cdots (Namdari *et al.*, 2017).

Karbon dots memiliki ukuran kecil, stabilitas tinggi, dan konduktivitas Cdots menjadikannya aplikasi potensial untuk reagen reduksi elektrokatalis. Selain itu, menambahkan elemen n ke Cdots akan meningkatkan kemampuan reduksi (Namdari *et al.*, 2017).

1. Mekanisme Pendaran/ Fluoresensi

Cdots merupakan bahan yang dapat memancarkan cahaya. Interpretasi dari mekanisme pendaran ini tidak seragam. Secara umum diyakini bahwa sifat ini mungkin disebabkan oleh efek kuantum, struktur permukaan, dan rekombinasi pasangan elektron-hole (Tuerhong *et al.*, 2017).

i. Efek Kuantum

Efek kuantum adalah fenomena di mana elektron terus bergerak di sekitar tingkat Fermi sebagai energi diskrit ketika ukuran partikelnya nanometer. Hal ini mengarah pada material nano, terutama material nano di bawah 10 nm, yang memiliki sifat berbeda dari material aslinya yang lebih besar.

Berdasarkan efek tersebut, telah dilaporkan beberapa fenomena yaitu ukuran celah pita semakin mengecil karena bertambahnya ukuran partikel yang menyebabkan perubahan sifat absorbansi dan fluoresensi. Cdots dengan ukuran partikel rata-rata 2,6 nm menghasilkan kromatogram biru, hijau, dan kuning, dan spektrum maksimum diukur pada panjang gelombang merah dengan bertambahnya berat molekul (Tuerhong *et al.*, 2017).

ii. Struktur Permukaan

Gugus fungsi yang ada di permukaan Cdots merupakan faktor penting dalam meningkatkan celah energi. Untuk meningkatkan kemampuan fluoresen, permukaan harus diratakan. Nitrogen sebagai molekul organik secara efektif dapat mempengaruhi proses pasifikasi dan meningkatkan efisiensi fluoresensi. Menurut teori, permukaan Cdots dengan ikatan dominan akan menghasilkan spektrum merah, dan celah pita akan muncul dengan bertambahnya jumlah ikatan $-NH_2$.

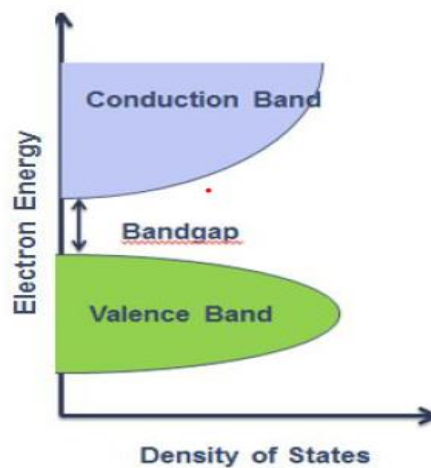
Derajat oksidasi Cdots juga mempengaruhi spektrum fluoresensi. Tingkat oksidasi yang lebih rendah menunjukkan fluoresensi Cdots yang diukur dalam spektrum biru, sedangkan tingkat oksidasi yang lebih tinggi dalam spektrum hijau (Tuerhong *et al.*, 2017).

iii. Rekombinasi Pasangan Elektron-Hole

Secara teoritis, rekombinasi / penataan ulang pasangan lubang elektron dapat digunakan untuk menjelaskan mekanisme fluoresensi heteroatom CD. Penambahan nitrogen ke CD menyebabkan penataan ulang lubang elektron dan meningkatkan efisiensi fluoresensi. Ini karena nitrogen dapat menghasilkan tingkat energi baru di permukaan CD (Tuerhong *et al.*, 2017).

iv. Band Gap

Band gap adalah faktor utama dalam menentukan konduktivitas suatu material. Bahan dengan *band gap* besar diklasifikasikan sebagai isolator, bahan dengan *band gap* kecil adalah semikonduktor, dan bahan dengan *band gap* kecil atau mendekati nol digunakan sebagai konduktor (Raja & Barron, 1934)



Gambar 5 Skema Band gap

Ada beberapa cara untuk menentukan celah pita. Salah satunya adalah karakterisasi optik yaitu penentuan spektrum serapan dengan bantuan spektrometer ultraviolet-tampak (Raja & Barron, 1934). Kemudian, metode Tauc Plot dapat digunakan untuk menghitung energy gap berdasarkan panjang gelombang notch pada spektrum (Jayant & Aniruddha, 2012). Hal ini dimungkinkan karena terjadi proses deeksitasi pada CD yang disertai dengan proses emisi gelombang elektromagnetik (transmisi radiasi). Dalam keadaan ini, energi gelombang yang dihasilkan akan mendekati celah energi. Persamaan yang digunakan untuk menentukan celah energi adalah (Dewi *et al.*, 2016):

$$\alpha^2 = \frac{hc}{\lambda} - Eg$$

Dimana, h adalah konstanta *plank*, c adalah kecepatan cahaya dan α merupakan derajat absorbansi. Nayerah Soltani, dkk. (2012) melaporkan bahwa Cdots memiliki *direct band gap* sehingga derajat absorbansi mendekati nol ($\alpha \approx 0$) (Soltani *et al.*, 2012). Sedangkan merupakan Eg energi *gap*, dan λ adalah panjang gelombang pemotongan pada spektrum absorbansi Cdots.

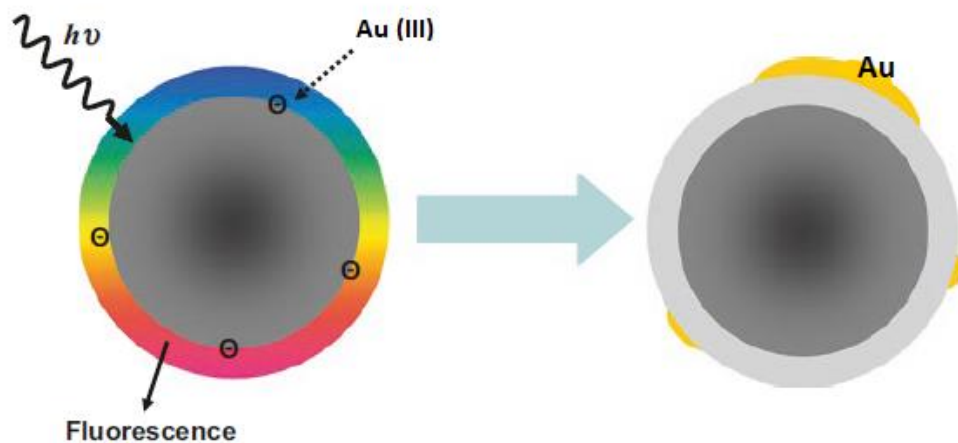
Nayereh Soltani, dkk. (2012) melaporkan E_g Cdots terukur sebesar 2,64 eV dengan menggunakan metode Tauc Plot (Soltani *et al.*, 2012). Hal yang sama di sampaikan oleh Zoubeida Khfacha, dkk. (2016) bahwa E_g Cdots 2,36 eV yang dihitung dengan permodelan matematis (Khéfacha *et al.*, 2016), dan Adelina Ryan Candra Dewi, dkk. (2016) menyampaikan E_g Cdots sebesar 2,25 – 2,70 eV (Dewi *et al.*, 2016). Berdasarkan penjelasan di atas dapat di ambil kesimpulan bahwasanya Cdots bersifat semikonduktor dengan besar E_g pada rentang 2- 3 eV.

C. Dopan Au Nanoparticles

Diantara logam transisi ada beberapa logam yang dapat di doping dengan Cdots yaitu logam Perak (Ag), Emas (Au) dan Platinum (Pt). Dapat dilihat dari sifat reduksi oksidasi ke tiga logam tersebut, memiliki interaksi redoks yang bertanggung jawab untuk *quenching photoluminescence* yang mempengaruhi deposisi logam sesuai dengan permukaan partikel nano (Y. P. Sun, 2020). Selain dari itu Emas (Au) adalah logam yang sangat bagus di aplikasikan sebagai bahan pendoping dari Cdots. Karena menurut (Cao *et al.*, 2011), bahwasannya Cdots di doping dengan emas dapat di gunakan sebagai fotokatalisis. Dimana emas digunakan untuk mengkonsistenkan elektron untuk mengurangi emisi fluoresensi namun secara substansial meningkatkan reduksi fotokatalitik (Cao *et al.*, 2011).

Doping permukaan fotoreduktif yang sama dari nanopartikel karbon oleh emas dapat dengan mudah dilakukan dalam eksperimen serupa, di mana peran nanopartikel karbon yang berfotoexit sebagai donor elektron yang kuat menjadi jelas (Y. P. Sun, 2020). Pemadaman fluoresensi intra-dot atau kontak dekat yang sangat efisien melalui interaksi transfer muatan telah dibuktikan dalam doping permukaan Cdots dengan logam mulia. Dari pelaporan penelitian (Xu, Juan, Cao

et al., 2012) pada percobaannya larutan Cdots berair pertama kali diperiksa untuk fotostabilitasnya. Baik penyerapan optik dan emisi fluoresensi dari sampel ditemukan stabil sehubungan dengan fotoiradiasi dengan sumber xenon 450 W digabungkan dengan filter untuk rentang spektrum X 425–720 nm hingga 10 jam. Dan di hasilkan bahwa tidak ada reaksi fotokimia yang berarti dalam larutan *dot* tanpa adanya zat lain. Namun, dengan adanya garam logam mulia, khususnya senyawa platina (IV) atau emas (III) dalam larutan air, fotoiradiasi yang sama mengakibatkan penurunan dramatis dalam intensitas fluoresensi yang diamati hanya dalam waktu singkat yaitu, pendinginan substansial dari emisi fluoresensi (Xu, Juan, Cao *et al.*, 2012). Dots photoexcited bertindak sebagai donor elektron yang kuat untuk reduksi Au (III) menjadi logam Au pada permukaan *dot*. Kemudian, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6 pada Au-dopen Cdots, logam Au, yang dikenal dengan afinitas elektron tinggi, harus mengambil perangkat elektron yang dihasilkan dalam pemisahan muatan fotoinduksi, sehingga mengganggu rekombinasi radiasi dan mengurangi emisi fluoresensi. Pengaruh elektron "pemekat" logam mulia yang didoping permukaan titik telah dikonfirmasi dalam penggunaan Cdots sebagai fotokatalis (Y. P. Sun, 2020).



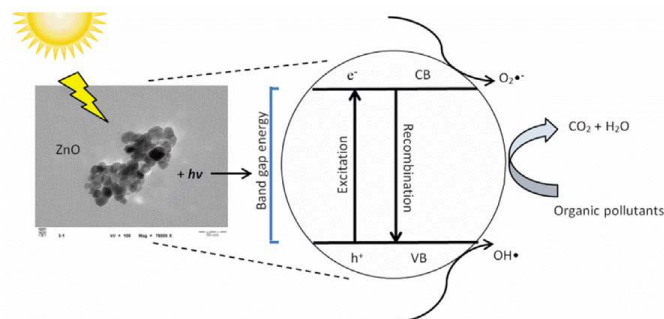
Gambar 6 Ilustrasi skema deposisi fotoreduktif logam Au ke permukaan CDot

D. Fotokatalisis

Fotokatalis dapat diartikan sebagai reaksi kimia yang menggunakan cahaya sebagai sumber energi, tujuannya untuk menggunakan bahan (katalisator) yang biasanya merupakan bahan semikonduktor untuk mendegradasi reagen (Petit *et al.*, 2016). Metode yang umum digunakan dalam fotokatalis adalah metode AOPs. Metode AOPs (Advanced Oxidation Process) merupakan metode yang menggunakan katalisator untuk menghasilkan radikal hidroksil yang memiliki efisiensi tinggi dalam proses oksidasi senyawa organik. Mekanisme AOP dapat dibedakan menjadi fotokatalisis homogen atau heterogen. Fotokatalisis homogen menggunakan pereaksi Fenton, yaitu campuran hidrogen peroksida dan garam Fe^{2+} , yang dapat menghasilkan radikal hidroksil di bawah iradiasi ultraviolet dengan panjang gelombang lebih dari 300 nm. Sebaliknya, fotokatalisis heterogen menggunakan oksida semikonduktor sebagai fotokatalis (Ong *et al.*, 2018).

Fotokatalis umumnya didefinisikan sebagai proses konversi kimiawi dengan adanya katalis dan asisten foto. Fotokatalis melibatkan pasangan *electron-hole* (e^- dan h^+) dalam reaksinya. Fotokatalis menggunakan cahaya untuk mengaktifkan

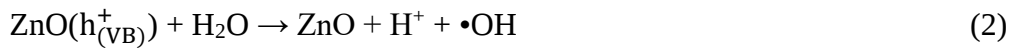
katalis, dan kemudian katalis bereaksi dengan senyawa di dekat atau pada permukaan katalis. Bahan fotokatalis dapat digunakan untuk memurnikan air dari polutan organik dan anorganik menjadi senyawa yang tidak berbahaya (Sutanto, 2015). Fotokatalis mengubah energi cahaya menjadi energi kimia. Selama proses ini akan dihasilkan radikal hidroksil. Radikal hidroksil akan mengalami reaksi redoks dengan senyawa organik (polutan). Oleh karena itu, air akan dipisahkan dari limbah cair dan kembali menjadi air jernih (Sucahya *et al.*, 2016).



Gambar 7 Degradasi polutan Organik oleh katalis ZnO dengan bantuan cahaya matahari

Gambar 2.7 mengilustrasikan reaksi redoks yang terjadi selama fotokatalisis. Ketika ZnO diinduksi oleh cahaya matahari dengan energi fotonik ($h\nu$) sama atau lebih besar dari energi eksitasi (E_g), e^- dari pita valensi terisi (VB) dipromosikan menjadi pita konduksi kosong (CB). Proses yang diinduksi foto ini menghasilkan pasangan lubang elektron (e^- / h^+) seperti yang ditunjukkan dalam (Persamaan (1)). Pasangan lubang elektron dapat bermigrasi ke permukaan ZnO dan terlibat dalam reaksi redoks seperti yang ditunjukkan pada (Persamaan (2) - (4)), dimana H^+ bereaksi dengan air dan ion

hidroksida menghasilkan radikal hidroksil sedangkan e^- bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan anion radikal superoksida kemudian hidrogen peroksida (Persamaan (5)). Hidrogen peroksida kemudian akan bereaksi dengan radikal superoksida membentuk radikal hidroksil (Persamaan (7) - (9)). Kemudian, radikal hidroksil yang dihasilkan, yang merupakan oksidator kuat, akan menyerang polutan yang teradsorpsi pada permukaan ZnO untuk menghasilkan senyawa antara dengan cepat. Bahan antara pada akhirnya akan diubah menjadi senyawa hijau seperti CO_2 , H_2O dan asam mineral seperti yang ditunjukkan pada (Persamaan (11)). Mekanisme fotodegradasi senyawa organik dengan adanya radiasi matahari melalui reaksi redoks dapat diringkas sebagai berikut (Ong *et al.*, 2018).

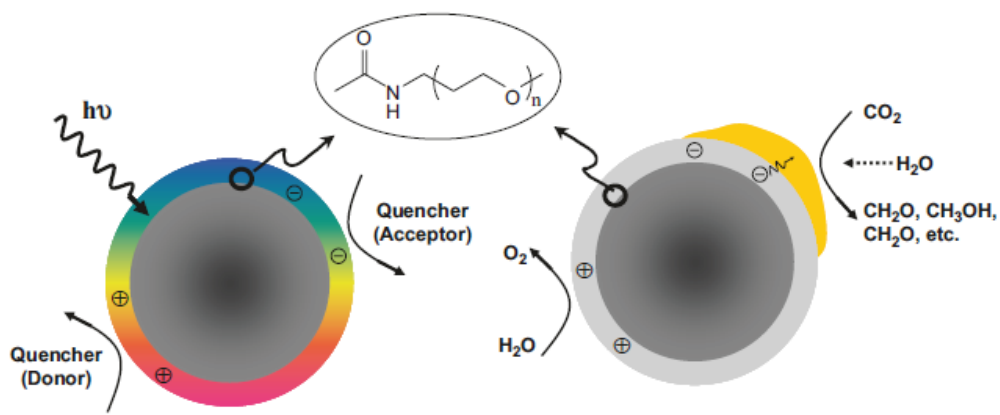




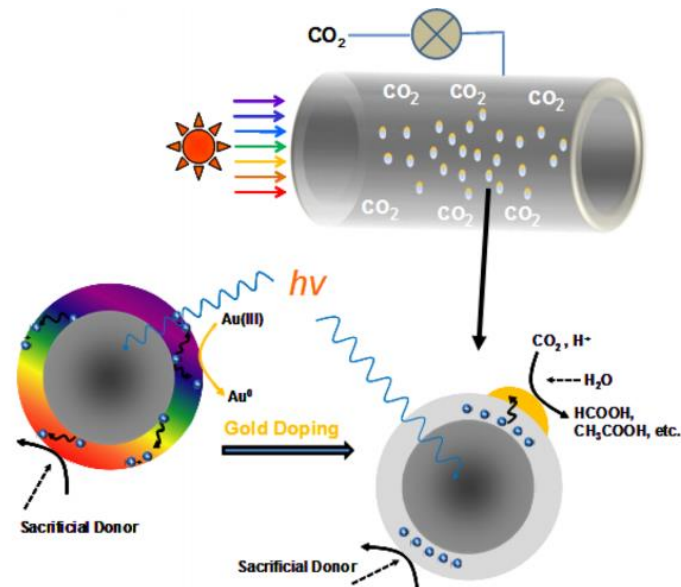
1. Fotokatalis Cdots-Au

Cdots telah dieksplorasi sebagai fotokatalis dalam banyak penelitian yang dilaporkan. Yang disorot di sini adalah contoh yang dipilih untuk penggunaan Cdots dalam reduksi fotokatalitik cahaya tampak dari CO₂ menjadi molekul organik kecil, dengan pemilihan berdasarkan fakta bahwa efisiensi konversi CO₂ yang dicapai adalah yang terbaik di bidang yang relevan (Cao *et al.*, 2011; Sahu *et al.*, 2014). Seperti yang pertama kali dilaporkan (Cao *et al.*, 2011), PEG₁₅₀₀N-Cdots dengan permukaan-doped emas atau logam platinum digunakan sebagai fotokatalis untuk reduksi CO₂, di mana emas atau logam platinum adalah untuk memusatkan elektron untuk mengurangi emisi fluoresensi namun meningkatkan secara substansial pengurangan fotokatalitik (Gambar 2.8). Secara eksperimental, larutan *dot* berair yang jenuh dengan CO₂ di fotoiradiasi dengan cahaya tampak (425-720 nm) selama 5 jam. Asam format sebagai fotoproduk yang mudah menguap dalam larutan air pasca fotoiradiasi dipanen untuk identifikasi dan kuantifikasi. Pembentukan asam format sebagai fotoproduk dikonfirmasi dalam Eksperimen ¹³C-labeling dengan menggunakan NaH₁₃CO₃ berair (pada konsentrasi setara CO₂ jenuh) sebagai umpan dalam kondisi pH netral dan asam (sehingga meniru CO₂ berair), sehingga memungkinkan karakterisasi ¹³C-NMR yang tidak ambigu.

Kuantifikasi fotoproduk digunakan untuk memperkirakan hasil kuantum untuk reduksi fotokatalitik CO_2 . Untuk reduksi menjadi asam format saja, perkiraan hasil kuantum adalah sekitar 0,3%, yang kemungkinan lebih rendah daripada hasil kuantum keseluruhan untuk konversi CO_2 , karena secara umum diketahui bahwa fotokonversi akan menghasilkan produk lain seperti methanol (Cao *et al.*, 2011).

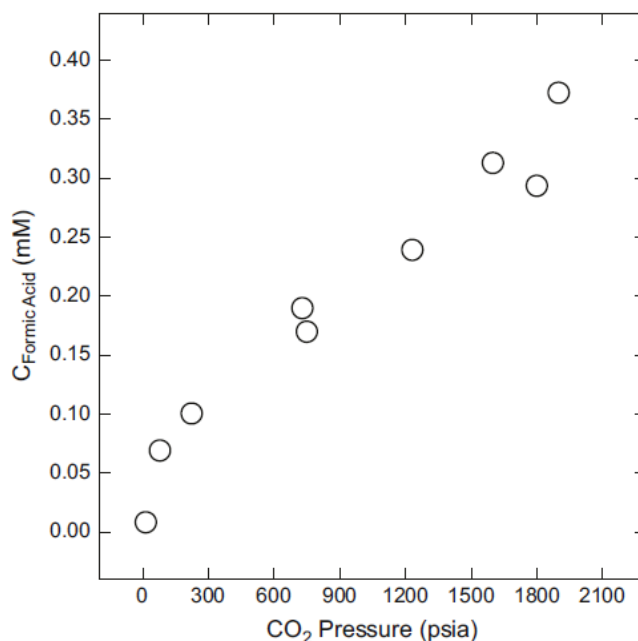


Gambar 8 PEG1500N-CDot larut dalam air



Gambar 9 Ilustrasi di (atas) reaktor optik bertekanan tinggi

Kemudian laporan eksperimen dari (Sahu *et al.*, 2014), menjelaskan bahwa Cdots yang sama dengan doping emas dalam larutan air digunakan dengan CO₂ pada konsentrasi yang lebih tinggi dalam sel optik tertutup untuk reduksi fotokatalitik cahaya tampak yang sama (405-720 nm) (Gambar. 2.9). Selain keberadaan asam format yang substansial, asam asetat juga terdeteksi dalam campuran produk, yang agak mengejutkan karena reduksi menjadi asam asetat membutuhkan delapan elektron secara keseluruhan, terlepas dari mekanisme rinci mana pun yang diperdebatkan dalam literatur. Asam format sebagai fotoproduk yang menonjol kembali digunakan untuk menentukan efisiensi konversi relatif pada tekanan CO₂ yang berbeda (sesuai dengan konsentrasi CO₂ yang berbeda dalam larutan air). Produksi asam format jelas meningkat dengan meningkatnya tekanan CO₂ (atau konsentrasi, Gambar 2.10).



Gambar 10 Hasil dalam hal konsentrasi asam format

Pada 1900 psia, jumlah asam format sekitar urutan besarnya lebih tinggi daripada yang dihasilkan di bawah tekanan CO₂ ambien, yang seharusnya sesuai secara kasar dengan besarnya peningkatan yang sama dalam hasil kuantum reaksi fotokatalitik untuk pembentukan asam format saja (sekitar 0,3% dalam larutan berair jenuh-CO₂ di bawah tekanan ambien (Cao *et al.* 2011a), seperti dibahas di atas, ketergantungan yang kuat pada tekanan CO₂ (setara dengan konsentrasi CO₂) benar-benar tidak terduga, “yang mungkin dipahami dalam istilah pentingnya interaksi awal antara katalis photoexcited dan molekul CO₂ dalam konversi menjadi asam format, dengan lebih banyak molekul CO₂ di larutan air di bawah tekanan CO₂ yang lebih tinggi dalam sel optik, dan / atau keterlibatan proses multi-langkah yang lebih kompleks dalam reaksi fotokonversi ” (Sahu *et al.*, 2014).

Hasil yang disorot di atas dan lebih banyak dalam literatur telah menunjukkan bahwa Cdots dengan logam mulia yang didoping permukaan adalah fotokatalis yang sangat efektif untuk fotoreduksi CO₂. Tentang kemungkinan asal muasal (Cao *et al.*, 2019): “Efektivitas fotokatalis berbasis Cdots dapat dirasionalkan oleh hasil yang tersedia dan diskusi mekanistik dalam penggunaan semikonduktor konvensional sebagai fotokatalis. Faktanya, sebagian besar fotokatalis semikonduktor yang lebih efisien untuk konversi CO₂ telah dibuat dengan beberapa semikonduktor dari celah pita yang berbeda, dengan prinsip desain katalis dan praktik yang mencerminkan secara implisit atau eksplisit kebutuhan untuk beberapa jenis tindakan terkoordinasi dari beberapa katalis dalam fotoreduksi CO₂. reaksi. Dalam hal ini, Cdots untuk transisi elektronik mereka yang terdistribusi luas dan distribusi status photoexcited dalam titik-titik

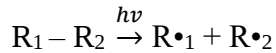
individu, seperti yang tercermin dari sifat penyerapan dan emisi fluoresensi yang diamati dalam jumlah besar dan pada tingkat titik individu, masing-masing dapat mewakili secara intrinsik campuran atau distribusi fotokatalis karakteristik yang berbeda. Ini analog dengan konfigurasi katalis yang menggabungkan beberapa semikonduktor menjadi satu, seperti dibahas di atas, yang mungkin bertanggung jawab untuk mengamati fungsi fotokatalitik yang lebih kuat dari Cdots dan Cdots bertali logam yang mulia."

Dalam literatur, Cdots dan fotokatalis turunannya sebenarnya lebih populer dalam penyelidikan fotokatalitik pemisahan air. Fotokatalis yang sama dari Cdots dengan logam mulia yang didoping permukaan yang digunakan untuk konversi CO₂ yang dibahas di atas juga mampu memisahkan air di bawah penerangan cahaya tampak (Cao *et al.*, 2011). Namun, investigasi kuantitatif tambahan telah menyarankan secara konsisten bahwa fotokatalis ini jauh lebih kuat untuk reduksi CO₂ daripada pemisahan air dengan foton yang terlihat. Perbedaan yang menarik ini memiliki implikasi mekanistik utama, yang membutuhkan lebih banyak perhatian dalam pengembangan lebih lanjut dari fotokatalis berbasis Cdots.

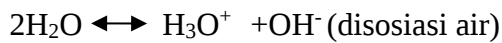
E. Fotolisis

Fotolisis adalah proses degradasi zat melalui kehadiran fotokatalis dan katalis material, atau proses pemutusan ikatan senyawa organik dengan bantuan energi foton ultraviolet yang sesuai. Ketika bahan fotolitik terkena cahaya, ia menyerap energi foton dan menyebabkan reaksi kimia. Partikel fotokatalis menyerap sinar matahari (UV) untuk membentuk 2 pasang elektron dan lubang

(Bhernama *et al.*, 2015). Reaksi fotolisis langsung yang terlibat adalah sebagai berikut (Bismo, 2006):



Reaksi fotolisis biasanya bebas yang dihasilkan dalam bentuk ion atau radikal, yang dapat digunakan untuk reaksi degradasi polutan dalam media yang diharapkan, yaitu fasa gas atau fasa cair. Berikut ini adalah reaksi fotolisis (Joseph *et al.*, 2014):



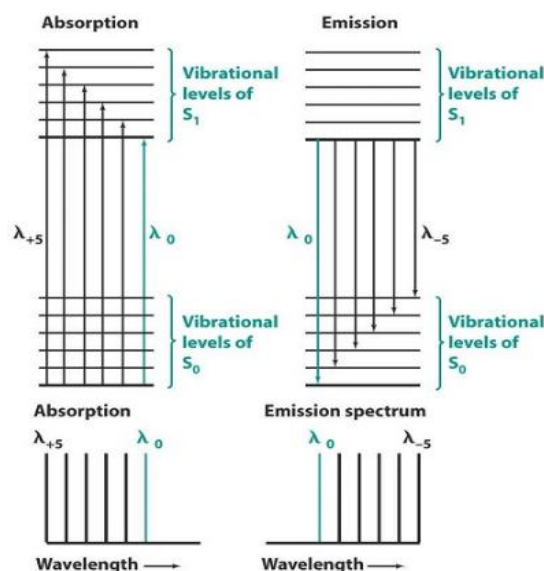
Dalam peristiwa fotolisis semacam ini, jika penyerapan energi foton oleh molekul atau zat (radikal) yang digunakan untuk mendegradasi atau menggunakan molekul, energi foton yang diserap harus lebih besar dari ikatan energi yang akan diputus. Ini berarti panjang gelombang energi foton yang paling sesuai untuk reaksi fotolisis adalah dengan menggunakan sinar ultraviolet (antara 10-380 nm) (Bismo, 2006).

F. Karakterisasi Katalis

Karakterisasi yang umum digunakan untuk mengkarakterisasi katalis yang sudah di sintesis yaitu XRD, XPS, FTIR, TEM, SEM, UV-VIS, PL. pada penelitian ini karakterisasi untuk katalis hanya di batasi pada 4 instrumen yaitu UV-VIS, PL, TEM, dan XRD.

1. Spektrometer UV-Vis dan Fotoluminesensi

Spectrometer fotoluminesensi merupakan spectrometer berfungsi untuk membaca struktur elektronik dari sebuah material. Spectrometer fotoluminesensi dapat memberikan intensitas emisi dari suatu material dengan Panjang gelombang tertentu (400nm-1100nm). Sedangkan spectrometer *UV-Visible* (UV-Vis) adalah spectrometer yang memiliki kemampuan mengukur absorbansi suatu material pada daerah *ultraviolet* (250nm-110nm). Intensitas absorbansi memberikan hasil aktifitas transisi dari daerah eksitasi menuju *ground state*. Semakin besar intensitas absorbansi maka semakin banyak electron yang bergerak pada daerah eksitasi sehingga emisi yang terukur semakin besar (Raja & Barron, 1934).



Gambar 11 Skema absorpsi dan emisi

Pada gambar 11 menunjukkan bahwa energi emisi lebih rendah dibandingkan dengan energi absorpsi. Hal ini menunjukkan bahwa Panjang gelombang (λ_0) menunjukkan proses absorpsi, dimana terjadi perpindahan electron dari getaran dasar (S_0) ke getaran yang tingkatnya lebih dekat dari getaran dasar (S_1) dengan cara menyerap energi. Setelah proses tersebut, elektron

akan kembali ke S_0 dengan cara melepaskan energi. Pelepasan energi ini lah yang disebut dengan pendaran atau fluoresensi (Raja & Barron, 1934). Diketahui bahwa pada metilen biru spektrum absorbansi yang terukur pada Panjang gelombang 500-700nm (Soltani *et al.*, 2012). Sehingga pada pengukuran tidak akan terjadi *overlap* pada spektrum absorbansi Cdots yang terukur, karena spektrum absorbansi metilen biru lebih rendah dibandingkan Cdots.

2. Transmission Electron Microscopy (TEM)

Transmission electron microscopy (TEM) adalah bentuk asli dari mikroskop elektron dan dianalogikan dengan mikroskop optik. Ini dapat mencapai resolusi $\sim 0,1$ nm, resolusi seribu kali lebih baik, tidak dapat dicapai oleh mikroskop cahaya. Berkas elektron melewati spesimen dan menganalisis struktur internal spesimen dalam bentuk gambar. Elektron memiliki kemampuan penetrasi yang buruk dan diserap dalam spesimen yang tebal. Oleh karena itu, ketebalan spesimen tidak boleh lebih dari beberapa ratus Angstrom (satu angstrom = 10^{-10} m) Namun terkadang, sampel yang sedikit mengental digunakan dalam Mikroskop Elektron Tegangan Tinggi (Subramanian *et al.*, 2013).

Prinsip kerja TEM sangat mirip dengan prinsip kerja peralatan rontgen pada rumah. Pada alat roentgen, gelombang sinar-X menembus bagian lunak tubuh akan tetapi ditahan oleh bagian keras tubuh. Terdapat film yang diletakkan di belakang tubuh bertujuan untuk menangkap berkas sinar-X yang lolos bagian lunak tubuh. Oleh karenanya, film menghasilkan bayangan tulang. Pada TEM, sample yang tipis ditembak dengan berkas electron yang berenergi sangat tinggi.

Kemudain berkas electron akan dapat menenbus bagian yang “lunak” sample tetapi ditahan oleh bagian keras sample (seperti partikel). Detektor yang berada di belakang sample menangkap berkas electron yang lolos dari bagian lunak sample. Akibatnya detector menangkap bayangan yang bentuknya sama dengan bentuk bagian keras sample (bentuk partikel) (Abdullah & Khairurrijal, 2009).

3. X-Ray Diffraction (XRD)

Difraksi sinar X (X-ray Diffractometer), atau yang sering dikenal dengan XRD, merupakan instrumen yang digunakan untuk mengidentifikasi material kristalit maupun non-kristalit, sebagai contoh identifikasi struktur kristalit (kualitatif) dan fasa (kuantitatif) dalam suatu bahan dengan memanfaatkan radiasi gelombang elektromagnetik sinar X. Dengan kata lain, teknik ini digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel.

Metode difraksi sinar-X adalah salah satu cara untuk mempelajari keteraturan atom atau molekul dalam suatu struktur tertentu. Jika struktur atom atau molekul tertata secara teratur membentuk kisi, maka radiasi elektromagnetik pada kondisi eksperimen tertentu akan mengalami penguatan. Pengetahuan tentang kondisi eksperimen itu dapat memberikan informasi yang sangat berharga tentang penataan atom atau molekul dalam suatu struktur (Bunaciu et al., 2015).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah di dapatkan disimpulkan bahwa:

1. Pada degradasi *Methylene Blue* dengan bantuan katalis Cdots doping Au *Nanoparticles* mengalami efektifitas yang kurang pada konsentrasi tinggi karena terjadinya penurunan perentase degradasi pada konsentrasi doping 10ppm, 15ppm, 20ppm, dan 25ppm.
2. Degradasi *Methylene Blue* dengan metode fotokatalis dengan bantuan katalis Cdots dopin Au *Nanoparticles* mendapatkan konsentrasi doping optimum padaa konsentrasi doping pada 5ppm dengan persentase degradasi sebesar 92,48%.

B. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya cari metode untuk mensintesis hasil karakterisasinyang sudah di doping menjadi bubuk atau padatan tidak dalam bentuk koloid.
2. Lakukan variasi massa katalis yang di dapatkan yang sudah menjadi bubuk
3. Ganti bahan pendoping dari Cdots seperti Ag atau Pt
4. Apliaksikan terhadap zat warna selain metilen biru.
5. Variasi intensitas cahaya lampu fotoreaktor UV

Daftar Pustaka

- Abd El-Rahman, K. M., Abdellah Ali, S. F., Khalil, A. I., & Kandil, S. (2020). Influence of poly(butylene succinate) and calcium carbonate nanoparticles on the biodegradability of high density-polyethylene nanocomposites. *Journal of Polymer Research*, 27(8). <https://doi.org/10.1007/s10965-020-02217-y>
- Abdullah, M., & Khairurrijal, K. (2009). Review: Karakterisasi Nanomaterial. *J. Nano Saintek*, 2(1), 1–9.
- Aji, M. P., Wiguna, P. A., Suciningtyas, S. A., Susanto, Rosita, N., & Sulhadi. (2016). Carbon nanodots from frying oil as catalyst for photocatalytic degradation of methylene blue assisted solar light irradiation. *American Journal of Applied Sciences*, 13(4), 432–438. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2016.432.438>
- Bhernama, B. G., Syafni, & Syukri. (2015). *DEGRADASI ZAT WARNA METANIL YELLOW SECARA FOTOLISIS DAN PENYINARAN MATAHARI DENGAN Pendahuluan senyawa aromatik yang kompleks yang biasanya digunakan dalam industri pewarna tekstil , makanan , kertas , dan kosmetik . Senyawa azo merupakan kelompok senyawa*. 1(1), 49–62.
- Bismo, S. (2006). *Teknologi Radiasi Sinar Ultra-Ungu (UV) dalam Rancang Bangun Proses Oksidasi Lanjut untuk Pencegahan Pencemaran Air dan Fasa Gas, Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia*.
- Boumediene, M., Benaïssa, H., George, B., Molina, S., & Merlin, A. (2018).