

TUGAS AKHIR – TL234839

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) DARI LIMBAH PUNTUNG ROKOK TERHADAP SIFAT FOTOKATALISIS KOMPOSIT TiO_2/CQDs UNTUK DEGRADASI RHODAMIN-B

MUHAMMAD REZA MAULANA MAJID
NRP 5011201058

Dosen Pembimbing
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.
NIP 199007262015041002
Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.
NIP 198302012008122002

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2023



TUGAS AKHIR – TL234839

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) DARI LIMBAH PUNTUNG ROKOK TERHADAP SIFAT FOTOKATALISIS KOMPOSIT TIO_2/CQDs UNTUK DEGRADASI RHODAMIN-B

MUHAMMAD REZA MAULANA MAJID
NRP 5011201058

Dosen Pembimbing
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.
NIP 199007262015041002
Rindang Fajarin , S.Si., M.Si.
NIP 198302012008122002

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2023

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – TL234839

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MASS OF CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) FROM CIGARETTE BUTTS WASTE ON THE PHOTOCATALYSIS PROPERTIES OF TiO_2/CQDs COMPOSITES FOR RHODAMIN-B DEGRADATION

MUHAMMAD REZA MAULANA MAJID
NRP 5011201058

Advisor

Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.
NIP 199007262015041002
Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.
NIP 198302012008122002

Study Program of Materials Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2023

(This page is intentionally blank)

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA *CARBON QUANTUM DOTS* (CQDs) DARI LIMBAH PUNTING ROKOK TERHADAP SIFAT FOTOKATALISIS KOMPOSIT TiO₂/CQDs UNTUK DEGRADASI RHODAMIN-B

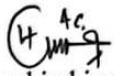
TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : MUHAMMAD REZA MAULANA MAJID
NRP. 5011201017

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Haniffudin Nurdiansah, S.T, M.T.


Pembimbing

2. Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.


Ko-Pembimbing

3. Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.


Penguji

4. Respati Kevin Prama Dewandaru, S.Si., M.Sc., Ph.D.


Penguji



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

APPROVAL SHEET

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MASS OF CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) FROM CIGARETTE BUTTS WASTE ON THE PHOTOCATALYSIS PROPERTIES OF TiO₂/CQDs COMPOSITES FOR RHODAMINE-B DEGRADATION

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree of Bachelor of Engineering at
Undergraduate Study Program of Material Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : **JOSUA BUDIMAN SILAEN**
NRP. 5011201017

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.
2. Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.
3. Azzah Dyah Pramata, S.T., M.T., M.Eng., Ph.D.
4. Respati Kevin Prama Dewandaru, S.Si., M.Sc., Ph.D.


Advisor


Co-Advisor


Examiner


Examiner



(This page is intentionally blank)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Muhammad Reza Maulana Majid / 5011201058
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS
Dosen Pembimbing/NIP : Haniffudin Nurdiansah, S.T.,M.T. / 199007262015041002

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) DARI LIMBAH PUNTUNG ROKOK TERHADAP SIFAT FOTOKATALISIS KOMPOSIT TIO_2/CQDs UNTUK DEGRADASI RHODAMIN-B” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 30 Juli 2024

Mengetahui
Dosen Pembimbing



(Haniffudin Nurdiansah S.T.,M.T.)
NIP. 199007262015041002

Mahasiswa



(Muh. Reza Maulana M)
NRP. 5011201120

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student/NRP : Muhammad Reza Maulana Majid / 5011201058
Departement : Material and Metallurgical Engineering INDSYS-ITS
Advisor/NIP : Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T./ 199007262015041002

Hereby declare that the Final Project with the title of “ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MASS OF CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) FROM CIGARETTE BUTTS WASTE ON THE PHOTOCATALYSIS PROPERTIES OF TIO_2/CQDs COMPOSITES FOR RHODAMIN-B DEGRADATION” is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 30 July 2024

Acknowledged
Advisor

Student



(Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.)
NIP. 199007262015041002

(Muh. Reza Maulana M)
NRP. 5011201120

(This page is intentionally blank)

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) DARI LIMBAH PUNTUNG ROKOK TERHADAP SIFAT FOTOKATALISIS KOMPOSIT TiO₂/CQDs UNTUK DEGRADASI RHODAMIN-B

Nama Mahasiswa / NRP : Muhammad Reza Maulana Majid / 5011201058
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS
Dosen Pembimbing 1 : Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.

ABSTRAK

Industri di Indonesia telah mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun-tahun sebelumnya. Meningkatnya jumlah industri di Indonesia berbanding lurus dengan peningkatan limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut. Termasuk industri tekstil yang menyumbang peningkatan jumlah limbah tekstil. Salah satu limbah tekstil yang berbahaya yaitu limbah pewarna cair *rhodamine-b*. Limbah *rhodamine-b* berbahaya karena mencemari wilayah perairan ketika limbah tersebut tidak di olah kembali sebelum dibuang ke lingkungan. Salah satu cara pengolahan limbah yang ramah lingkungan yaitu dengan mendegradasi menggunakan metode fotokatalisis. Metode ini menggunakan material fotokatalis berupa semikonduktor logam oksida seperti TiO₂, CuO, dan lain-lain. Pada penelitian ini material yang digunakan adalah TiO₂ anatase karena fotoaktivitas yang tinggi dan harga yang murah. Namun, TiO₂ memiliki kekurangan nilai *band gap* yang rendah sehingga perlu dikompositkan dengan material lain. Pada penelitian ini TiO₂ dikompositkan dengan *carbon quantum dots* (CQDs) yang memiliki nilai *band gap* yang tinggi. CQDs pada penelitian ini disintesis dari limbah puntung rokok, yang merupakan salah satu limbah yang paling banyak di dunia. Puntung rokok ini diolah dengan metode hidrolisis untuk mendapatkan CQDs. Komposit TiO₂/CQDs yang disintesis digunakan untuk degradasi limbah *rhodamine-b*. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah variasi massa dari TiO₂ (1,3, 1,5, 1,7, dan 1,9 gram) dan variasi CQDs (0,1, 0,3, 0,5, dan 0,7 gram). Pengujian karakterisasi yang digunakan meliputi *fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR), *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray* (SEM-EDX), *X-ray diffraction* (XRD), dan *particle size analyzer* (PSA). Untuk pengujian performa fotokatalisis menggunakan spektroskopi sinar *ultra violet and visible* (UV-Vis). Berdasarkan hasil pengujian karakterisasi XRD, FTIR, dan SEM/EDX menunjukkan berhasilnya terbentuknya komposit dan tidak berubahnya dari segi morfologi. Pada hasil PSA, diperoleh hasil CQDs dengan ukuran rata-rata 5,69 nm. Selanjutnya pada hasil pengujian fotokatalisis dan spektrofotometri UV-Vis menunjukkan bahwa komposit TiO₂/CQDs dengan penambahan massa CQDs 25% memiliki tingkat degradasi paling tinggi yaitu pada 90 menit dapat mendegradasi larutan pewarna *rhodamine-B* hingga 64,58%.

Kata Kunci: *Rhodamine-b*, CQDs, Fotokatalisis, TiO₂, Puntung Rokok

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITIONAL MASS OF CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) FROM CIGARETTE BUTT WASTE ON THE PHOTOCATALYSIS PROPERTIES OF TiO₂/CQDs COMPOSITES FOR RHODAMIN-B DEGRADATION

Student Name / NRP : Muhammad Reza Maulana Majid / 5011201058
Departement : Material and Metallurgical Engineering INDSYS-ITS
Advisor : Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.
Co-Advisor : Rindang Fajarin, S.Si., M.Si.

ABSTRACT

Industry in Indonesia has experienced significant improvement from previous years. The increase in the number of industries in Indonesia is directly proportional to the increase in waste produced by these industries. Including the textile industry which contributes to an increase in the amount of textile waste. One of the dangerous textile wastes is rhodamine-b liquid dye waste. Rhodamine-b waste is dangerous because it pollutes water areas when the waste is not reprocessed before being discharged into the environment. One way to process waste that is environmentally friendly is by degrading it using the photocatalysis method. This method uses photocatalyst materials in the form of metal oxide semiconductors such as TiO₂, CuO, and others. In this study, the material used was TiO₂ anatase because of its high photoactivity and low price. However, TiO₂ has the disadvantage of a low band gap value so it needs to be composited with other materials. In this research, TiO₂ was composited with carbon quantum dots (CQDs) which have a high band gap value. The CQDs in this study were synthesized from cigarette butt waste, which is one of the most abundant waste products in the world. These cigarette butts are processed using the hydrolysis method to obtain CQDs. The synthesized TiO₂/CQDs composite was used for the degradation of rhodamine waste b. The variations used in this research were variations in the mass of TiO₂ (1.3, 1.5, 1.7, and 1.9 gram) and variations in CQDs (0.1, 0.3, 0.5, and 0.7 gram). The characterization tests used include Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-ray (SEM-EDX), X-ray diffraction (XRD), and particle size analyzer (PSA). To test the photocatalysis performance using ultra violet and visible (UV-Vis) light spectroscopy. Based on the results of XRD, FTIR, and SEM/EDX characterization tests, it shows that the composite was successfully formed and that it did not change in terms of morphology. In the PSA results, CQDs were obtained with an average size of 5.69 nm. Furthermore, the results of photocatalysis and UV-Vis spectrophotometry tests show that the TiO₂/CQDs composite with the addition of 25% CQDs mass has the highest degradation rate, namely at 90 minutes it can degrade the rhodamine-B dye solution up to 64.58%.

Keywords: *Rhodamine-b*, CQDs, Photocatalysis, TiO₂, Cigarette Butts

(This page is intentionally blank)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir dengan judul, “ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) DARI LIMBAH PUNTUNG ROKOK TERHADAP SIFAT FOTOKATALISIS KOMPOSIT TIO_2/CQDs UNTUK DEGRADASI RHODAMIN-B”. terselesaikannya laporan tugas akhir ini tidak luput dari dukungan, bantuan, motivasi serta partisipasi dari semua pihak, untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi FT-IRS ITS
2. Bapak Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I tugas akhir atas segala ilmu, bimbingan, dan waktu yang telah diberikan selama pelaksanaan tugas akhir hingga laporan selesai.
3. Ibu Rindang Fajarin, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II tugas akhir atas segala ilmu, bimbingan, dan waktu yang telah diberikan selama pelaksanaan tugas akhir hingga laporan selesai.
4. Prof. Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D.Eng., selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan arahan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan dan penelitian Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang dapat membangun penulisan dan pemahaman pembaca. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak terkait.

Surabaya, 30 Juli 2024
Penulis,



Muhammad Reza Maulana Majid

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Abstrak	xiii
Abstract	xv
KATA PENGANTAR	xvii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1 Latar belakang	1
2 Rumusan masalah	3
3 Batasan Masalah	3
4 Tujuan Penelitian	3
5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
5.1 Puntung Rokok	5
5.2 <i>Carbon Quantum Dots</i>	6
2.2.1 Metode Sintesis CQDs	8
2.2.2 Perlakuan CQDs	9
2.2.3 Sifat dari CQDs	10
2.2.4 Aplikasi CQD	11
5.3 Metode <i>Hydrothermal</i>	12
5.4 <i>Rhodamine-B</i>	13
5.5 Metode Dialisis.....	14
5.6 Material Komposit.....	15
2.6.1 Jenis Matriks Komposit.....	15
2.6.2 Jenis <i>Filler</i> Komposit	17
5.7 Titanium Dioksida (TiO ₂).....	17
5.8 Fotokatalisis.....	19
5.9 Adsorpsi.....	20
5.10 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram alir	25
3.1.1 Sintesis <i>Carbon Quantum Dots</i>	25
3.1.2 Sintesis Komposit TiO ₂ /CQDs	26
3.1.3 Pengujian Fotokatalisis.....	27
3.2 Bahan Penelitian	28
3.3 Alat Penelitian	28
3.4 Metode Penelitian	29
3.4.1 Sintesis <i>Carbon Quantum Dots</i>	29
3.4.2 Sintesis Komposit TiO ₂ /CQDs	29
3.5 Pengujian	30
3.5.1 Pengujian Fotokatalisis.....	30
3.5.2 Pengujian XRD.....	30
3.5.3 Pengujian SEM-EDX	31
3.5.4 Pengujian FTIR	32
3.5.5 Pengujian PSA.....	33

3.5.6	Pengujian GC-MS	33
3.5.7	Pengujian UV-Vis	33
3.6	Rancangan Penelitian	35
3.7	Jadwal Penelitian	36
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1	Hasil Pengamatan Visual.....	37
4.2	Hasil Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	38
4.3	Hasil Pengujian <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	40
4.4	Hasil Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) dan <i>Energi Dispersive X-Ray Analysis</i> (EDX).....	44
4.5	Hasil Pengujian <i>Particle Size Analyser</i> (PSA)	50
4.6	Hasil Pengujian UV-Vis	51
4.7	Hasil Pengujian Fotokatalisis	55
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran	65
	DAFTAR PUSTAKA	66
	LAMPIRAN	70
	UCAPAN TERIMA KASIH.....	85
	BIODATA PENULIS	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapasitas produksi tembakau tahunan suatu negara (dalam ton).....	4
Gambar 2.2 Struktur dan komposisi kimia Puntung Rokok.....	5
Gambar 2.3 (a) gambar TEM dari CQDs yang disintesis dan (b) gambar HRTEM dari CQDs yang disintesis. Inset (a) adalah grafik distribusi ukuran partikel CQDs.....	6
Gambar 2.4 Spektrum dari CQDs.....	7
Gambar 2.5 Ilustrasi skema persiapan CQDs melalui pendekatan “top-down” dan “bottom-up”, dan modifikasi termasuk fungsionalisasi, doping, dan nanohybrid.....	8
Gambar 2.6 Ilustrasi skema persiapan CQDs melalui pirolisis terbatas dari prekursor organik dalam nanoreactor.....	8
Gambar 2.7 Spektrum <i>photoluminescence</i> dari CQDs.....	9
Gambar 2.8 Skema deteksi asam nukleat fluoresen berbasis CQDs.....	10
Gambar 2.9 Skema CQDs sebagai <i>converter</i>	11
Gambar 2.10 Skema mekanisme pembentukan CQDs dari kulit pisang melalui proses hidrotermal.....	12
Gambar 2.11 Skema sel dialisis film tipis.....	14
Gambar 2.12 Perbedaan struktur kristal antara <i>anatase</i> , <i>rutile</i> , dan <i>brookite</i>	17
Gambar 2.13 Pola XRD dari nanopartikel TiO ₂	17
Gambar 2.14 Representasi skema mekanisme fotokatalitik semikonduktor.....	18
Gambar 3.1 Diagram alir sintesis CQDs.....	24
Gambar 3.2 Diagram alir sintesis komposit TiO ₂ /CQDs.....	25
Gambar 3.3 Diagram alir pengujian fotokatalisis.....	26
Gambar 3.4 Alat uji XRD.....	31
Gambar 3.5 Alat uji SEM-EDX.....	32
Gambar 3.6 Skema alat uji FTIR.....	32
Gambar 3.7 Instrumen FTIR.....	33
Gambar 3.8 Instrumen PSA.....	33
Gambar 3.9 Skema kerja spektrofometri UV-Vis.....	34
Gambar 3.10 Instrumentasi UV-Vis.....	34
Gambar 4.1 Hasil pengamatan visual (a) puntung rokok (b) CQDs.....	38
Gambar 4.2 Hasil pengamatan visual (a) TiO ₂ /CQDs 5% (b) TiO ₂ /CQDs 15% (c) TiO ₂ /CQDs 25% (d) TiO ₂ /CQDs 35%.....	39
Gambar 4.3 Hasil XRD sampel puntung rokok dan CQDs.....	40
Gambar 4.4 Hasil pengujian XRD sampel TiO ₂	40
Gambar 4.5 Hasil pengujian XRD sampel komposit TiO ₂ /CQDs.....	42
Gambar 4.6 Hasil FTIR sampel puntung rokok dan CQDs.....	43
Gambar 4.7 Hasil FTIR sampel TiO ₂	44
Gambar 4.8 Hasil FTIR sampel komposit TiO ₂ /CQDs.....	45
Gambar 4.9 Hasil pengujian SEM sampel CQDs a) perbesaran 2500x (b) perbesaran 7500x.....	46
Gambar 4.10 Hasil pengujian SEM sampel TiO ₂ , (a) perbesaran 5000x, (b) perbesaran 10000x.....	47
Gambar 4.11 Hasil pengujian SEM pada sampel komposit TiO ₂ /CQDs, (a) 5% perbesaran 2500x, (b) 5% perbesaran 10000x, (c) 15% perbesaran 2500x, (d) 15% perbesaran 10000x, (e) 25% perbesaran 2500x, (f) 25% perbesaran 10000x,	

(g) 35% perbesaran 2500x, (h) 35% perbesaran 10000x.....	48
Gambar 4.12 Hasil pengujian EDX sampel CQDs.....	49
Gambar 4.13 Hasil pengujian EDX sampel TiO ₂	49
Gambar 4.14 Hasil pengujian EDX sampel komposit TiO ₂ /CQDs 5%.....	50
Gambar 4.15 Hasil EDX sampel komposit TiO ₂ /CQDs 15%.....	51
Gambar 4.16 Hasil EDX sampel komposit TiO ₂ /CQDs 25%.....	51
Gambar 4.17 Hasil EDX sampel komposit TiO ₂ /CQDs 35%.....	52
Gambar 4.18 Hasil pengujian PSA pada CQDs.....	53
Gambar 4.19 Hasil pengujian UV-Vis H ₂ O.....	54
Gambar 4.20 Hasil UV-Vis larutan pewarna <i>rhodamine-B</i>	54
Gambar 4.21 Kurva regresi linier hubungan konsentrasi terhadap absorbansi <i>rhodamine-B</i>	55
Gambar 4.22 Nilai <i>band gap</i> (a) TiO ₂ (b) CQDs (c) TiO ₂ /CQDs.....	56
Gambar 4.23 Hasil wavelength TiO ₂	57
Gambar 4.24 Hasil pengamatan visual larutan <i>rhodamine-B</i> berdasarkan massa dengan (a) TiO ₂ (b) TiO ₂ /CQDs 5% (c) TiO ₂ /CQDs 15% (d) TiO ₂ /CQDs 25% (e) TiO ₂ /CQDs 35%.....	58
Gambar 4.25 Kurva nilai absorbansi katalis pada TiO ₂ dan komposit TiO ₂ /CQDs terhadap <i>rhodamine-B</i>	59
Gambar 4.26 Kurva persentase degradasi larutan <i>rhodamine-B</i> pada setiap sampel.....	60
Gambar 4.27 Grafik konsentrasi <i>rhodamine-B</i> terhadap waktu sesuai kinetika zero order.....	61
Gambar 4.28 Grafik konsentrasi <i>rhodamine-B</i> terhadap waktu sesuai kinetika <i>first order</i>	61
Gambar 4.29 Grafik konsentrasi <i>rhodamine-B</i> terhadap waktu sesuai kinetika second order.....	62
Gambar 4.30 Wavelength TiO ₂ dan variasi komposit TiO ₂ /CQDs penyinaran 90 menit.....	63
Gambar 4.31 Nilai absorbansi, panjang gelombang, dan lama waktu penyinaran TiO ₂ 25%.....	64
Gambar 4.32 Skema fotodegradasi <i>rhodamine-B</i>	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat umum <i>Rhodamine-b</i>	12
Tabel 2.2 Perbandingan antara <i>Thermoset</i> dan <i>Thermoplastic</i>	15
Tabel 2.3 Sifat dari TiO_2	18
Tabel 2.4 Perbandingan penyerapan fisik dan kimia.....	19
Tabel 2.5 Rangkuman penelitian terdahulu.....	20
Tabel 3.1 Rancangan penelitian.....	35
Tabel 3.2 Jadwal penelitian.....	37
Tabel 4.1 Daerah serapan FTIR puntung rokok.....	41
Tabel 4.2 Daerah resapan TiO_2	42
Tabel 4.3 Daerah serapan komposit TiO_2/CQDs	43
Tabel 4.4 Komposisi unsur sampel CQDs.....	47
Tabel 4.5 Komposisi unsur sampel TiO_2	48
Tabel 4.6 Komposisi unsur sampel komposit TiO_2/CQDs 5%.....	48
Tabel 4.7 Komposisi unsur sampel komposit TiO_2/CQDs 15%.....	49
Tabel 4.8 Komposisi unsur sampel komposit TiO_2/CQDs 25%.....	50
Tabel 4.9 Komposisi unsur sampel komposit TiO_2/CQDs 35%.....	50
Tabel 4.10 Distribusi ukuran CQDs terhadap jumlah (persen).....	51
Tabel 4.11 Nilai absorbansi dari masing-masing konsentrasi larutan pewarna <i>rhodamine-B</i>	52
Tabel 4.12 Nilai <i>band gap</i> TiO_2 , CQDs, dan komposit TiO_2/CQDs	54
Tabel 4.13 Nilai absorbansi larutan <i>rhodamine-B</i> pada setiap sampel.....	56
Tabel 4.14 Data hasil nilai konsentrasi (ppm) dari setiap larutan <i>rhodamine-B</i>	57
Tabel 4.15 Data hasil persentase degradasi <i>rhodamine-B</i> pada setiap sampel.....	58
Tabel 4.16 Perbandingan kinetika degradasi <i>rhodamine-B</i> sesuai <i>zero order</i> , <i>first order</i> , dan <i>second order</i>	60
Tabel 4.17 Tabulasi hasil pengujian.....	63

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1 Latar belakang

Keberadaan industri di Indonesia sudah sangat berkembang, begitu pula dengan meningkatnya industri tekstil di Indonesia. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, produk domestik bruto (PDB) atas dasar harga konstan (ADHK) dari industri tekstil dan pakaian jadi sebesar Rp34,85 triliun pada kuartal III/2022. Nilai tersebut tumbuh 8,09% dibandingkan pada periode yang sama tahun sebelumnya (year on year) yang sebesar Rp32,24 triliun. Dengan meningkatnya pertumbuhan industri tekstil di Indonesia, limbah industri juga akan meningkat. Limbah tersebut akan merusak lingkungan sekitar ketika limbah tersebut tidak dikelola dengan baik. Berdasarkan data KLHK, jumlah limbah tekstil di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 1,3 ribu ton. Dari limbah tekstil tersebut, limbah yang berbahaya adalah pewarna dari tekstil. Umumnya limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil merupakan senyawa organik non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan (Ernawati *et al.*, 2020). Salah satu limbah zat warna industri tekstil yang berbahaya adalah limbah zat pewarna yaitu *rhodamine-B*. Pewarna *rhodamine-b* merupakan kontaminan yang diusulkan yang telah dieksploitasi secara signifikan dalam industri tekstil (Sharma *et al.*, 2022). *Rhodamine-b* adalah molekul nitrogen basa lemah yang sedang mengalami disosiasi dan menghasilkan kation warna-warni yang sangat stabil dan tidak dapat terbiodegradasi (Sharma *et al.*, 2022). Pewarna ini dapat merusak ekosistem air yang berdampak pada manusia maupun biotik di dalamnya. Limbah buangan ini dapat mempengaruhi kesehatan manusia seperti dapat terkena penyakit kanker, gangguan hati dan kerusakan pada ginjal.

Limbah berbahaya seperti *rhodamine-b* tersebut harus diolah Kembali sebelum dilepaskan ke lingkungan. Pengolahan *rhodamine-b* dapat dilakukan dengan berbagai macam cara seperti Salah satu cara untuk mengolah pewarna rhodamine B yaitu dengan mendegradasi *rhodamine-b* dengan menggunakan metode fotokatalitik. Metode fotokatalitik dibagi menjadi 2 yaitu heterogen (menggunakan bahan semikonduktor berupa logam oksida) dan homogen (menggunakan bahan logam kompleks). fotokatalisis heterogen adalah metode teknis yang dapat digunakan untuk mendegradasi berbagai polutan organik dalam air limbah. Metode tersebut adalah (i) mineralisasi lengkap, (ii) tidak ada masalah pembuangan limbah, (iii) biaya rendah, dan (iv) memerlukan suhu sedang. dan kondisi tekanan saja (Saravanan *et al.*, 2017a). bahan semikonduktor (TiO_2 , ZnO , SnO_2 , dan CeO_2) terutama bertindak sebagai fotokatalis heterogen, karena kombinasi struktur elektronik yang menguntungkan yang ditandai dengan pita valensi terisi dan pita konduksi kosong, sifat penyerapan cahaya, karakteristik transportasi muatan dan keadaan tereksitasi (Saravanan *et al.*, 2017a). Fotokatalis berbasis semikonduktor dapat menyerap foton untuk menghasilkan pasangan lubang elektron yang dapat digunakan untuk oksidasi atau reduksi material pada permukaan fotokatalis (Lee *et al.*, 2020). *Rhodamine-b* dengan komposisi senyawa $\text{C}_{28}\text{H}_{31}\text{N}_2\text{O}_3$ akan terdekomposisi menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu CO_2 , H_2O dan zat antara yang terfotodegradasi. Dengan mendegradasikan *rhodamine-b*, membuat zat tersebut tidak berbahaya ketika dibuang ke lingkungan.

Proses degradasi *rhodamine-b* dengan metode fotokatalitik dapat menggunakan TiO_2 . Senyawa tersebut telah menjadi bahan yang paling banyak dipelajari karena kelimpahannya, harga murah, tidak beracun, stabilitas kimia yang tinggi, dan fotoaktivitas yang tinggi (Lee *et al.*, 2020). Namun, salah satu hambatan besar dalam penerapan TiO_2 adalah besarnya energi celah pita yang dimilikinya, sehingga TiO_2 hanya dapat menyerap sinar ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang kurang dari 400 nm, yang merupakan

bagian yang sangat kecil dari spektrum matahari. Hal ini secara signifikan membatasi efisiensi TiO_2 dalam aplikasi yang menggunakan cahaya matahari (Lee *et al.*, 2020). Bahan nano- TiO_2 dapat menghasilkan sejumlah besar radikal bebas aktif di bawah eksitasi cahaya, yang secara efektif dapat mengubah polutan organik seperti pewarna, dioksin, dan klorin organik menjadi molekul anorganik kecil seperti H_2O , CO_2 , dan ion asam. Efek pengobatannya cepat dan stabil, mudah dikendalikan, dan dapat diterapkan secara luas di bidang pengendalian pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, TiO_2 skala nano telah banyak dipelajari di bidang pengolahan polutan organik karena aktivitas fotokatalitiknya. Nanopartikel cenderung mempunyai efek katalitik yang lebih baik karena energi permukaannya yang besar (B. Wang *et al.*, 2018).

Nanopartikel cenderung mempunyai efek katalitik yang lebih baik karena energi permukaannya yang besar. Namun, nanopartikel individu mudah beragregasi selama nukleasi dan pertumbuhannya, sehingga mengakibatkan penurunan aktivitas katalitiknya. Oleh karena itu, sumber titanium biasanya dicampur terlebih dahulu dengan nanopartikel seperti *carbon quantum dots* (CQDs) untuk mempertahankan dispersi yang baik dan mengurangi agregasi nanopartikel (B. Wang *et al.*, 2018). *Carbon quantum dots* (CQDs) adalah kelas baru nanopartikel karbon dimensi nol yang terutama terdiri dari karbon dengan ukuran di bawah 10 nm (Atchudan *et al.*, 2021). Saat ini, para peneliti tertarik pada CQDs karena kinerjanya yang luar biasa dalam fotokatalisis, bioimaging, fabrikasi perangkat optoelektronik, dan pengobatan nano. Sintesis CQDs dapat diperoleh dari bahan organik seperti kayu, kulit buah dan lain-lain dengan biaya yang rendah dan proses yang ramah energi dan lingkungan. Dalam hal ini sintesis yang dilakukan akan menggunakan bahan limbah puntung rokok untuk mendapatkan CQDs.

Limbah puntung rokok merupakan salah satu limbah yang melimpah terutama di Indonesia. pembuangan puntung rokok yang tidak tepat oleh perokok menyebabkan puntung rokok berserakan dalam jumlah besar, yang diperkirakan berjumlah 4,5 triliun di seluruh dunia setiap tahunnya, dan daerah perkotaan dan rekreasi seperti pantai, yang paling terkena dampaknya. Jumlah ini setara dengan 1,2 juta ton puntung rokok yang berserakan per tahun, dan diperkirakan akan meningkat sebesar 50% pada tahun 2025 seiring dengan pertumbuhan populasi (Mghili *et al.*, 2023). Puntung rokok sebagian besar terdiri dari serat selulosa asetat, dan juga mengandung sejumlah kecil bahan kimia seperti nikotin, hidrokarbon aromatik polisiklik (PAH), N-nitrosamin, amina aromatik, dan komponen mirip tar lainnya yang terperangkap selama merokok (Bandi *et al.*, 2018a). Menurut data *Ocean Concervacy*, ada sebanyak 1,1 juta ton limbah puntung rokok di dunia menempatkan limbah puntung rokok berada di peringkat 2 sebagai limbah terbanyak di dunia setelah limbah bungkus makanan. Indonesia sendiri menjadi penyumbang limbah puntung rokok terbesar ke-2 setelah China.

Limbah puntung rokok ini memiliki kandungan selulosa asetat yang tinggi sehingga cocok untuk di sintesis menjadi CQDs. Sintesis CQDs dengan menggunakan limbah puntung rokok dapat dilakukan dengan banyak metode. Salah satu metode yang ramah lingkungan dan biaya yang rendah yaitu metode *hydrothermal*. Sintesis hidrotermal mengacu pada sintesis melalui reaksi kimia zat dalam larutan panas tertutup di atas suhu dan tekanan sekitar. Metode Ini melibatkan persiapan bahan baru, pemahaman mekanisme reaksi hidrotermal, dan pengembangan metode dan teknik sintetik baru. Pemahaman mekanisme reaksi hidrotermal sangat diperlukan baik untuk penerapan metode yang sesuai pada sintesis tertentu maupun eksplorasi material baru dengan sifat yang diinginkan. Pada dasarnya mekanisme reaksi hidrotermal mengikuti model nukleasi cair. (Feng & Xu, 2001).

Penelitian ini penting untuk dilakukan dengan tujuan untuk mensintesis CQDs dengan memanfaatkan limbah padat puntung rokok untuk mendegradasi limbah tekstil yaitu zat

pewarna Rhodamin-B. Penelitian memfokuskan pada analisis pengaruh penambahan massa CQDs dengan variasi massa CQDs sejumlah 0,1 g, 0,3 g, 0,5 g, 0,7 g terhadap sifat fotokatalisis komposit TiO₂/CQDs untuk degradasi *rhodamin-b*.

2 Rumusan masalah

Adapun masalah yang akan timbul sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi penambahan massa CQDs terhadap struktur dan morfologi dari komposit TiO₂/CQDs?
2. Bagaimana pengaruh penambahan massa CQDs terhadap sifat fotokatalisis komposit TiO₂/CQDs untuk degradasi limbah *rhodamine-B*?

3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini agar hasil akhir yang didapatkan tidak menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, antara lain:

1. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini dianggap bebas dari pengotor
2. Temperatur dan tekanan udara disekitar dianggap konstan.
3. Kecepatan stirring dianggap konstan
4. Materials loss dianggap tidak ada pada saat reaksi

4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, penelitian ini memiliki tujuan, antara lain:

1. Menganalisis pengaruh variasi penambahan massa CQDs terhadap struktur dan morfologi komposit TiO₂/CQDs.
2. Menganalisis pengaruh penambahan massa CQDs terhadap sifat fotokatalisis komposit TiO₂/CQDs untuk degradasi limbah *rhodamin-B*.

5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah memberikan ilmu pengetahuan terkait solusi mengatasi permasalahan limbah cair pewarna dari industri tekstil berupa *rhodamine-B*. Kemudian untuk memberikan informasi dan rujukan terkait proses ekstraksi *carbon quantum dots* dari limbah puntung rokok.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

5.1 Puntung Rokok

Merokok adalah kebiasaan yang tersebar luas dan mempengaruhi orang-orang dari segala usia dan lazim di seluruh dunia. Sekitar 20% orang berusia 15 tahun ke atas merokok rata-rata 16 batang rokok setiap hari, dengan rokok filter menjadi bentuk rokok yang paling populer (Mghili *et al.*, 2023). Puntung rokok adalah sisa-sisa rokok yang dibuang setelah dihisap. Puntung rokok mengandung serat selulosa asetat yang merupakan sejenis mikro plastik dan sulit untuk terurai. Dibutuhkan paling tidak waktu sekitar 10 tahun agar mereka bisa benar-benar terurai. Selama belum terurai, kandungan zat-zat kimia berbahaya yang ada di dalam rokok dapat menyebar dan merusak lingkungan hidup. Puntung rokok juga merupakan salah satu sampah plastik yang paling sering dijumpai di pantai, membuat ekosistem laut lebih rentan terhadap kebocoran mikro plastik.

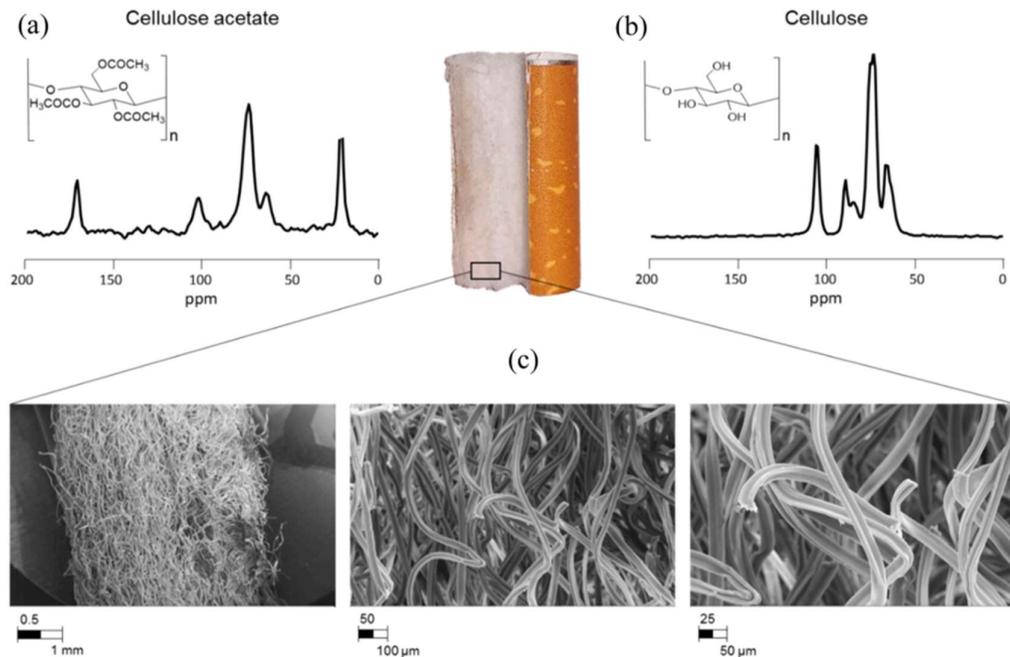
Sayangnya, pembuangan puntung rokok yang tidak tepat oleh perokok menyebabkan puntung rokok berserakan dalam jumlah besar, yang diperkirakan berjumlah 4,5 triliun di seluruh dunia setiap tahunnya, dan daerah perkotaan dan rekreasi seperti pantai, yang paling terkena dampaknya. Jumlah ini setara dengan 1,2 juta ton puntung rokok yang berserakan per tahun, dan diperkirakan akan meningkat sebesar 50% pada tahun 2025 seiring dengan pertumbuhan populasi. Sejumlah penelitian telah melaporkan bahwa penggunaan pantai perkotaan secara ekstensif menghasilkan limbah padat dalam jumlah besar, yang dapat berdampak langsung atau tidak langsung terhadap lingkungan tersebut (Mghili *et al.*, 2023). Berdasarkan laporan analisis pasar tembakau, ukuran pasar tembakau global bernilai USD 868 miliar pada tahun 2022 dan diperkirakan akan tumbuh pada tingkat pertumbuhan tahunan gabungan sebesar 2,4% dari tahun 2022 hingga 2030. Tiongkok adalah produsen tembakau terbesar dengan produksi tembakau sebesar 2,6 Mt per tahun. produksi, diikuti oleh India (0,8 Mt) dan Brazil (0,77 Mt) (Vanapalli *et al.*, 2023). Produksi tembakau tahunan di berbagai negara digambarkan pada **Gambar 2.1**



Gambar 2.1. Kapasitas produksi tembakau tahunan suatu negara (dalam ton) (Vanapalli *et al.*, 2023)

Filter rokok biasanya terbuat dari selulosa asetat, polimer dengan karakteristik biodegradable yang buruk, terdiri dari hingga 12.000 serat individu, masing-masing berdiameter 20 μm (Vanapalli *et al.*, 2023). Struktur dan komposisi kimia filter puntung

rokok digambarkan pada **Gambar 2.2**. Penggunaan filter dimaksudkan untuk mengurangi penggunaan tembakau lepas. Kertas *Tipping*, *Wrapping*, dan *Plug Wrap* digunakan untuk menutupi filter dan menempelkannya pada batang rokok. Kertas *tip* digunakan untuk menutupi filter dan menempelkannya pada batang rokok. Kertas tersebut membantu dalam stabilisasi corong dari air liur dan mengandung lubang kecil untuk memfasilitasi pencampuran udara segar dengan asap tembakau untuk mengencerkan campuran beracun bahan kimia yang dihirup.



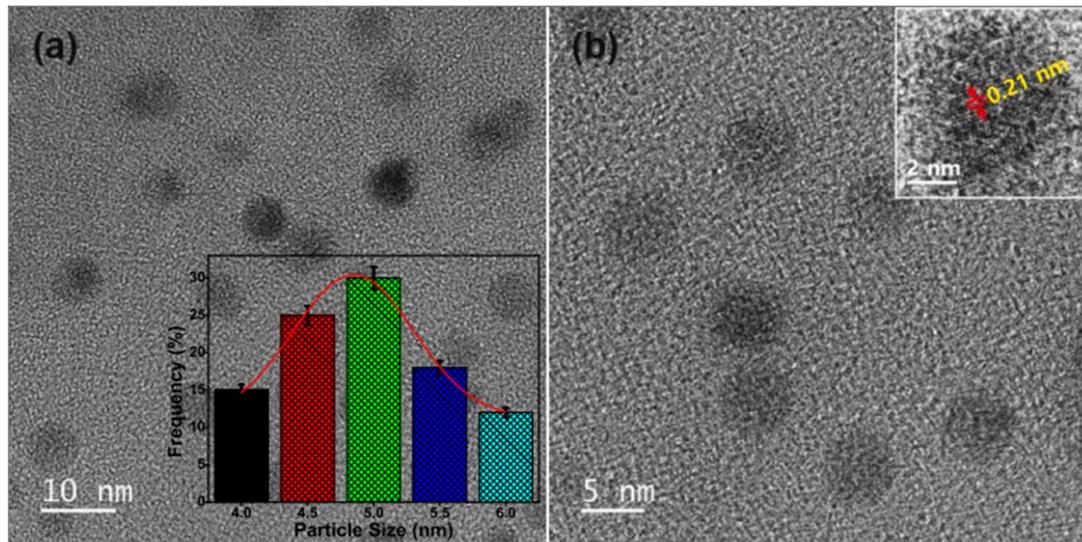
Gambar 2.2 Struktur dan komposisi kimia Puntung Rokok (Vanapalli *et al.*, 2023).

Pada **Gambar 2.2** menjelaskan Spektrum resonansi magnetik nuklir (NMR) dan struktur unit berulang dari (a) selulosa asetat (filter internal CB) dan (b) selulosa (lapisan luar CB). (c) Pemindaian gambar mikroskop elektron (SEM) dari CB yang diasap dan tidak terurai pada tiga tingkat pembesaran. Biasanya, emulsi poli vinil asetat digunakan sebagai perekat untuk merekatkan filter selulosa asetat ke kertas pembungkus bagian dalam. Kertas rokok biasanya terdiri dari selulosa dan menjamin pembakaran yang seragam. Jika dibuang sebagai puntung rokok ke lingkungan, kertas rokok, tip, dan sumbat rokok akan tetap menjadi bagian dari puntung rokok, yang dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap laju degradasinya secara keseluruhan (Vanapalli *et al.*, 2023).

5.2 Carbon Quantum Dots

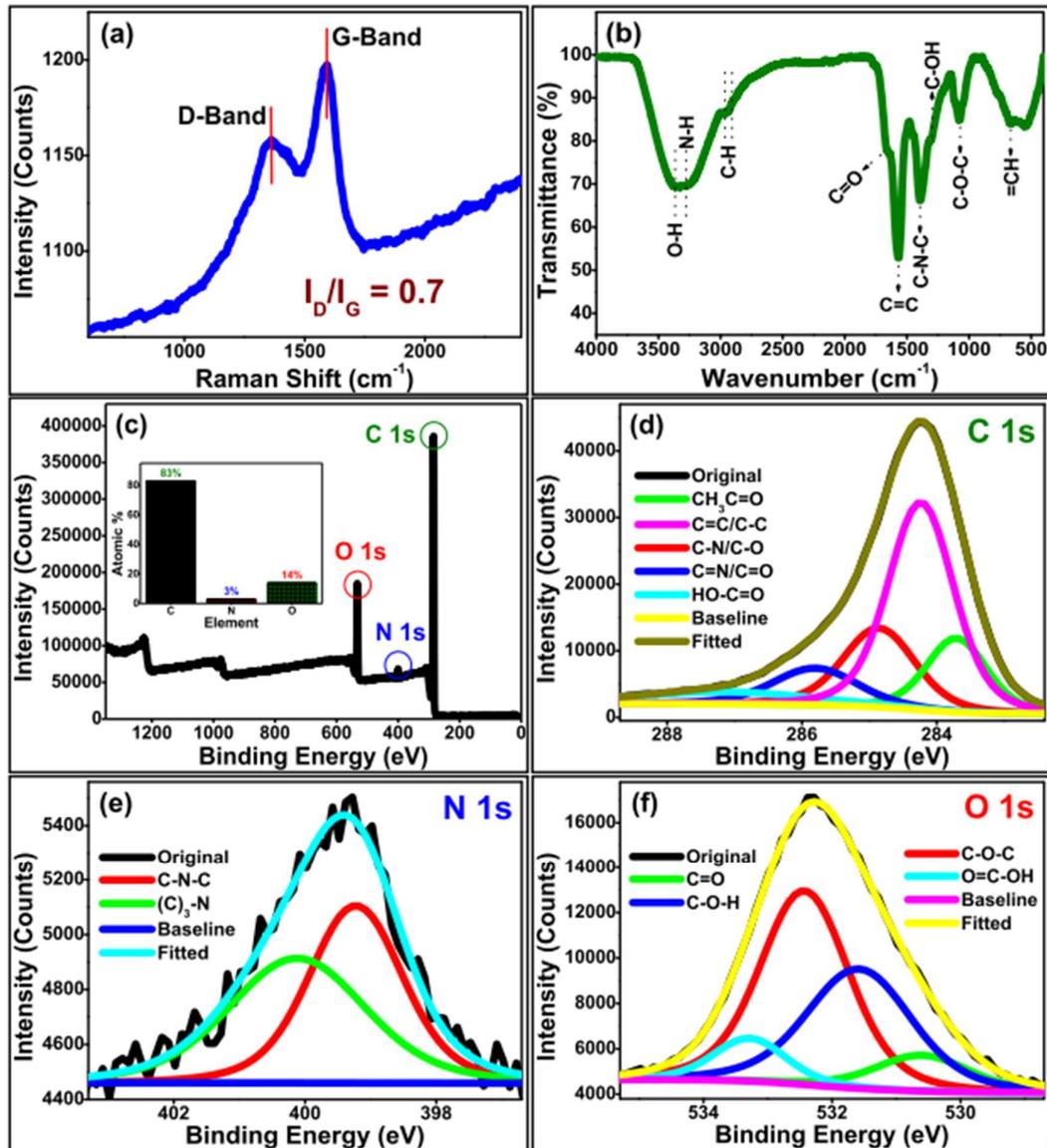
Carbon quantum dot (CQDs) adalah kelas baru nanopartikel karbon berdimensi nol yang sebagian besar terdiri dari karbon dengan ukuran di bawah 10 nm. Mereka telah mendapatkan perhatian besar karena berbagai aplikasinya seperti diagnosis medis, fotokatalisis, penginderaan terkini flu, perangkat optoelektronik, pelabelan seluler, dan pencitraan bio karena sifat optik multiwarna, kelarutan dalam air yang sangat baik, stabilitas kimia yang tinggi, toksisitas rendah, dan biokompatibilitas yang luar biasa. Karena titik kuantum semikonduktor memiliki sitotoksitas yang penting, CQDs biomassa dianggap sebagai alternatif potensial bagi aplikasi biologis (Atchudan *et al.*, 2021). Banyaknya aplikasi dari CQDs membuat banyaknya metode sintesis untuk menghasilkan

CQDs ini. Oleh karena itu, upaya besar telah difokuskan pada sintesis CQDs yang menguntungkan dan pengembangan CQDs untuk berbagai aplikasi.



Gambar 2.3 (a) gambar TEM dari CQDs yang disintesis dan (b) gambar HRTEM dari CQDs yang disintesis. Inset (a) adalah grafik distribusi ukuran partikel CQDs (Atchudan *et al.*, 2021).

Morfologi dan ukuran CQDs yang disintesis diperiksa oleh TEM dan HRTEM. **Gambar 2.3(a)** menunjukkan kisaran ukuran partikel dalam batas 4–6 nm dan diameter rata-rata partikel sekitar 5 nm menunjukkan bahwa partikel tersebut berada dalam distribusi sempit dengan bentuk bola. Histogram ukuran partikel CQDs yang disintesis ditunjukkan sebagai inset pada **Gambar 2.3(a)**. Seperti yang ditunjukkan dalam grafik, ukuran partikel sebagian besar terdistribusi dari 4 hingga 6 nm dan diameter rata-rata CQDs adalah sekitar 5 nm, ditentukan dengan menyesuaikan model Gaussian (Atchudan *et al.*, 2021). Gambar HRTEM 3 (**Gambar 2.3(b)**) mengungkapkan bahwa CQDs yang disintesis memiliki pinggiran kisi yang baik, yang menunjukkan struktur kristal yang baik. Bagian dalam CQDs sangat kristalin dibandingkan dengan permukaan luar CQDs yang dikonfirmasi dari sisipan **Gambar 2.3(b)** (Atchudan *et al.*, 2021).



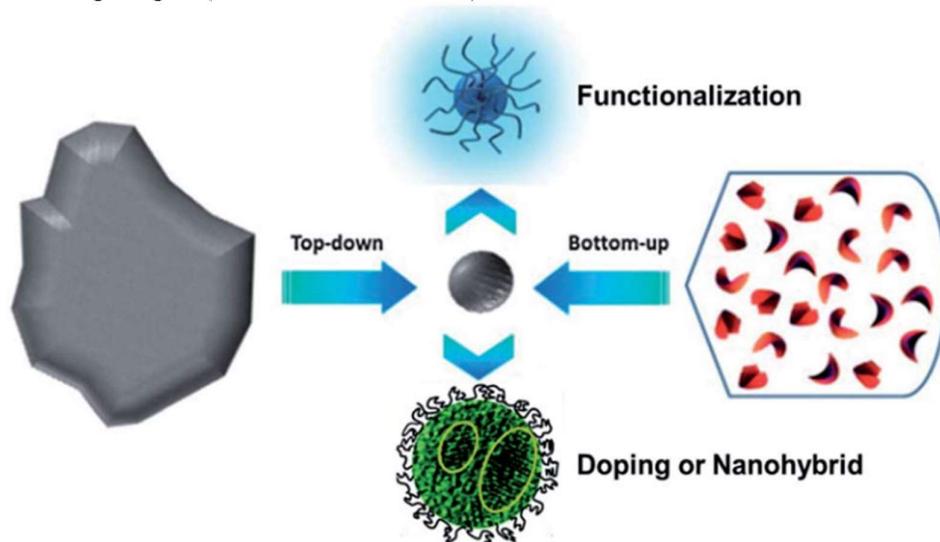
Gambar 2.4 Spektrum dari CQDs (Atchudan *et al.*, 2021).

Gambar 2.4 menjelaskan (a) Spektrum Raman dan (b) Spektrum ATR-FTIR dari CQDs yang disintesis. (c) Spektrum survei XPS, (d) spektrum C1 resolusi tinggi, (e) spektrum N 1 s resolusi tinggi dan (f) spektrum O 1 s resolusi tinggi dari CQDs yang disintesis

2.2.1 Metode Sintesis CQDs

Banyak metode *top-down* (pelepasan busur, ablasi laser, dan oksidasi elektrokimia) dan *bottom-up* (gelombang mikro, ultrasonik, solvotermal, hidrotermal, dan sebagainya) telah dilaporkan sejauh ini untuk sintesis CQDs (Atchudan *et al.*, 2021). Metode *top-down* membutuhkan skala produksi yang besar daripada *bottom-up* karena membutuhkan alat yang cukup rumit dan biaya yang besar dan juga metode *bottom-up* lebih sederhana dan ramah lingkungan. Salah satu metode yang akan dipakai pada pengujian ini adalah metode *hydrothermal*. Metode ini sangat ramah lingkungan, membutuhkan biaya yang relatif sedikit, dan dapat di produksi massal. Secara khusus, metode hidrotermal menggunakan prekursor alami

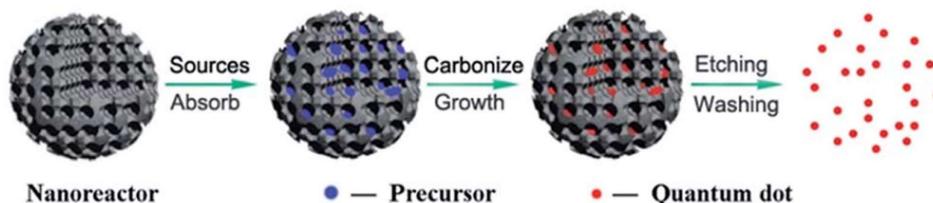
untuk menghasilkan CQDs telah banyak dilaporkan karena sifat kimianya yang ramah lingkungan (Atchudan *et al.*, 2021).



Gambar 2.5 Ilustrasi skema persiapan CQDs melalui pendekatan “top-down” dan “bottom-up”, dan modifikasi termasuk fungsionalisasi, doping, dan nanohybrid (Y. Wang & Hu, 2014).

2.2.2 Perlakuan CQDs

Untuk aplikasi tertentu dan studi mekanistik, penting untuk mengontrol ukuran CQDs untuk mendapatkan properti yang seragam. Banyak pendekatan telah diusulkan untuk mendapatkan CQDs yang seragam selama persiapan atau pasca perawatan. Dalam sebagian besar laporan, fragmen CQDs yang disintesis dimurnikan melalui perawatan pasca seperti filtrasi, dialisis, sentrifugasi, kromatografi kolom, dan elektroforesis gel. Sangat penting untuk mengontrol ukuran selama proses persiapan (Y. Wang & Hu, 2014). CQDs diskrit dengan ukuran yang dapat disetel dan seragam dapat dibuat melalui pirolisis terbatas dari prekursor organik dalam nanoreaktor (Gambar 2.6). Tiga langkah digunakan sebagai berikut: (i) menyerap prekursor organik ke dalam nanoreaktor berpori melalui gaya kapiler, (ii) pirolisis prekursor organik yang terkurung dalam nanoreaktor menjadi bahan berkarbon, (iii) pelepasan CQDs yang disintesis dengan menghilangkan nanoreaktor. Ukuran dan distribusi ukuran CQDs yang dihasilkan dari metode ini ditentukan oleh parameter tekstur nanoreaktor.



Gambar 2.6 Ilustrasi skema persiapan CQDs melalui pirolisis terbatas dari prekursor organik dalam nanoreaktor (Y. Wang & Hu, 2014).

Perlakuan untuk CQDs selain mengontrol ukuran dari CQDs itu sendiri, banyak cara lain yang salah satunya yaitu dengan doping. Doping adalah pendekatan yang banyak digunakan untuk menyempurnakan sifat fotoluminesensi dari bahan fotoluminesen. Berbagai metode doping dengan lusinan elemen seperti N dan P telah dilaporkan untuk

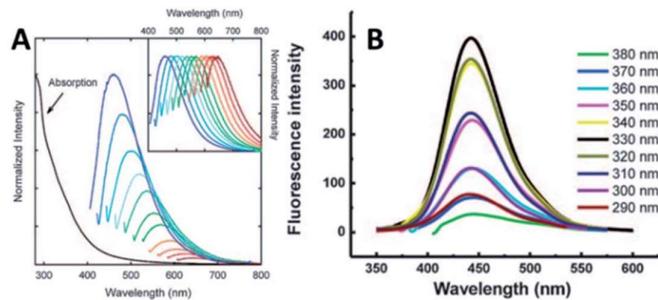
menyempurnakan sifat CQDs.(Y. Wang & Hu, 2014). N-doping adalah cara yang paling banyak dipelajari untuk meningkatkan emisi CQDs dengan menginduksi pergeseran ke atas pada tingkat Fermi dan elektron pada pita konduksi. Telah dibuktikan bahwa hanya ikatan nitrogen dengan karbon yang benar-benar dapat meningkatkan emisi PL dari CQDs (Y. Wang & Hu, 2014).

2.2.3 Sifat dari CQDs

CQDs memiliki sifat tersendiri diantara nanomaterial sejenisnya, diantaranya adalah:

1. Adsorpsi

CQDs biasanya menunjukkan serapan optik di wilayah UV dengan ekor memanjang hingga rentang tampak (lihat **Gambar 2.7A** untuk spektrum yang representatif). Mungkin ada beberapa bahu serapan yang disebabkan oleh transisi $\pi-\pi^*$ pada ikatan C=C, transisi $n-\pi^*$ pada ikatan C=O dan/atau lainnya.(Y. Wang & Hu, 2014)



Gambar 2.7 Spektrum *photoluminescence* dari CQDs (Y. Wang & Hu, 2014)

2. *Fluorescence*

Salah satu fitur CQDs yang paling menarik, baik dari sudut pandang fundamental dan berorientasi aplikasi, adalah PL-nya (lihat **Gambar 2.7** untuk spektrum yang representatif). Dalam sebagian besar kasus studi awal, salah satu fitur unik dari PL CQDs adalah ketergantungan λ yang jelas pada panjang gelombang dan intensitas emisi. Apakah hal ini terjadi karena pemilihan optik nanopartikel dengan ukuran berbeda (efek kuantum) dan/atau perangkat emisi berbeda pada permukaan CQDs atau mekanisme lain yang saat ini belum terselesaikan (Y. Wang & Hu, 2014).

3. *Phosphorescence*

Sifat *phosphorescence* CQDs ditemukan baru-baru ini. Bahan *phosphorescent* (RTP) suhu ruangan organik murni diperoleh berdasarkan CQDs yang larut dalam air dan masa pakai pendarnya diperpanjang hingga orde sub-kedua (380 ms).⁷² Dengan mendispersikan CQDs ke dalam matriks polivinil alkohol (PVA), pendar bening dapat diamati pada suhu kamar ketika dieksitasi dengan sinar UV. Investigasi awal menunjukkan bahwa pendar berasal dari keadaan tereksitasi triplet karbonil aromatik pada permukaan CQDs. Molekul matriks PVA dapat secara efektif melindungi energi keadaan tereksitasi triplet dari hilangnya rotasi atau getaran dengan memperkuat gugus-gugus ini dengan ikatan hydrogen (Y. Wang & Hu, 2014).

4. Sifat Biologi

Kemajuan yang mengesankan telah dicapai dalam rekayasa bioprobe CQDs terang dengan stabilitas yang baik. Namun, biokompatibilitas CQDs yang difungsikan masih menjadi masalah penting untuk penerapan lebih lanjut pada sel hidup, jaringan, dan hewan. Evaluasi sitotoksitas sistematis dilakukan pada CQDs mentah dan CQDs pasif selama beberapa tahun terakhir. Kelompok Sun menggunakan CQDs yang

dihasilkan oleh pelepasan busur batang grafit, dan kemudian direfluks dalam HNO_3 selama 12 jam untuk uji sitotoksitas. CQDs yang telanjang tampaknya tidak beracun bagi sel hingga konsentrasi yang relatif tinggi yaitu $0,4 \text{ mg mL}^{-1}$. CQDs luminescent yang disintesis dengan perlakuan elektrokimia grafit juga dievaluasi dalam hal uji sitotoksitas menggunakan garis sel ginjal manusia, di mana viabilitas sel tidak dipengaruhi oleh titik-titik. Selanjutnya, (Y. Wang & Hu, 2014) meningkatkan pendekatan berbasis jelaga untuk sintesis CQDs dengan diameter 26 nm. Hasil percobaan viabilitas sel juga menegaskan bahwa CQDs menunjukkan sitotoksitas yang dapat diabaikan pada konsentrasi yang diperlukan untuk *fluorescence bioimaging* (Y. Wang & Hu, 2014).

2.2.4 Aplikasi CQD

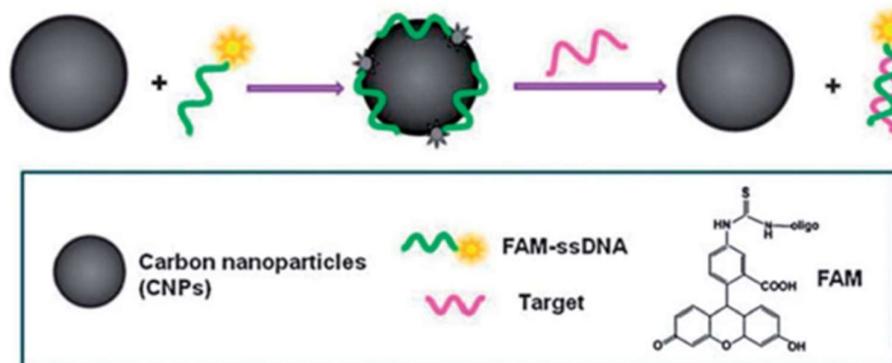
Dengan sifat yang telah disebutkan diatas, banyak aplikasi yang dapat diterapkan dengan menggunakan CQDs ini. Berikut beberapa aplikasi dari CQDs yang telah dikembangkan:

1. *Bioimaging*

Sebagai bahan nano fluoresen dengan biokompatibilitas dan biotoksitas rendah, CQDs menunjukkan potensi besar untuk bioimaging fluoresen, dan bioimaging multimodal sel dan jaringan, yang telah ditinjau di tempat lain (Y. Wang & Hu, 2014).

2. Biosensor

CQDs telah digunakan sebagai pembawa biosensor karena kelarutannya yang tinggi dalam air, fleksibilitas dalam modifikasi permukaan, tidak beracun, emisi multiwarna yang bergantung pada eksitasi, biokompatibilitas yang sangat baik, permeabilitas sel yang baik, dan fotostabilitas yang tinggi. Biosensor berbasis CQDs dapat digunakan untuk pemantauan visual glukosa, tembaga seluler, fosfat, besi, kalium, pH, dan asam nukleat. (Y. Wang & Hu, 2014)



Gambar 2.8 Skema deteksi asam nukleat fluoresen berbasis CQDs (Y. Wang & Hu, 2014).

3. *Supercapacitor*

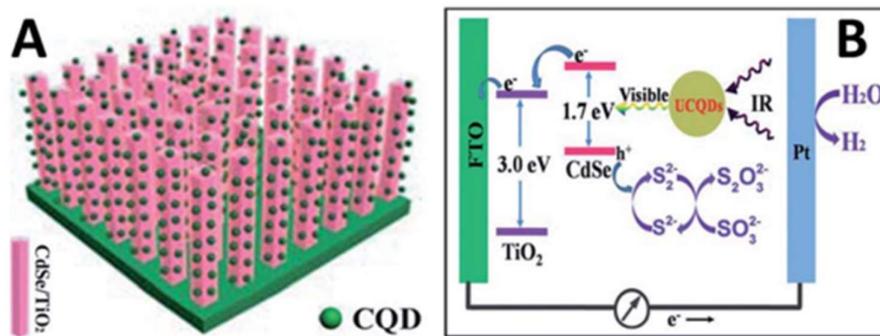
Hibrida berbasis CQDs sebagai bahan elektroda yang sangat baik untuk superkapasitor dilaporkan baru-baru ini. CQDs dibuat dengan metode oksidasi kimia yang mudah diikuti dengan reduksi termal, dan dekorasi lebih lanjut dengan RuO_2 untuk mendapatkan komposit. Hibrid ini menunjukkan kapasitansi spesifik 460 F g^{-1} pada kepadatan arus ultra-tinggi 50 A g^{-1} (pemuatan Ru 41,9% berat), dan kemampuan laju yang sangat baik (88,6, 84,2, dan 77,4% tingkat retensi kapasitas pada 10, 20, dan

50 A g⁻¹ dibandingkan dengan 1 A g⁻¹, masing-masing).118 Yang mengejutkan, hibrida menunjukkan stabilitas siklus yang luar biasa dengan retensi kapasitas 96,9% selama 5000 siklus pada 5 A g⁻¹(Y. Wang & Hu, 2014).

4. Photocatalysis

Material canggih untuk *hydrogen evolution reaction* (HER) elektrokatalitik dan *photoelectrochemical* (PEC) merupakan hal yang penting dalam bidang energi terbarukan. Komposit P25 TiO₂ yang dimodifikasi CQDs (CQDs/P25) dibuat melalui reaksi hidrotermal satu langkah yang mudah. CQDs/P25 menunjukkan peningkatan evolusi fotokatalitik H₂ di bawah iradiasi dengan UV-Vis dan cahaya tampak ($\lambda > 450$ nm) karena dari CQDs yang bertindak sebagai reservoir elektron untuk meningkatkan pemisahan efisien pasangan lubang-elektron P25 yang diinduksi foto dan fotosensitizer untuk menyadarkan P25 menjadi struktur respons cahaya tampak untuk evolusi H₂ (Y. Wang & Hu, 2014).

Diharapkan dapat memanfaatkan wilayah sinar matahari NIR untuk mendapatkan sebagian besar energi matahari. CQDs dengan sifat UCPL dapat meningkatkan sifat PEC fotoanoda CQDs/CdSe/TiO₂ NR di wilayah NIR (lebih dari 750 nm)(Y. Wang & Hu, 2014).

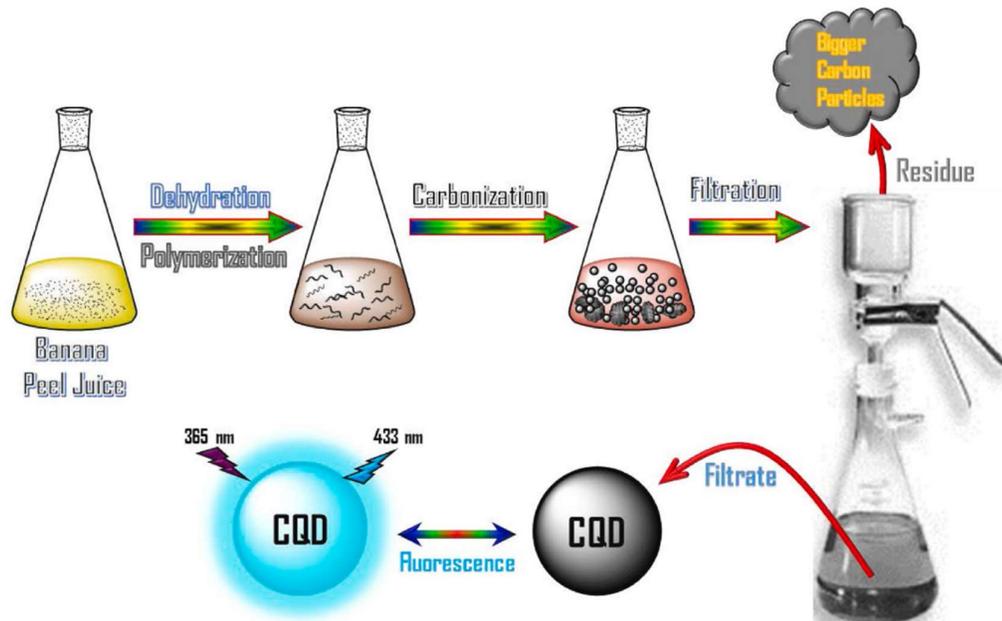


Gambar 2.9 Skema CQD sebagai *converter* (Y. Wang & Hu, 2014).

Gambar 2.9 menjelaskan A) Diagram skema yang menunjukkan fotoanoda CQDs/CdSe/TiO₂ NR. (B) Diagram skematik untuk mengilustrasikan bagaimana konversi titik kuantum karbon (UCQDs) berfungsi sebagai konverter spektral untuk fotoanoda CdSe/TiO₂ NR

5.3 Metode Hydrothermal

Sintesis hidrotermal mengacu pada reaksi heterogen dalam media berair di atas 100°C dan tekanan 1bar. Contoh yang sangat baik dari reaksi hidrotermal disediakan oleh alam. Banyak mineral telah terbentuk dalam keadaan ini, dan ahli geologi dan mineralogi telah mampu menentukan kondisi yang diperlukan untuk pembentukan mineral (O'Hare, 2001). Dalam industri, proses hidrotermal berperan dalam konsep hidrometalurgi, misalnya proses klasik Bayer untuk dekomposisi bauksit. Ringkasan singkat ini berkonsentrasi pada penggunaan kimia hidrotermal dalam sintesis bahan (O'Hare, 2001).



Gambar 2.10 Skema Mekanisme pembentukan CQDs dari kulit pisang melalui proses hidrotermal (Atchudan *et al.*, 2021).

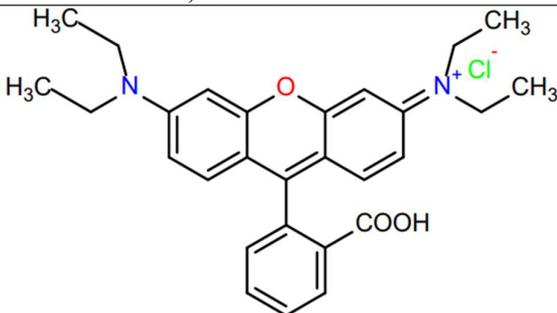
Kunci utama dalam metode hidrotermal ini adalah menggunakan pelarut yang cocok. Dalam hal ini air diketahui sebagai pelarut yang paling baik diantara cairan lainnya. Sifat fisik dan kimia air dalam kondisi hidrotermal telah dirangkum oleh Franck (1978). Data PVT dan sifat fisik lainnya untuk air hingga 1000°C dan 10kbar diketahui secara akurat dan menunjukkan beberapa perilaku yang luar biasa. Misalnya, viskositas air berkurang 10% ketika dinaikkan hingga 500°C dan 100bar, sehingga menghasilkan mobilitas molekul yang jauh lebih tinggi dibandingkan pada kondisi sekitar (O’Hare, 2001). Secara umum, pembentukan CQDs disarankan melalui empat tahap yaitu dehidrasi, polimerisasi, karbonisasi, dan pasivasi. Di sini kami mengusulkan pembuatan CQDs dari kulit pisang dengan tiga tahap termasuk dehidrasi, polimerisasi, dan karbonisasi seperti yang digambarkan pada gambar 2.10 (Atchudan *et al.*, 2021). Sebagian besar, CQDs yang berasal dari sumber daya alam menunjukkan fluoresensi yang kuat tanpa pasif apa pun. Meskipun pembentukan CQDs telah diselidiki secara luas, jalur pembentukannya masih belum jelas (Atchudan *et al.*, 2021).

5.4 Rhodamine-B

Rhodamine-B adalah pewarna basa milik *xanthene* yang telah banyak digunakan di berbagai bidang karena hasil kuantumnya yang tinggi, koefisien serapan yang tinggi, dan stabilitas cahaya yang sangat baik. Telah digunakan sebagai pewarna karena warnanya yang cerah pada tahap awal (Li *et al.*, 2018). Merupakan pigmen fluoresen organik berwarna merah terang yang digunakan sebagai zat pewarna di berbagai industri seperti tekstil, kertas, cat, dll. Kelarutannya yang tinggi dalam air dan sifatnya yang murah menjadikannya pigmen yang umum digunakan di berbagai industry (Saigl, 2021). Pewarna *rhodamine-b*, seperti pewarna lainnya, stabil terhadap cahaya, panas, oksidasi, dan tidak dapat terurai secara biologis (Saigl, 2021).

Tabel 2.1 Sifat umum *rhodamine-b* (Saigl, 2021).

Common name	Rhodamine B
-------------	-------------

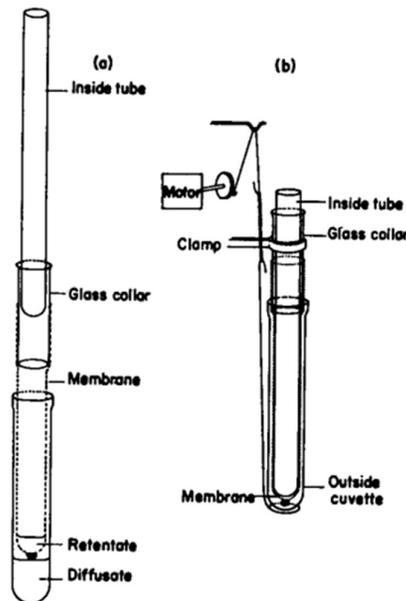
Chemical name	[9-(2-carboxyphenyl)-6-diethylamino-3-xanthenylidene]-diethylammonium chloride
Chemical formula	C ₂₈ H ₃₁ ClN ₂ O ₃
Molecular weight	479,017 g/mol
Adsorption maximum	545 nm
Class	Triphenylmethane
Appearance	Basic Violet 10; Brilliant Pink B
Molecular structure	

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pewarna *rhodamine-b* dianggap bersifat karsinogenik dan mutagenik pada hewan dan manusia. *Rhodamine-b* menyebabkan masalah biologis seperti kulit, peradangan pernafasan, hemolisis, perubahan degeneratif pada hati, dan ginjal, dll. *Rhodamine-b* dikenal sebagai pelacak air berpendar karena digunakan sebagai pelacak di dalam air untuk mengevaluasi laju aliran dan arah air. aliran air (Saigl, 2021).

5.5 Metode Dialisis

Dialisis adalah proses pemisahan yang bergantung pada transpor diferensial zat terlarut dengan ukuran berbeda melintasi penghalang berpori yang memisahkan dua cairan ketika gaya penggerakannya hanya berupa gradien konsentrasi. Biasanya digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang terlalu besar untuk berdifusi melalui penghalang dari zat terlarut yang cukup kecil untuk berdifusi bebas melalui penghalang tersebut (Curtis A. Williams, 1968). Metode dialisis, yang memisahkan molekul melalui difusi diferensial melalui membran semi permeabel yang inert (Pollard, 1987).

Untuk dialisis dalam biokimia, membran yang paling banyak digunakan tersedia secara komersial dalam bentuk selubung selulosa ekstrusi yang diproduksi tidak terutama untuk dialisis tetapi untuk industri sosis. Persyaratan teknis yang terakhir memastikan produksi casing tipis dan kuat yang luar biasa dapat direproduksi, bebas dari muatan tetap. Meskipun bahan berpori lainnya dapat dan telah digunakan, perlakuan singkat ini hanya akan mempertimbangkan selubung selulosa, yang biasanya disebut selofan (Curtis A. Williams, 1968).



Gambar 2.11 Skema sel dialisis film tipis (Curtis A. Williams, 1968).

Dialisis biasanya dianggap sebagai proses yang lambat, memerlukan waktu semalam atau terkadang berhari-hari untuk menyelesaikannya. Hal ini tidak harus dilakukan dengan pengaturan yang tepat. Selain itu, di masa lalu jarang digunakan sebagai alat pembeda yang mampu melakukan kuantisasi dengan tepat. Peralatan sederhana yang ditunjukkan pada **Gambar 2.11** memungkinkan penentuan dalam waktu yang relatif singkat dengan ketepatan yang mengejutkan. Prinsip sel ini bergantung pada penyediaan area dialisis maksimum untuk sejumlah kecil larutan dan pengadukan larutan baik di dalam maupun di luar dengan cara yang dapat direproduksi sepenuhnya (Curtis A. Williams, 1968).

5.6 Material Komposit

Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih material yang berbeda dan tersusun atas komponen berupa matriks, filler, dan interface. Banyak sekali contoh dari komposit baik komposit yang terbentuk secara alami maupun sintesis. Beberapa contoh komposit yang ada di alam meliputi kayu yang tersusun dari matriks berupa lignin dengan filler berupa serat selulosa. Bahan komposit dibentuk dengan menggabungkan dua atau lebih bahan yang mempunyai sifat yang sangat berbeda, dan tidak larut atau bercampur satu sama lain. Bahan-bahan berbeda dalam komposit bekerja sama untuk memberikan sifat unik pada komposit (Ngo, 2020). Secara umum komposit terdiri dari tiga komponen: (i) matriks sebagai fasa kontinu; (ii) penguat sebagai fase terputus-putus atau terdispersi, termasuk serat dan partikel; dan (iii) wilayah interfase halus, juga dikenal sebagai antarmuka (Ngo, 2020).

2.6.1 Jenis Matriks Komposit

Material apa pun dapat berfungsi sebagai material matriks untuk komposit. Namun bahan matriks umumnya berupa keramik, logam, dan polimer. Faktanya, mayoritas material matriks yang ada di pasar komposit adalah polimer. Ada beberapa matriks polimer berbeda yang dapat digunakan dalam material komposit. Di antara komposit matriks polimer, komposit matriks termoset lebih dominan dibandingkan komposit termoplastik. Meskipun termoset dan termoplastik terdengar serupa, keduanya memiliki sifat dan aplikasi yang sangat berbeda. Memahami perbedaan kinerja dapat membantu membuat keputusan pengadaan dan desain produk yang lebih baik sebagai gabungan (Ngo, 2020).

1. *Thermosets* matriks

Termoset adalah bahan yang mengalami reaksi kimia atau pengawetan dan biasanya berubah dari cair menjadi padat. Dalam bentuknya yang tidak diawetkan, bahan tersebut mempunyai molekul kecil yang tidak terikat yang dikenal sebagai monomer (Ngo, 2020).

2. *Thermoplastics* matriks

Termoplastik adalah plastik yang mampu meleleh. Bahan termoplastik diproses dengan panas. Ketika panas yang ditambahkan cukup untuk menaikkan suhu plastik di atas titik lelehnya, plastik akan meleleh, mencair, atau melunak hingga cukup untuk diproses. Ketika sumber panas dihilangkan dan suhu plastik turun di bawah titik lelehnya, plastik akan membeku kembali menjadi padatan seperti kaca. Proses ini dapat diulangi, dengan plastik meleleh dan mengeras ketika suhu naik dan turun di bawah suhu leleh (Ngo, 2020).

Bahan termoset dan termoplastik mempunyai tempat tersendiri di pasaran. Secara umum, termoset cenderung sudah ada sejak lama dan memiliki tempat yang mapan di pasar, memiliki biaya bahan baku yang lebih rendah, dan memberikan kemudahan pembasahan serat penguat dan kemudahan pembentukan geometri bagian akhir. Dengan kata lain, termoset seringkali lebih mudah diproses dibandingkan termoplastik. Berikut merupakan perbandingan antara *thermoset* dan *thermosplastic*.

Tabel 2.2 Perbandingan Antara *Thermoset* dan *Thermoplastic* (Ngo, 2020).

	<i>Thermoset</i>	<i>Thermoplastic</i>
Proses	Mengandung monomer yang berikatan silang selama proses pengawetan untuk membentuk ikatan kimia yang tidak dapat diubah. Proses ikatan silang menghilangkan risiko produk meleleh kembali ketika panas diterapkan, menjadikan termoset ideal untuk aplikasi dengan panas tinggi seperti elektronik dan peralatan.	Pelet melunak saat dipanaskan dan menjadi lebih cair saat panas tambahan diberikan. Karakteristik ini memungkinkan termoplastik untuk dibentuk kembali dan didaur ulang tanpa mempengaruhi sifat fisik material secara negatif
Keunggulan	<ul style="list-style-type: none"> • Ada beberapa resin termoset yang menawarkan berbagai manfaat kinerja <ul style="list-style-type: none"> • Secara signifikan meningkatkan sifat mekanik material, meningkatkan ketahanan kimia, ketahanan panas, dan integritas struktural. Termoset sering digunakan untuk produk yang disegel karena ketahanannya terhadap deformasi • Tidak dapat didaur ulang 	<ul style="list-style-type: none"> • Ada beberapa termoplastik yang menawarkan berbagai manfaat kinerja <ul style="list-style-type: none"> • Umumnya menawarkan kekuatan tinggi, ketahanan susut, dan mudah ditekuk. Tergantung pada polimernya, termoplastik dapat digunakan untuk aplikasi bertekanan rendah seperti kantong plastik atau komponen mekanis bertekanan tinggi • Sangat dapat didaur ulang

-
- Tidak dapat dibentuk kembali atau dibentuk kembali (tidak meleleh jika dipanaskan)
 - Mudah membasahi serat dan pengisi penguat
 - Lebih tahan terhadap suhu tinggi dibandingkan termoplastik
 - Desain yang sangat fleksibel
 - Kemampuan dinding tebal hingga tipis
 - Penampilan estetika yang luar biasa
 - Stabilitas dimensi tingkat tinggi
 - Lebih sulit untuk menyelesaikan permukaan
 - Hemat biaya
 - Dapat meleleh jika dipanaskan, kemampuan membentuk kembali/membentuk kembali
 - Lebih sulit untuk membasahi serat dan pengisi penguat
 - Resistensi dampak tinggi
 - Tahan bahan kimia
 - Pilihan permukaan kristal keras atau karet
 - Hasil akhir yang unggul secara estetika
 - Manufaktur ramah lingkungan
 - Umumnya lebih mahal dibandingkan termoset

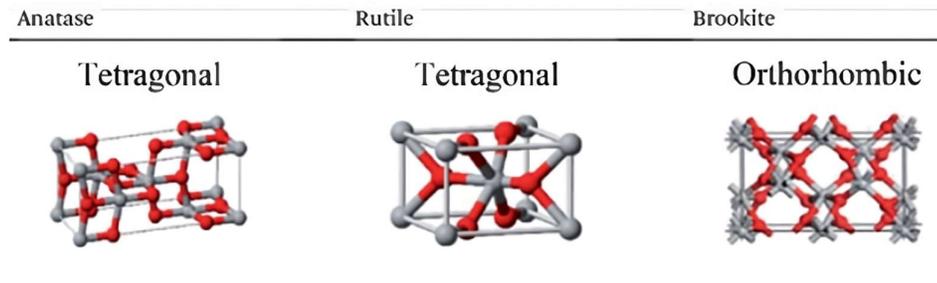
2.6.2 Jenis *Filler* Komposit

Filler komposit bisa dalam berbagai bentuk seperti serat, serpihan, atau partikel. Masing-masing mempunyai sifat tersendiri yang dapat dikontribusikan pada komposit, dan oleh karena itu, masing-masing mempunyai bidang penerapannya sendiri. Di antara bentuknya, serat adalah yang paling umum digunakan dalam aplikasi komposit, dan serat memiliki pengaruh paling besar terhadap sifat material komposit (Ngo, 2020). Berbagai jenis serat telah digunakan untuk memperkuat komposit matriks polimer. Yang paling umum adalah serat karbon (AS4, IM7, dll.), serat kaca (E-glass, S-glass, dll.), serat aramid (Kevlar® dan Twaron®), dan serat boron. Serat kaca telah digunakan sebagai penguat selama berabad-abad, terutama oleh para pekerja kaca Venesia Renaisans. Filamen serat kaca kontinu yang penting secara komersial diproduksi pada tahun 1937 oleh perusahaan patungan antara Owens-Illinois dan Corning Glass (Ngo, 2020).

5.7 Titanium Dioksida (TiO₂)

Titanium dioksida (TiO₂) juga dikenal sebagai titanium oksida atau titanium IV oksida atau titania, adalah oksida titanium alami. TiO₂ adalah oksida logam transisi serbaguna dan bahan yang berguna dalam berbagai aplikasi masa kini/masa depan yang berkaitan dengan katalisis, elektronik, fotonik, penginderaan, kedokteran, dan pelepasan obat terkontrol (Theivasanthi & Alagar, 2013). TiO₂ biasanya digunakan dalam bentuk nanopartikel dalam suspensi untuk luas permukaan dan aktivitas katalitik yang tinggi (Theivasanthi & Alagar, 2013). TiO₂ memiliki fase kristal yang berbeda yaitu, *brookite*, *anatase* dan *rutile*. Salah satu fase yaitu *anatase*, aktif di bawah penyinaran sinar ultraviolet (UV), disebut 'fotoaktif', dan salah satu fotokatalis penting, terutama untuk detoksifikasi air (Inagaki & Kang, 2014). Disisi lain *brookite* lebih langka dibandingkan dengan anatase dan rutil dan, seperti bentuk-bentuk ini, ia menunjukkan aktivitas fotokatalitik. *Brookite* juga memiliki volume sel yang lebih besar dibandingkan anatase atau rutil, dengan 8 gugus TiO₂ per unit sel, dibandingkan dengan 4 untuk anatase dan 2 untuk rutil. *Rutile* memiliki salah satu indeks bias tertinggi pada panjang gelombang tampak dibandingkan kristal mana pun yang diketahui dan juga menunjukkan birefringensi yang sangat besar dan dispersi yang tinggi. Karena sifat-sifat tersebut, TiO₂ berguna untuk pembuatan

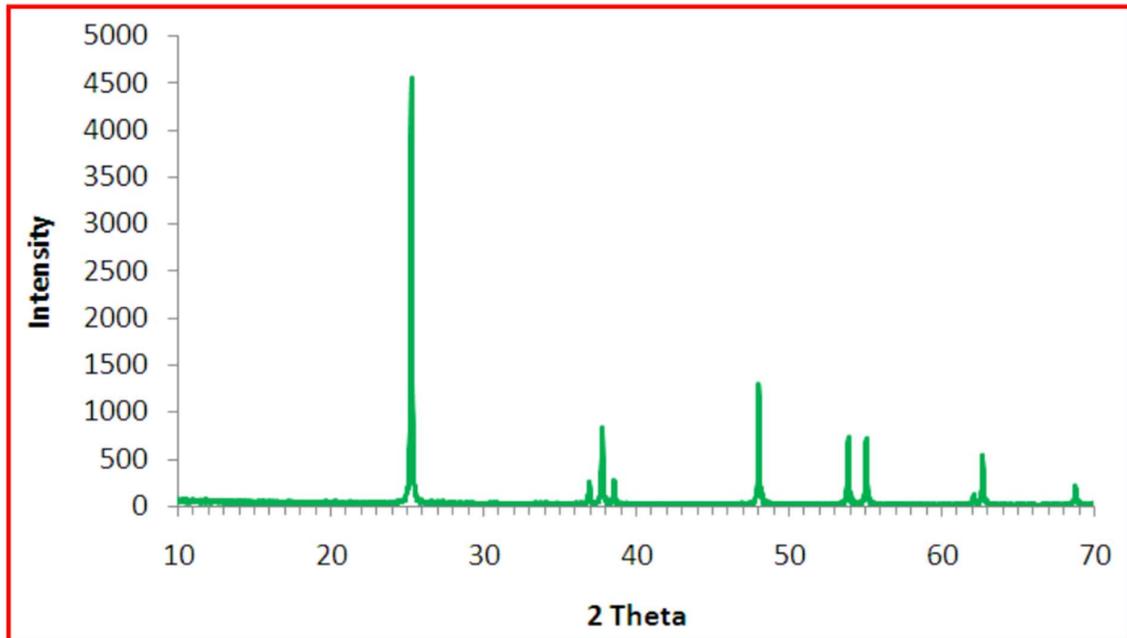
elemen optik tertentu, terutama optik polarisasi, untuk panjang gelombang tampak dan inframerah yang lebih panjang hingga sekitar 4,5 mikrometer. *Rutile* alami mungkin mengandung hingga 10% zat besi dan sejumlah besar niobium dan tantalum (Theivasanthi & Alagar, 2013).



Gambar 2.12 Perbedaan struktur kristal antara *anatase*, *rutile*, dan *brookite*(Kim, 2023)

Bahan nano-TiO₂ dapat menghasilkan sejumlah besar radikal bebas aktif di bawah eksitasi cahaya, yang secara efektif dapat mengubah polutan organik seperti pewarna, dioksin, dan klorin organik menjadi molekul anorganik kecil seperti H₂O, CO₂, dan ion asam. Efek penyerapan limbah polutan oleh TiO₂ berifat cepat dan stabil, mudah dikendalikan, dan dapat diterapkan secara luas di bidang pengendalian pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, TiO₂ skala nano telah banyak dipelajari di bidang pengolahan polutan organik karena aktivitas fotokatalitiknya (B. Wang *et al.*, 2018).

Banyak penelitian yang terfokus pada sintesis dan juga modifikasi TiO₂, dalam kaitannya dengan penerapannya. Beberapa contoh komposit TiO₂ dengan material lain seperti SiO₂/TiO₂, ZrO₂/TiO₂, zeolit/TiO₂ dan TiO₂ mulai banyak diteliti untuk mewujudkan kinerja fotokatalisis yang tinggi, beberapa di antaranya digunakan secara praktis. Komposit TiO₂ dengan material karbon juga telah dipelajari secara aktif (Inagaki & Kang, 2014). Material ini banyak digunakan sebagai fotokatalis karena biayanya yang relatif murah, tidak beracun dan stabilitas kimia yang tinggi. Material ini memiliki lebih banyak aplikasi di berbagai industri seperti ruang angkasa, olahraga, obat-obatan, cat (untuk memberikan kilau tinggi, warna yang cerah dan menggantikan logam timbal yang berbahaya), makanan (untuk meningkatkan umur simpan produk) dan kosmetik (perlindungan UV pada tabir surya dan banyak produk lainnya) (Theivasanthi & Alagar, 2013).



Gambar 2.13 Pola XRD dari nanopartikel TiO₂ (Theivasanthi & Alagar, 2013).

Komposit antara TiO₂ fotoaktif dan material karbon yang berbeda mulai banyak diteliti. Peningkatan adsorpsi katalis mempunyai manfaat tertentu dalam proses fotokatalitik, karena molekul yang teradsorpsi dapat dengan mudah bereaksi dengan radikal OH yang terbentuk pada permukaan TiO₂, yang merupakan oksidator yang sangat kuat dan berperan dalam penguraian bahan organik. Oleh karena itu, luas permukaan katalis yang tinggi sangat penting, begitu pula dengan dispersi partikel TiO₂ yang tinggi. Namun, tingkat dispersi partikel yang tinggi tidak sesuai untuk pemisahan katalis dari air (Inagaki & Kang, 2014).

Tabel 2.3 Sifat dari TiO₂ (Kim, 2023).

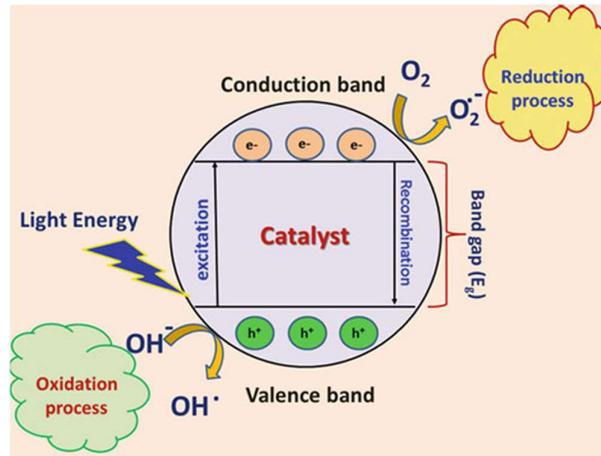
Sifat	Nilai
Berat Molekul	79,866 g/mol
Massa Pasti	79,9377699 g/mol
Titik Didih	2500-3000 °C at 760 mmHg
Titik Lebur	1855 °C
Massa Jenis	3.9 to 4.2 g/cm ³

Selain dari tabel diatas, TiO₂ memiliki sifat lain yaitu: TiO₂ tidak memiliki bau dan rasa, biasanya berbentuk bubuk putih, dan pH di sekitar 7,5 (Kim, 2023).

5.8 Fotokatalisis

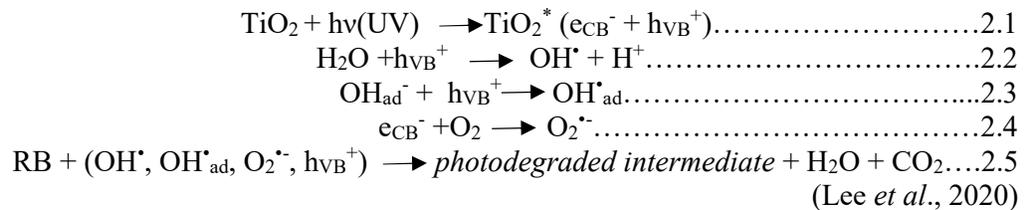
Fotokatalis adalah metode berbakat yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan seperti degradasi berbagai polutan organik dalam air limbah, produksi hidrogen, pemurnian udara, dan aktivitas antibakteri (Saravanan *et al.*, 2017a). Fotokatalisis adalah penggabungan fotokimia dan katalisis. Kata "fotokatalisis" berasal dari bahasa Yunani dan terdiri dari dua bagian "foto" yang berarti cahaya dan "katalisis" adalah proses di mana suatu zat terlibat dalam mengubah laju transformasi kimia reaktan tanpa diubah pada akhirnya. Oleh karena itu, fotokatalisis adalah proses di mana cahaya dan katalis digunakan secara bersamaan untuk mendukung atau mempercepat reaksi kimia. Jadi, fotokatalisis dapat didefinisikan sebagai "percepatan reaksi yang disebabkan oleh cahaya yang didorong oleh katalisis." (Saravanan *et al.*, 2017a).

Reaksi fotokatalitik terutama bergantung pada panjang gelombang atau energi cahaya (foton) dan katalis. Secara umum, bahan semikonduktor digunakan sebagai katalis yang berfungsi sebagai sensitizer untuk penyinaran cahaya yang merangsang proses redoks karena struktur elektroniknya, yang ditandai dengan pita valensi terisi dan pita konduksi kosong (Saravanan *et al.*, 2017a).



Gambar 2.14 Representasi Skema Mekanisme Fotokatalitik Semikonduktor (Saravanan *et al.*, 2017b).

Laju fotomineralisasi suatu senyawa organik dengan metode fotokatalisis terutama bergantung pada parameter berikut: struktur, bentuk, ukuran, dan luas permukaan katalis, suhu reaksi, pH, intensitas cahaya, jumlah katalis, dan konsentrasi air limbah (Saravanan *et al.*, 2017a). Reaksi fotokatalisis bergantung dari bahan penyusunnya dan komposisinya. Sebagai contoh dari salah satu reaksi fotokatalisis untuk degradasi *rhodamine-b* (RB) sebagai berikut:



Ketika foton ($h\nu(\text{UV})$) diserap oleh TiO_2 , pasangan elektron dan lubang (*photogenerated hole*) dapat dihasilkan di dalam TiO_2 . Dari reaksi diatas dapat dijelaskan jika TiO_2^* merupakan keadaan tereksitasi dari TiO_2 , e_{CB}^- adalah elektron yang tereksitasi oleh cahaya dalam pita konduksi, h_{VB}^+ adalah lubang yang di hasilkan secara fotogenerasi (*photogenerated hole*) dalam pita valensi, OH^\cdot adalah *hydroxyl radical* yaitu gas stabil yang ter-decay secara cepat, OH_{ad}^- adalah ion hidroksida yang teradsorpsi, dan $\text{O}_2^{\cdot-}$ adalah super oksida (Lee *et al.*, 2020).

5.9 Adsorpsi

Istilah “sorpsi” digunakan untuk menggambarkan setiap jenis penangkapan suatu zat dari permukaan luar padatan, cairan, atau mesomorf serta dari permukaan dalam padatan atau cairan berpori (Inglezakis, 2006). Tergantung pada jenis ikatan yang terlibat, penyerapan dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

1. Adsorpsi Fisik

Dalam penyerapan fisik (atau fisisorpsi), tidak ada pertukaran elektron yang diamati; sebaliknya, tarik-menarik antarmolekul antara lokasi energi yang menguntungkan terjadi dan oleh karena itu tidak bergantung pada sifat elektronik molekul yang terlibat. Fisisorpsi dicirikan oleh energi interaksi yang sebanding dengan panas penguapan (kondensasi). Adsorbat terikat pada permukaan oleh gaya van der Waals yang relatif lemah dan beberapa lapisan dapat terbentuk dengan panas adsorpsi yang kurang lebih sama. Panas adsorpsi untuk fisisorpsi paling banyak beberapa kkal/mol dan oleh karena itu jenis adsorpsi ini hanya stabil pada suhu di bawah 150 °C (Inglezakis, 2006).

2. Adsorpsi Kimia

Penyerapan kimia (atau kemisorpsi) melibatkan pertukaran elektron antara lokasi permukaan tertentu dan molekul zat terlarut, dan sebagai hasilnya, ikatan kimia terbentuk. Kemisorpsi dicirikan oleh energi interaksi antara permukaan dan adsorbat yang sebanding dengan kekuatan ikatan kimia (puluhan kkal/mol), dan akibatnya jauh lebih kuat dan lebih stabil pada suhu tinggi dibandingkan fisisorpsi. Umumnya, hanya satu lapisan molekul yang dapat diadsorpsi (Inglezakis, 2006).

3. Adsorpsi Elektrostatis (Pertukaran ion)

Ini adalah istilah yang digunakan untuk gaya tarik menarik Coulomb antara ion dan gugus fungsi bermuatan dan umumnya diklasifikasikan sebagai pertukaran ion (Inglezakis, 2006).

Karakteristik terpenting dari penyerapan fisik dan kimia disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.4 Perbandingan penyerapan fisik dan kimia (Inglezakis, 2006).

	Adsorpsi Kimia	Adsorpsi Fisik
Kisaran suhu di mana adsorpsi terjadi	Hampir tidak terbatas; namun, molekul tertentu hanya dapat teradsorpsi secara efektif dalam rentang yang kecil	Dekat di bawah titik kondensasi gas (misalnya $\text{CO}_2 < 200 \text{ K}$)
Entalpi adsorpsi	Kisarannya luas, terkait dengan kekuatan ikatan kimia biasanya 40-800 kJ/mol	Terkait dengan faktor seperti massa molekul dan polaritas tetapi biasanya 5-40 kJ/mol (yaitu ~ panas pencairan)
Sifat adsorpsi	seringkali disosiatif dan mungkin tidak dapat diubah	nondisosiatif dan reversibel
Penyerapan saturasi Kinetika adsorpsi	Terbatas pada satu lapisan tunggal Sangat bervariasi; seringkali merupakan proses yang diaktifkan	Penyerapan multilayer dimungkinkan Cepat, karena ini adalah proses yang tidak diaktifkan

Adsorpsi berbagai zat dari padatan disebabkan oleh peningkatan energi permukaan bebas padatan karena luas permukaannya. Menurut hukum kedua termodinamika, energi ini harus dikurangi. Hal ini dicapai dengan mengurangi tegangan permukaan melalui penangkapan zat ekstrinsik.

5.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian sebelumnya yang dilakukan berkaitan dengan mortar dengan variasi penggunaan ground granulated blast furnace slag, fly ash dan zeolit adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 5 Rangkuman penelitian terdahulu

No	Material	Aplikasi	Hasil Penelitian	Referensi
1.	TiO ₂ dan Nanopartikel Emas Didukung pada <i>Floating Porous Spon</i> Polydimethylsiloxine	Degradasi <i>rhodamine-b</i>	Spons komposit PDMS–TiO ₂ –Au menunjukkan efisiensi fotokatalitik yang jauh lebih tinggi dibandingkan spons PDMS–TiO ₂ atau PDMS–Au di bawah sinar UV dan cahaya tampak. Diperkirakan berasal dari injeksi elektron panas oleh LSPR. Karena kinerja fotokatalitiknya yang tinggi dan fabrikasinya yang sederhana, spons PDMS–TiO ₂ –Au merupakan bahan yang menjanjikan untuk pengolahan air limbah berbasis sinar matahari.	(Lee <i>et al.</i> , 2020)
2.	Komposit Kalsium Titanate (CaTiO ₃)	Fotodegradasi <i>rhodamine-b</i>	Hasil uji menunjukkan bahwa semakin besar komposisi CaTiO ₃ yang ditambahkan dalam larutan <i>Rhodamine-b</i> , maka aktifitas fotokatalitik CaTiO ₃ untuk mendegradasi zat warna <i>Rhodamine-b</i> akan semakin besar. Hasil optimum eksperimen diperoleh prosentase degradasi <i>Rhodamine-b</i> sebesar 97.37% dengan nilai tetapan laju fotodegradasi sebesar 0.0915(ppm. menit-1) menggunakan komposisi CaTiO ₃ 2.0gram dengan waktu degradasi yang cukup singkat 40min. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa fotokatalis berbasis material CaTiO ₃ sangat efektif digunakan sebagai adsorben limbah tekstil.	(Ernawati <i>et al.</i> , 2020)
3.	Sintesis <i>Carbon quantum dots</i> dari tempurung kelapa	Fotodegradasi <i>methylene blue</i>	CQDs berhasil disintesis dengan metode hidrotermal satu langkah dari sabut kelapa yang tersedia secara alami. UCQDs menunjukkan efisiensi degradasi 76,5% dalam 180 menit dan <i>N-doped</i> CQDs menunjukkan 94% dalam 150 menit. PH pewarna MB	(Edakkaparamban <i>et al.</i> , 2023)

			<p>secara signifikan mempengaruhi kinerja fotokatalitik <i>undoped</i> CQDs, namun <i>N-doped</i> CQDs menunjukkan kinerja yang hampir seragam dan karenanya dapat digunakan sebagai fotokatalis yang lebih baik dalam berbagai media pH.</p>	
4.	Sintesis <i>carbon quantum dots</i> dari kulit pisang	<i>In vivo</i> bioimaging	<p>CQDs yang dihasilkan memiliki morfologi hampir bulat dengan diameter rata-rata ~5 nm dan menunjukkan tingkat grafitisasi yang dapat diterima. CQDs biomassa memiliki kelarutan air yang sangat baik karena fungsinya dan menunjukkan fluoresensi cerah tanpa perlakuan permukaan lebih lanjut dengan hasil kuantum yang dapat diterima sebesar 20%. Perilaku fluoresensi yang bergantung pada eksitasi berhasil digunakan sebagai probe fluoresen yang efektif dalam aplikasi pencitraan multiwarna atoda nem. Lebih penting lagi, hasil ini dapat memotivasi sintesis nanomaterial berbasis karbon multifungsi berfluoresen tinggi yang hemat biaya, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dengan berbagai aplikasi potensial di masa depan seperti aplikasi biomedis dan optoelektronik.</p>	(Atchudan <i>et al.</i> , 2021)
5.	Konversi puntung rokok menjadi <i>N,S-doped carbon dots</i>	Aplikasi untuk <i>fluorescent film, bioimaging, sensor, logic gate operation, dan security ink</i>	<p>Singkatnya, kami telah berhasil mendemonstrasikan metode hidrotermal satu langkah sederhana untuk produksi <i>carbon dot</i> (CD) berkode N, S yang sangat berfluoresensi tinggi (QY = 26%) dari <i>cigarette butt</i> CB beracun untuk pertama kalinya. Kondisi reaksi yang moderat, menggunakan limbah sebagai bahan awal, hasil produksi yang baik (9,6%), dan sifat produk yang terbentuk yang multifungsi (CBCD) menjadikan metode kami ekonomis dan terukur. Mereka berhasil diterapkan sebagai probe fluoresen “on-off-on” untuk deteksi berurutan Fe³⁺ dan AA dalam air nyata dan sampel biologis. CBCD selanjutnya digunakan sebagai tinta biokompatibel</p>	(Bandi <i>et al.</i> , 2018b)

dan tidak terlihat untuk memuat data dan membentuk sidik jari. Sifat CBCD yang “terlihat–tidak terlihat” dan “UV– terlihat” menjanjikan penerapannya dalam antipemalsuan. Selain itu, film CBCD/PVA dengan emisi yang kuat dan stabil mungkin dapat diterapkan secara langsung atau tidak langsung pada berbagai perangkat optik/optoelektronik, mulai dari layar fluoresen hingga LED.

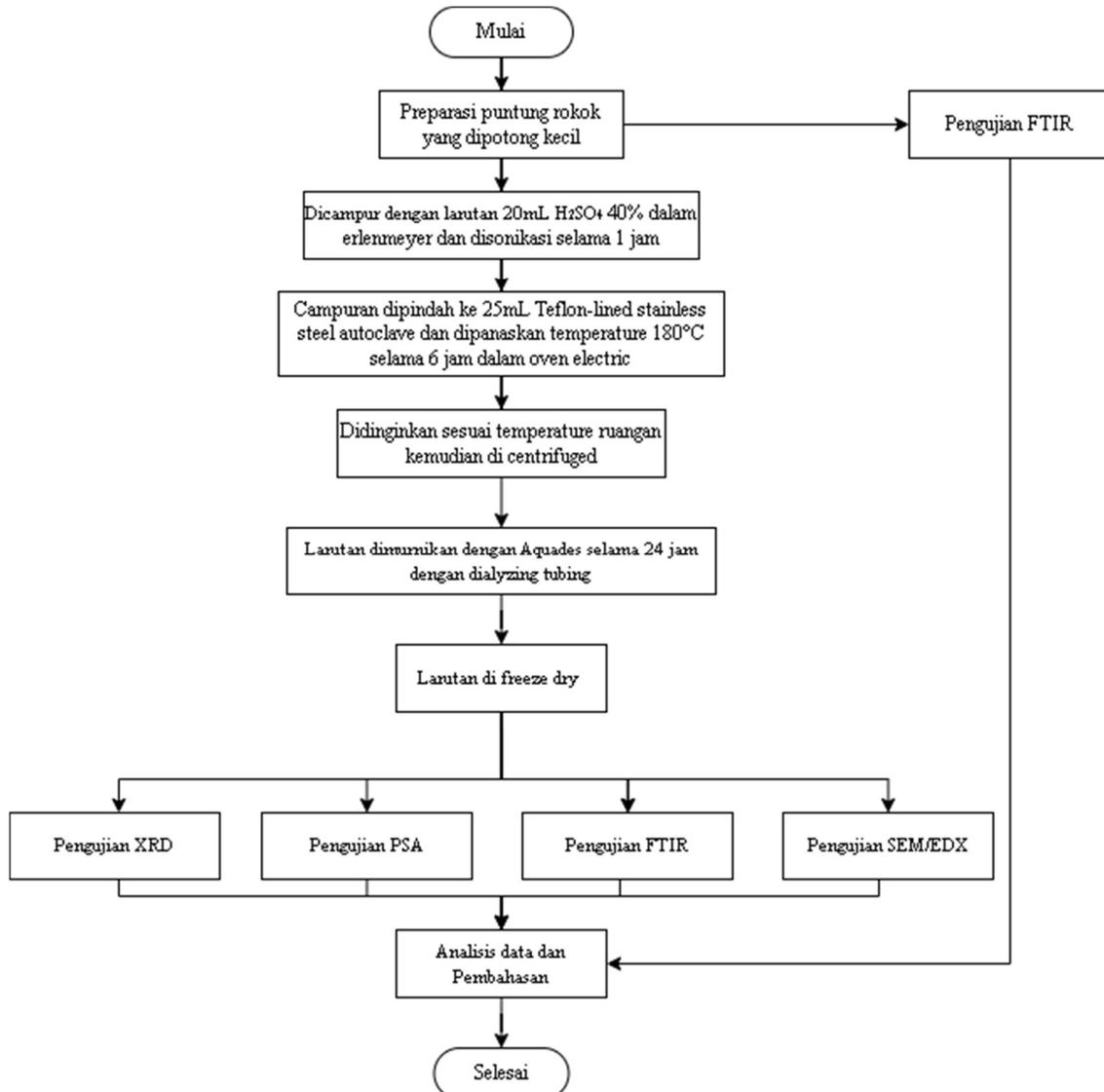
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram alir

Adapun diagram alir percobaan yang bisa dilihat sebagai berikut

3.1.1 Sintesis *Carbon Quantum Dots*

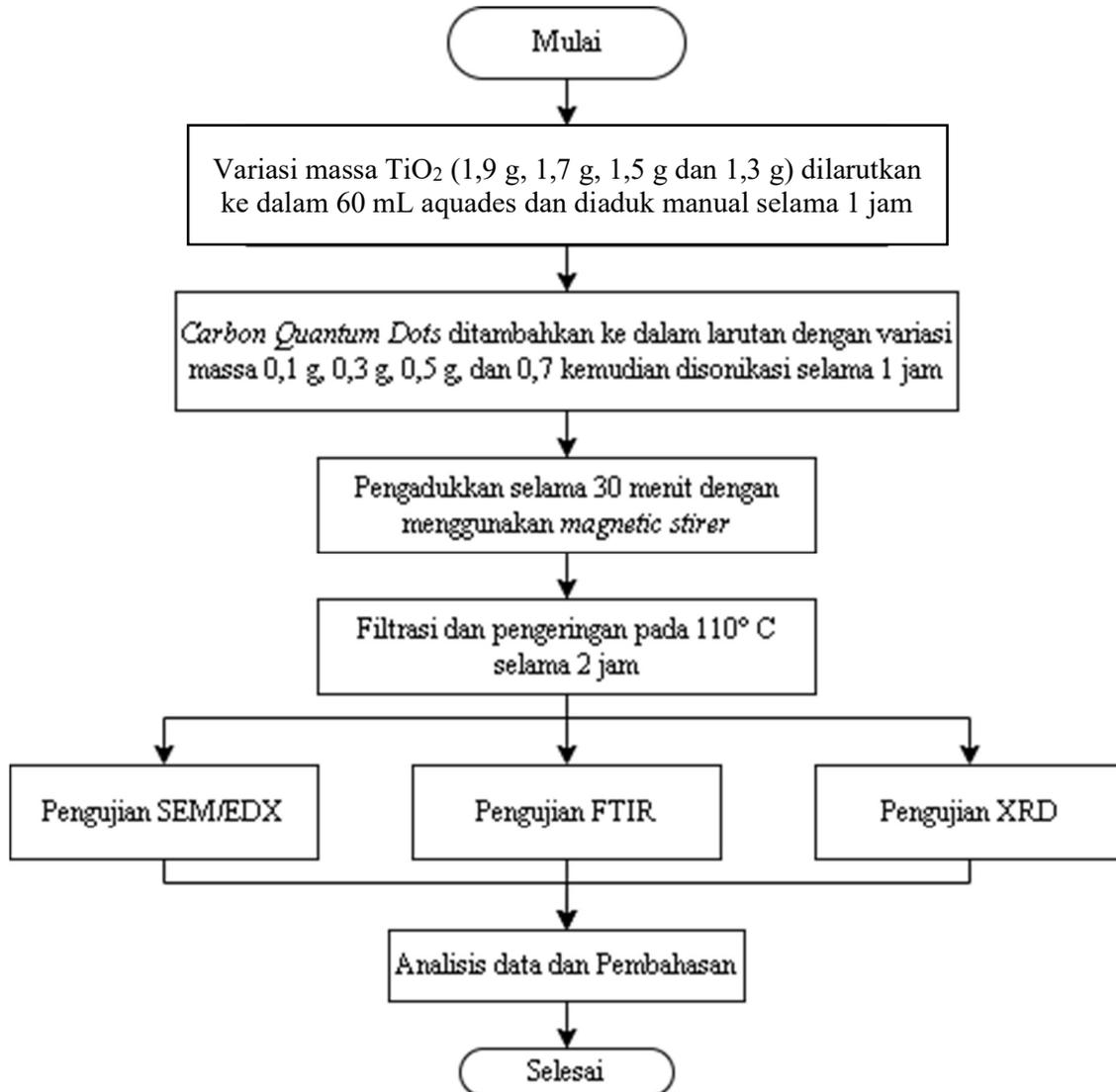
Berikut merupakan gambar diagram alir untuk sintesis CQDs



Gambar 3.1 Diagram Alir sintesis CQDs

3.1.2 Sintesis Komposit TiO₂/CQDs

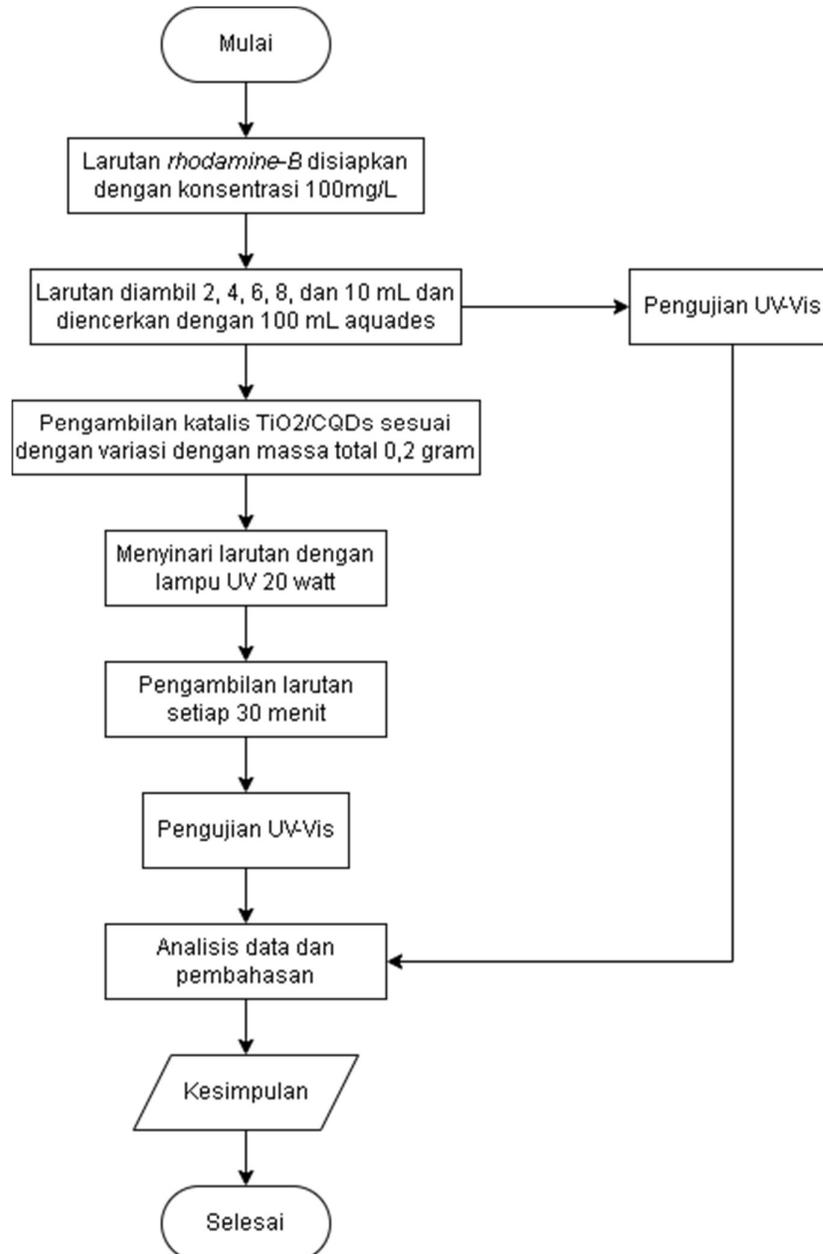
Berikut merupakan diagram alir komposit dari TiO₂/CQDs



Gambar 3.2 Diagram alir sintesis komposit TiO₂/CQDs

3.1.3 Pengujian Fotokatalisis

Berikut merupakan gambar diagram alir untuk pengujian fotokatalisis



Gambar 3.3 Diagram alir pengujian fotokatalisis

3.2 Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang diperlukan selama penelitian ini sebagai berikut:

1. Puntung rokok
Pada penelitian ini puntung rokok digunakan sebagai bahan material untuk disintesis menjadi CQDs.
2. *Rhodamine-b*
Pada penelitian ini *rhodamine-b* digunakan sebagai limbah yang akan didegradasi oleh katalis TiO₂/CQDs.
3. TiO₂
TiO₂ digunakan sebagai metal oksida yang akan dikompositkan dengan CQDs.
4. H₂SO₄
Pada penelitian ini H₂SO₄ 40% digunakan untuk proses hidrolisis selulosa asetat pada filter puntung rokok dalam proses sintesis CQDs.
5. Aquades
Aquades digunakan untuk pemurnian larutan setelah proses netralisir

3.3 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam melakukan penelitian yang disajikan sebagai berikut:

1. Gelas Beaker
Pada pengujian ini gelas beaker digunakan sebagai wadah untuk larutan
2. Gelas ukur
Gelas ukur digunakan untuk mengukur jumlah larutan
3. *Teflon-lined stainless-steel autoclave*
Digunakan dalam proses sintesis CQDs
4. Oven
Digunakan untuk memanaskan produk dalam proses sintesis CQDs
5. Magnetic stirrer
Digunakan untuk mengaduk larutan dengan rentang waktu tertentu
6. Pipet tetes
Digunakan untuk mengambil dan memasukkan larutan dari sebuah wadah
7. Spatula
Digunakan untuk pengambilan bahan padat dan mengaduk secara manual
8. Neraca analitik
Digunakan untuk mengukur massa bahan padat
9. Corong
Sebagai alat bantu dalam proses penyaringan
10. Freeze-dryer
Digunakan untuk mengeringkan produk dalam temperature rendah
11. *Centrifuge*
Digunakan untuk memisahkan super natan dengan presipitat
12. Tabung *centrifuge*
Sebagai wadah untuk memasukkan larutan ke dalam mesin *centrifuge*
13. *Syringe filter*
Digunakan untuk penyaringan produk sintesis CQDs
14. Dialysis Tubing
Sebagai alat untuk proses dialysis pada proses pemurnian
15. Kertas pH
Digunakan untuk mengukur keasaman larutan

16. *Thermometer*

Digunakan untuk mengukur temperature larutan

17. Instrumen karakterisasi material

Pada pengujian ini digunakan beberapa instrumen karakterisasi material sebagai berikut:

- X-ray Diffraction (XRD)* alat karakterisasi material yang digunakan untuk mengetahui senyawa yang terkandung dan struktur kristal dari penelitian
- Scanning Electron Microscope (SEM-EDX)* alat karakterisasi material yang digunakan untuk mengetahui morfologi dan ukuran partikel dari penelitian
- Fourier Transform Infrared (FTIR)* alat karakterisasi material digunakan untuk nilai mengetahui gugus fungsi material
- Particle Size Analyzer (PSA)* digunakan untuk mengetahui ukuran dan distribusi partikel dan molekul
- Spektrofometer UV-Vis digunakan untuk mengetahui panjang gelombang dan nilai absorptansi
- Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)* digunakan untuk menganalisis jumlah senyawa secara kuantitatif menggunakan GC dan menganalisis struktur senyawa menggunakan MS

3.4 Metode Penelitian

Proses penelitian ini dilakukan dengan tiga tahapan yaitu proses sintesis *carbon quantum dots*, sintesis komposit TiO_2/CQDs , dan pengujian fotokatalisis

3.4.1 Sintesis *Carbon Quantum Dots*

Berikut prosedur dalam melakukan sintesis mikroselulosa pada penelitian ini.

- Puntung rokok dipreparasi dengan dipotong kecil sebanyak 0,5 gram
- Dilakukan pengujian FTIR untuk mengetahui gugus fungsi dan kandungan selulosa asetat pada puntung rokok tersebut.
- Puntung rokok yang telah dipotong tersebut di larutkan dengan larutan H_2SO_4 40% sebanyak 20 mL
- Larutan diaduk manual kemudian dilakukan sonikasi pada larutan selama 1 jam
- Larutan dipindahkan ke *Teflon-lined stainless steel autoclave* dan di panaskan dengan temperatur 180 °C di oven selama 6 jam
- Setelah dipanaskan, produk di dinginkan di luar oven hingga mencapai suhu ruangan.
- Produk yang telah mencapai suhu ruangan masukkan ke dalam alat *centrifuged* untuk menghilangkan partikel besar
- Kemudian produk di netralkan dengan aquades yang setelah itu di masukkan ke *centrifuged* kembali.
- Larutan kemudian di filter menggunakan *syringe filter* dengan ukuran 0,22 μm
- Larutan hasil penyaringan, di murnikan menggunakan aquades selama 24 jam menggunakan *dialyzing tubing*
- Setelah dimurnikan, produk hasil tersebut di keringkan dengan *freeze dryer*
- Hasil pengeringan diperoleh CQDs yang kemudian dilakukan pengujian SEM/EDX, FTIR, PSA, dan XRD untuk mengetahui karakterisasi CQDs yang dihasilkan.

3.4.2 Sintesis Komposit TiO_2/CQDs

Berikut prosedur dalam melakukan sintesis komposit TiO_2/CQDs pada penelitian ini.

- Variasi massa TiO_2 (1,9; 1,7; 1,5; dan 1,3 gram) dilarutkan dengan 60 mL aquades dan diaduk selama 10 menit.
- Larutan tersebut ditambahkan CQDs sintesis dengan variasi massa 0,1, 0,3, 0,5, dan 0,7 gram.

3. Larutan disonikasi selama 1 jam.
4. Larutan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 30 menit
5. Dilakukan filtrasi dan pengeringan pada 110°C selama 2 jam
6. Hasil pengeringan diperoleh komposit TiO₂/ yang kemudian dilakukan pengujian SEM/EDX, FTIR, dan XRD untuk mengetahui karakterisasinya.

3.5 Pengujian

Adapun beberapa pengujian yang dilakukan pada penelitian kali ini sebagai berikut:

3.5.1 Pengujian Fotokatalisis

Pengujian fotokatalisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan massa CQDs pada komposit TiO₂/CQDs untuk degradasi limbah *rhodamine-b*. Pengujian ini dilakukan sesuai prosedur berikut:

1. Pembuatan larutan uji dan penentuan panjang gelombang maksimum
Larutan *rhodamine-b* dengan konsentrasi 100 mg/L disiapkan dengan cara serbuk *rhodamine-b* ditimbang sebanyak 0,1 gram kemudian dilarutkan ke dalam 100 mL aquades. Kemudian, dipipet masing-masing 2,4,6,8, dan 10 mL ke dalam labu takar 100 mL dan diencerkan dengan aquades sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L. Selanjutnya ditentukan panjang gelombang maksimum larutan tersebut dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS.
2. Penentuan kurva standar *rhodamine-b*
Setelah mengetahui panjang gelombang maksimum larutan *rhodamine-b*, ditentukan nilai absorbansi dari masing-masing konsentrasi menggunakan panjang gelombang maksimum. Kurva standar dibuat dengan menghubungkan antara konsentrasi dengan absorbansi.
3. Pengujian degradasi zat warna *rhodamine-b* dengan variasi penambahan massa CQDs
Pengujian degradasi *rhodamine-b* oleh katalis TiO₂/CQDs dengan penambahan CQDs sebesar 0,1 g, 0,3 g, 0,5 g, dan 0,7 g. Disiapkan gelas kimia berukuran 250 mL yang kemudian dimasukkan masing-masing 100 mL larutan *rhodamine-b*. Selanjutnya masing-masing gelas kimia ditambahkan katalis TiO₂/CQDs 0,5 gram setiap variasi massa. Reaktor disinari lampu UV 20 watt dengan variasi setiap 30 menit. Hasil degradasi dianalisis absorbannya dengan alat spektrofotometer. Persentase degradasi *rhodamine-b* ditentukan dengan persamaan 3.1 berikut:

$$\%D = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\% \quad 3.1$$

Dimana %D adalah persentase degradasi, C₀ adalah konsentrasi awal zat warna sebelum iradiasi, C_t adalah konsentrasi zat warna pada t. Berdasarkan hasil analisis, dibuat profil hubungan antara waktu degradasi dengan persentase degradasi.

3.5.2 Pengujian XRD

Pengujian XRD (*X-Ray Diffraction*) merupakan metode yang sangat penting dalam bidang karakterisasi material. Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi dalam skala atomik, baik pada material kristal maupun nonkristal (amorf). Kondisi jenis sample bisa berbentuk padatan berupa lembaran, maupun serbuk yang sudah dihaluskan (Yuniar, 2020).

Sinar datang dengan panjang gelombang λ mengenai rangkaian atom yang membentuk pola teratur pada bidang hkl dengan jarak antar bidang dhkl akan menghasilkan sinar pantul dengan intensitas yang diukur sebagai fungsi sudut pantul terhadap sudut datang. Interferensi konstruktif hanya dapat terjadi jika Hukum Bragg dipenuhi (Yuniar, 2020). Berikut persamaan dari Hukum Bragg

$$N \lambda = 2 d \sin \theta \quad 3.2$$

Dimana N adalah orde difraksi, λ panjang dari sinar-X, d adalah jarak kisi, dan θ sudut dari difraksi.

Informasi yang akan diperoleh pada pengujian XRD, yaitu fasa, struktur kristal, cacat, ukuran kristal, orientasi kristal, dan strain. Identifikasi fasa pada suatu material dilakukan dengan cara membandingkan hasil intensitas puncak pada diffraction spectra dengan standar sesuai dengan literatur. Adapun ukuran kristal dapat dihitung dengan persamaan Deybe Scherer seperti pada Persamaan 3.3 berikut.

$$D = \frac{k\lambda}{\beta \cos\theta} \quad 3.3$$

dimana,

- D : rata-rata ukuran kristal (nm)
- β : Nilai FWHM (Full Width at Half Maximum) (rad)
- θ : sudut Bragg ($^{\circ}$)
- λ : panjang gelombang kristal (nm)
- K : konstanta Scherrer dengan nilai 0.9



Gambar 3.4 Alat uji XRD (dokumentasi pribadi)

3.5.3 Pengujian SEM-EDX

Scanning Electron Microscopy atau SEM memiliki konsep yang sama seperti mikroskop optik, namun sumber cahaya dari SEM berasal dari elektron dengan lensa yang menggunakan medan magnet. SEM dapat menghasilkan gambar dengan perbesaran yang tinggi juga dengan *depth of field* yang tinggi sehingga area fokus yang lebih luas dan resolusi yang lebih baik. SEM dapat menganalisis topografi, morfologi, komposisi, dan kristalografi material (Ellingham *et al.*, 2018).

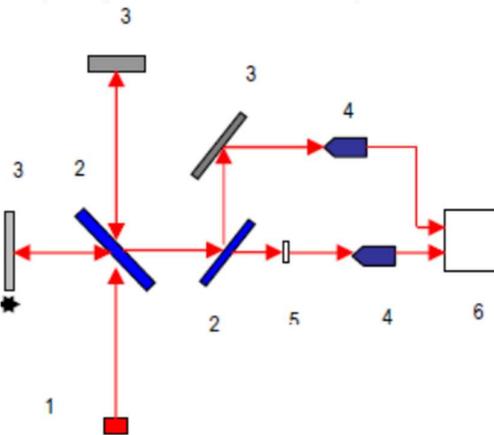
Interaksi antara berkas elektron dengan sampel akan menghasilkan emisi sinar-X. Karakteristik sinar-X dari elemen spesifik dipisahkan ke dalam spektrum energi oleh detektor energy dispersive X-ray (EDX atau EDS), yang menganalisis kelimpahan elemen tertentu dalam sampel, dengan batas deteksi sekitar 1000 ppm atau 0,1 wt. %. Dengan demikian, peta komposisi unsur dari sampel tertentu dapat dibuat (Ellingham *et al.*, 2018). SEM memiliki beberapa keunggulan yaitu; dibandingkan dengan mikroskop cahaya konvensional, mikroskop ini memiliki resolusi yang lebih unggul untuk struktur tiga dimensi, kedalaman bidang yang lebih besar, dan dapat mencapai pembesaran yang lebih tinggi. Ketika dikombinasikan dengan *elemental microanalysis* (EDX), alat ini memiliki keuntungan bahwa pemahaman tentang distribusi unsur kasar sampel dapat langsung dikaitkan dengan gambar visual dari spesimen yang dinilai.



Gambar 3.5 Alat uji SEM-EDX (dokumentasi pribadi)

3.5.4 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada pada hasil sintesis *carbon quantum dots*. Pengujian FTIR juga dilakukan pada pengujian awal pada bahan yang digunakan yaitu puntung rokok. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda (Silviah & Widodo, 2017).



Gambar 3.6 Skema alat uji FTIR (Silviah & Widodo, 2017).

Penomoran pada gambar 3.15 dijelaskan sebagai berikut : (1) Sumber inframerah. (2) Pembagi berkas (*beam splitter*). (3) Kaca pemantul. (4) Sensor inframerah. (5) Sampel. (6) Display

Inti spektroskopi FT-IR adalah interferometer Michelson yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pen trasmisian cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Silviah & Widodo, 2017).



Gambar 3.7 Instrumen FTIR (dokumentasi pribadi)

3.5.5 Pengujian PSA

Particle Size Analyzer (PSA) merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mengetahui distribusi ukuran partikel berukuran nanometer. Prinsip pengukuran alat PSA ini berdasarkan pada hamburan Cahaya laser oleh partikel-partikel dalam sampel (Ramadhani, 2022). Particle Size Analyser (PSA) menghasilkan dan mentransmisikan sinar laser yang melewati larutan sampel dalam kuvet. Cahaya akan tersebar dan diserap, tergantung pada ukuran, indeks bias, dan jumlah partikel dalam sampel. Hasil pengujian PSA disajikan sebagai kurva distribusi ukuran.



Gambar 3.8 Instrumen PSA (dokumentasi pribadi)

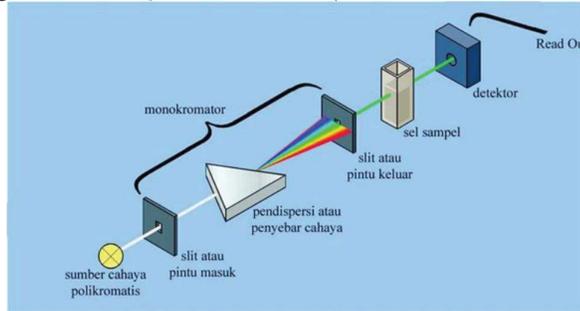
3.5.6 Pengujian GC-MS

Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) merupakan teknik kromatografi gas yang digunakan bersama dengan spektrometri massa. Penggunaan Kromatografi gas dilakukan untuk mencari senyawa yang mudah menguap pada kondisi vakum tinggi dan tekanan rendah jika dipanaskan. Sedangkan spektrometri massa untuk mentukan bobot molekul, rumus molekul, dan menghasilkan molekul bermuatan (Hotmian *et al.*, 2021). Pada penelitian ini, pengujian GC-MS digunakan pada larutan *rhodamine-b* sebelum dan sesudah terdegradasi dengan katalis TiO_2/CQDs .

3.5.7 Pengujian UV-Vis

Sebagian besar senyawa aktif menyerap sinar UV (200-400 nm). Hal ini mendasari penciptaan spectrometer UV-Vis untuk melakukan analisis pada 200-800 nm. Bagian dari molekul yang paling cepat bereaksi dengan sinar tersebut adalah elektron-elektron ikatan dan elektron-elektron nonikatan (elektron bebas). Sinar UV dan sinar tampak merupakan energi, yang bila mengenai elektron-elektron tersebut, maka elektron akan tereksitasi dari keadaan dasar ke tingkat energi yang lebih tinggi, eksitasi elektron-elektron ini, direkam dalam bentuk spektrum yang dinyatakan sebagai panjang gelombang dan absorbansi, sesuai dengan jenis elektron-elektron yang terdapat dalam molekul yang dianalisis. Makin mudah elektron-elektron

bereksitasi makin besar panjang gelombang yang diabsorpsi, makin banyak elektron yang bereksitasi makin tinggi absorban (Suhartati, 2017).



Gambar 3.9 Skema kerja spektrofometri UV-Vis (Suhartati, 2017).

Pengujian UV-Vis bertujuan untuk mengetahui panjang gelombang (λ) dan nilai absorbansi dengan cara menembakkan sinar UV pada sampel larutan. Radiasi maksimal yang diserap oleh sampel akan ditunjukkan pada panjang gelombang tertinggi dari nilai absorbansi maksimum dan persentase nilai transmisi minimum yang dihasilkan sampel larutan tersebut. Untuk menghitung nilai absorbansi sampel larutan digunakan persamaan 3.4 yang mengikuti hukum Lambert-Beer.

$$A = \epsilon \cdot b \cdot c \dots\dots\dots 3.4$$

dimana,

- A : absorbansi (arb. units atau arbitrary units)
- ϵ : absorptivitas molar dari material (M-1cm-1)
- b : panjang dari cuvette atau sample holder (~1 cm)
- c : konsentrasi (M)



Gambar 3.10 Instrumentasi UV-Vis (dokumentasi pribadi)

3.6 Rancangan Penelitian

Adapun rancangan penelitian yang telah dibuat sesuai dengan pengujian yang akan dilakukan yang dapat dilihat pada **Tabel 3.3**

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

Bahan/sampel	Pengujian				
	XRD	SEM	FTIR	PSA	UV-Vis
Puntung rokok	✓	✓	✓	-	-
CQDs	✓	✓	✓	✓	-
TiO ₂	✓	✓	✓	-	✓
1-TiO ₂ /CQDs	✓	✓	✓	-	✓
2-TiO ₂ /CQDs	✓	✓	✓	-	✓
3-TiO ₂ /CQDs	✓	✓	✓	-	✓
4-TiO ₂ /CQDs	✓	✓	✓	-	✓
5-TiO ₂ /CQDs	✓	✓	✓	-	✓
RB	-	-	-	-	✓
RB-n	-	-	-	-	✓

Keterangan:

TiO₂ : Titanium (II) Oksida

1- TiO₂/CQDs : Komposit CQDs 0 g dan TiO₂ 2 gram

2- TiO₂/CQDs : Komposit CQDs 0,1 g dan TiO₂1,9 gram

3- TiO₂/CQDs : Komposit CQDs 0,3 g dan TiO₂1,7 gram

4- TiO₂/CQDs : Komposit CQDs 0,5 g dan TiO₂1,5 gram

5- TiO₂/CQDs : Komposit CQDs 0,7 g dan TiO₂1,3 gram

RB : Larutan *Rhodamine-b* sebelum terdegradasi

RB-n : Larutan Rhodamine B setelah terdegradasi

3.7 Jadwal Penelitian

Tabel 3.2 menunjukkan jadwal penelitian yang akan dilakukan

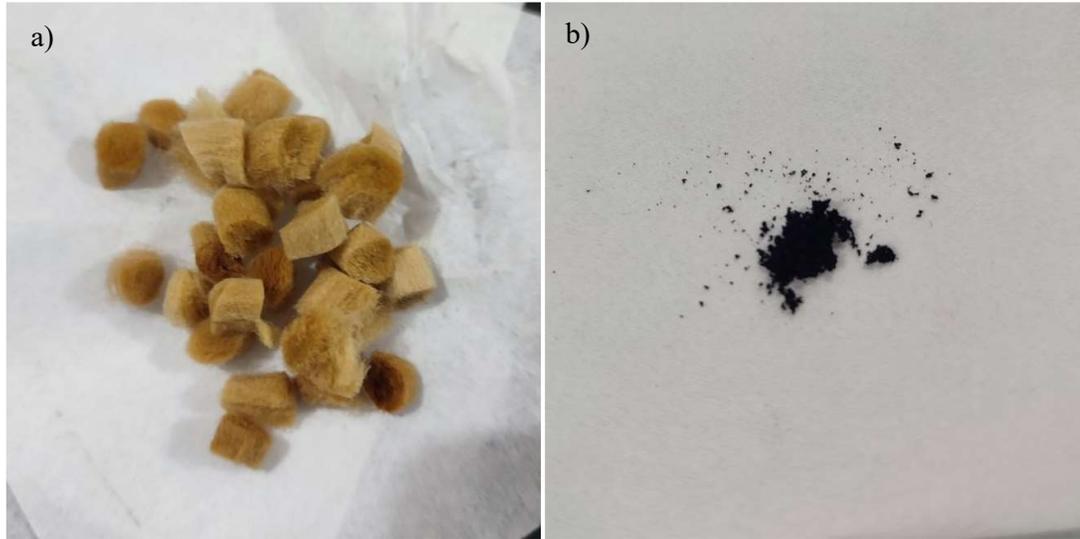
Tabel 3.2 Jadwal penelitian

Kegiatan	November 2023				Desember 2023				Januari 2024				Februari 2024				Maret 2023				April 2024				Mei 2024				Juni 2024			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi literatur																																
Asistensi kepada dosen pembimbing																																
Penyusunan proposal																																
persiapan alat dan bahan																																
sintesis CQD																																
sintesis komposit TiO ₂ /CQD																																
pengujian																																
penyusunan laporan																																

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

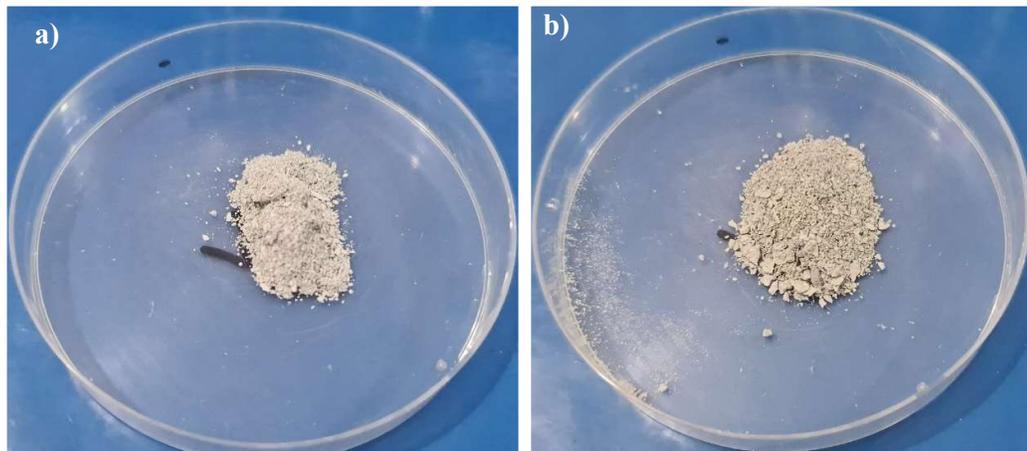
4.1 Hasil Pengamatan Visual

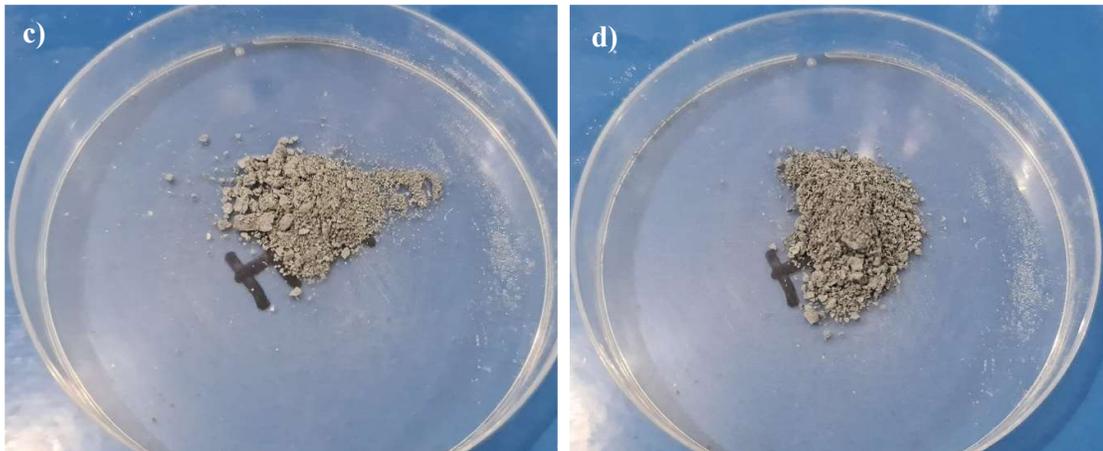
Pada penelitian ini dilakukan pengamatan visual terhadap sampel – sampel untuk mengetahui bentuk dan karakteristik dari sampel tersebut. Ditunjukkan pada **Gambar 4.1** merupakan hasil pengamatan visual dari sampel puntung rokok dan CQDs



Gambar 4.1 Hasil pengamatan visual (a) puntung rokok (b) CQDs

Pada **Gambar 4.1** dapat diketahui jika bentuk yang semula puntung rokok berbentuk tabung berwarna kuning menjadi CQDs yang berwarna putih kekuningan setelah dilakukannya proses sintesis CQDs. Kedua sampel tersebut akan dilakukan pengujian karakteristik lebih lanjut yaitu XRD, SEM, FTIR dan untuk CQD akan dilakukannya pengujian PSA sebagai tambahan. CQDs yang telah diperoleh akan diproses sintesis untuk menghasilkan empat variasi komposit TiO_2/CQDs dimana variasi tersebut merupakan variasi penambahan massa CQDs. Hasil pengamatan visual variasi sampel komposit tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



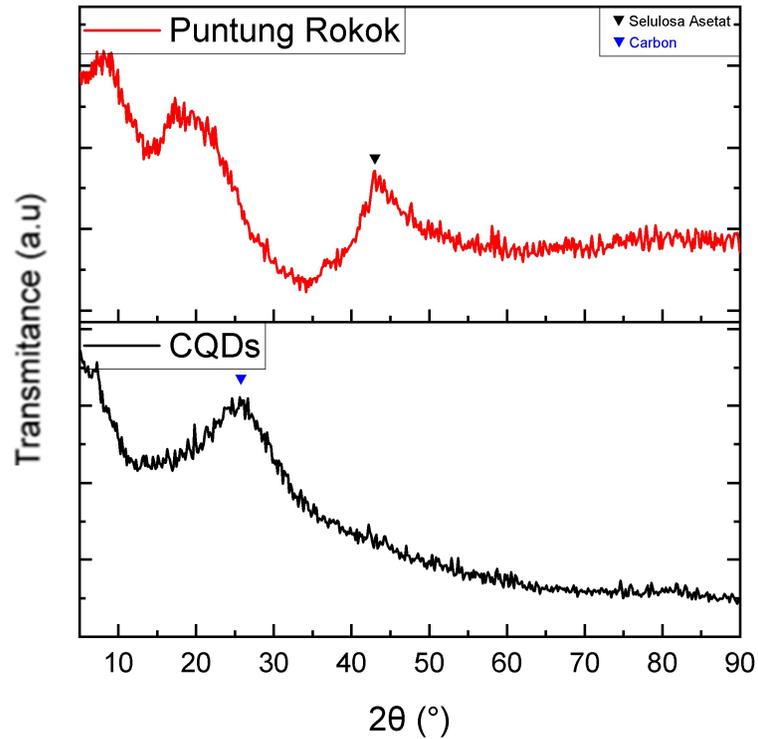


Gambar 4.2 Hasil pengamatan visual (a) TiO_2/CQDs 5% (b) TiO_2/CQDs 15% (c) TiO_2/CQDs 25% (d) TiO_2/CQDs 35%

Pengamatan diatas menunjukkan komposit TiO_2/CQDs dengan variasi penambahan CQD 5%, 15%, 25%, dan 35% dengan jumlah total komposit yaitu 2 gram. Dari hasil pengamatan visual terlihat pada variasi CQDs 35% terlihat lebih gelap daripada sampel lain. Keempat sampel tersebut akan dilakukan pengujian karakterisasi XRD, SEM/EDX, FTIR dan kemudian dilanjutkan dengan pengujian fotokatalisis pada larutan pewarna *rhodamine-B*.

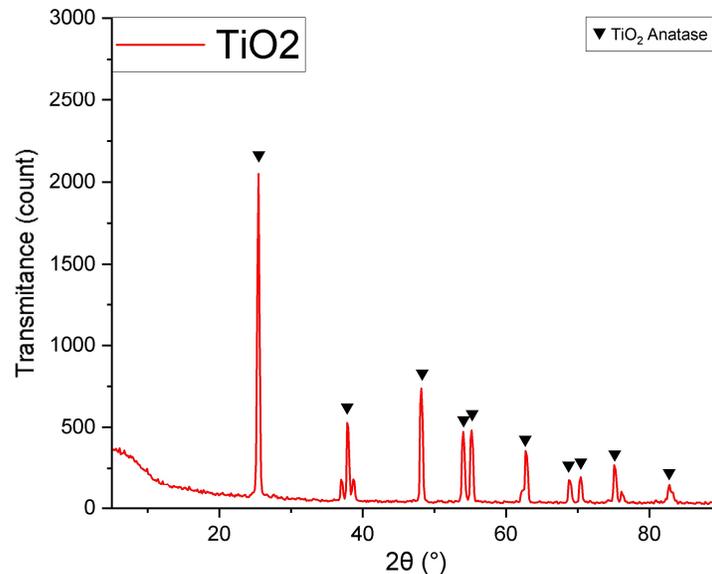
4.2 Hasil Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD)

Pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD) menggunakan alat XRD Phillip Analytical dengan rentang sudut $2\theta = 5 - 90^\circ$ dan panjang gelombang $\text{Cu-K}\alpha$ 1.54060 Å. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kristalinitas dan perbedaan posisi puncak dari sampel CQDs, puntung rokok, TiO_2 , dan komposit TiO_2 . Berikut merupakan hasil dari XRD sampel puntung rokok dan CQDs pada **Gambar 4.3**.



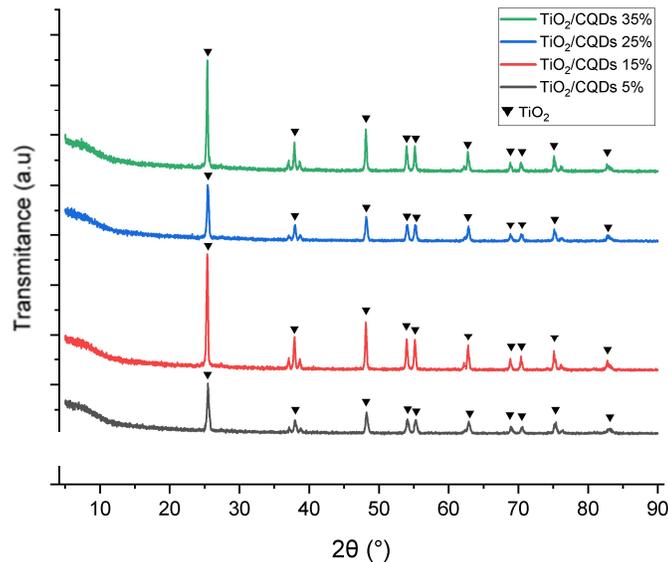
Gambar 4.3 Hasil XRD sampel puntung rokok dan CQDs.

Dapat diketahui dari **Gambar 4.3** jika hasil XRD sampel puntung rokok dan karbon terbentuk daerah amorf. Pada sampel puntung rokok menunjukkan puncak pada rentang $2\theta = 41^\circ - 45^\circ$ yang mengindikasikan jika puntung rokok memiliki struktur selulosa asetat. Untuk sampel CQDs terdapat puncak yang mengindikasikan unsur karbon berada pada puncak $2\theta = 21^\circ - 29^\circ$. Hal tersebut sesuai dengan referensi *International Central Securities Depository* (ICSD) dengan kode 088812.



Gambar 4.4 Hasil pengujian XRD sampel TiO_2

Pengujian XRD juga dilakukan pada sampel TiO_2 yang ditunjukkan pada **Gambar 4.4**. Hasil pengujian XRD TiO_2 anatase didapatkan puncak tertinggi pada $2\theta = 25,42^\circ$. Diperoleh juga puncak lain pada $2\theta = 37,89^\circ$, $2\theta = 48,13^\circ$, $2\theta = 54^\circ$, $2\theta = 55,15^\circ$, $2\theta = 62,76^\circ$, $2\theta = 68,82^\circ$, $2\theta = 70,35^\circ$, $2\theta = 75,13^\circ$, $2\theta = 82,77^\circ$. Data tersebut diperoleh dengan referensi ICSD dengan kode 024276.

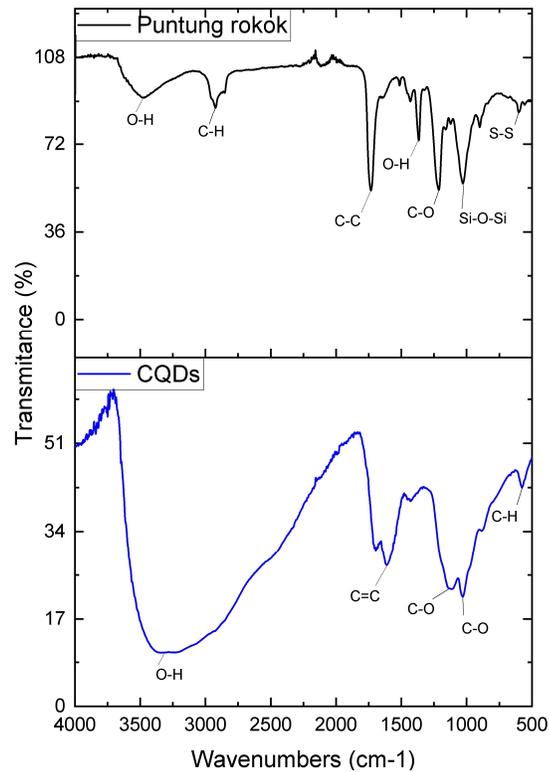


Gambar 4.5 Hasil pengujian XRD sampel komposit TiO_2/CQDs

Selain TiO_2 , pengujian XRD juga dilakukan pada sampel komposit TiO_2/CQDs . Hasil pengujian XRD komposit TiO_2/CQD ditunjukkan pada **Gambar 4.5** dimana puncak karbon pada pengujian XRD komposit tidak terlihat dikarenakan kecilnya jumlah karbon yang terkandung pada komposit dan kurangnya performa terbentuknya kristal oleh karbon dalam komposit heterostruktural (Heng *et al.*, 2020). Penambahan karbon pada komposit TiO_2/CQDs berpengaruh pada ukuran kristal yang terbentuk.

4.3 Hasil Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Pengujian *Fourier Transform Infrared* (FTIR) menggunakan mesin Nicolet IS10 dengan rentang panjang gelombang sebesar $500 - 1000 \text{ nm}^{-1}$ yang bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi dari molekul yang terbentuk pada proses sintesis. Pengujian sampel puntung rokok dapat dilihat pada **Gambar 4.5** dan **Tabel 4.1**.



Gambar 4.6 Hasil FTIR sampel puntung rokok dan CQDs

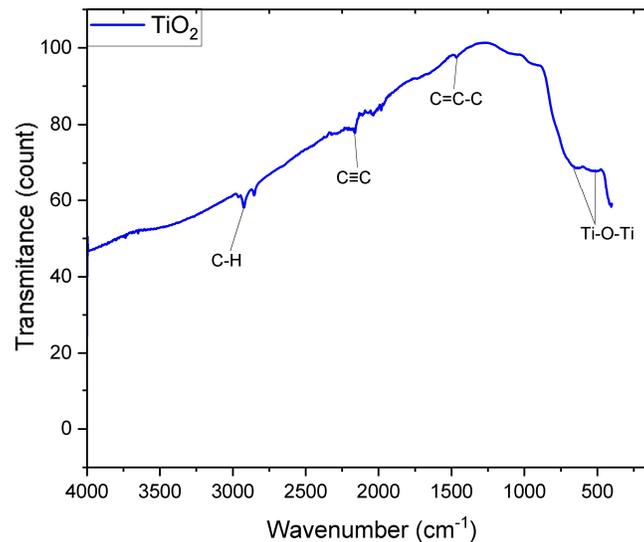
Tabel 4.1 Daerah serapan FTIR puntung rokok

Sampel	Puncak (cm ⁻¹)	Referensi	Ikatan
Puntung rokok	3468,05	3570 – 3200	O–H <i>Stretching</i>
	2923,18	2935 – 2915	C–H <i>Stretching</i>
	1732,53	1750 – 1700	C–C <i>Carboxyl</i>
	1366,39	1410 – 1310	O–H <i>Bending</i>
	1213,00	1200 – 1050	C–O <i>Stretching</i>
	1028,29	1055 – 1020	Si–O–Si <i>Siloxane</i>
	600,27	620 – 600	S–S <i>Stretching</i>
CQDs	3338,97	3570 – 3200	O–H <i>Stretching</i>
	1614,43	1680 - 1600	C=C <i>Stretching</i>
	1115,59	1200 – 1050	C–O <i>Stretching</i>
	1030,33	1200 – 1050	C–O <i>Stretching</i>
	575,55	-	C–H <i>Bending</i>

Puntung rokok diketahui memiliki kandungan yang hampir seluruhnya terbuat dari selulosa asetat yang dimana (Bandi *et al.*, 2018b). Berdasarkan hasil pengujian FTIR pada sampel puntung rokok diketahui memiliki puncak daerah serapan. Pada daerah serapan 3570 – 3200 menunjukkan ikatan O–H *stretch* dimana pada sampel terlihat di daerah resapan 3468,05. Pada daerah 2935 – 2915 yang menunjukkan ikatan C–H *stretch* muncul pada sampel puntung rokok di daerah 2923,18. Pada daerah resapan 1750 – 1700 diketahui merupakan daerah ikatan C–C kelompok *carboxyl* yang pada sampel ditunjukkan pada puncak 1732,53 (Nandiyanto *et al.*, 2019). Pada daerah resapan 1410 – 1310 menunjukkan ikatan -OH *bending* yang tergolong alkohol *tertiary* terlihat pada daerah 1366,39 (Nandiyanto *et al.*, 2019). Pada daerah resapan

1200 – 1050 diketahui menunjukkan ikatan C–O *stretch* kelompok alkohol dimana pada sampel menunjukkan puncak di daerah 1213 yang merupakan kelompok *phenol*. Berdasarkan data FTIR, puntung rokok juga diketahui memiliki ikatan kelompok silika dan sulfur. Daerah resapan yang menunjukkan adanya ikatan silika yaitu pada puncak 1028,29 yang menunjukkan ikatan Si–O–Si dimana pada daerah 1055 – 1020 tergolong kelompok *siloxane* (Nandiyanto *et al.*, 2019). Ikatan lain berupa sulfur tampak pada daerah resapan 600,27 yang menunjukkan ikatan S–S *stretch* dimana pada daerah 620 – 600 tergolong kelompok disulfida.

Berdasarkan hasil FTIR untuk sampel CQDs dapat diketahui gugus fungsinya yaitu adanya gugus fungsi O–H di daerah 3338,97. Kemudian gugus fungsi C=C terletak pada daerah 1614,43. Gugus lain yaitu C–O *Stretch* pada 1115,59 dan 1030,33. Dan yang terakhir ada pada daerah 575,55 yaitu gugus fungsi C–H *bending*.



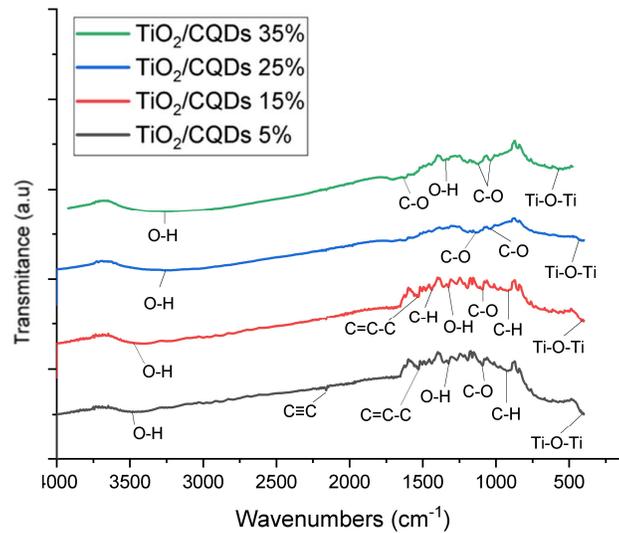
Gambar 4.7 Hasil FTIR sampel TiO₂

Tabel 4.2 Daerah resapan TiO₂

Puncak (cm ⁻¹)	Referensi	Ikatan
2923.71	2935–2915	C–H <i>Stretch</i>
2160.42	2140–2100	C≡C <i>Monosubstituted</i>
1467.02	1510–1450	C=C–C <i>Aromatic ring stretch</i>
649.97	800–400	Ti–O–Ti Anatase
520.32	800–400	Ti–O–Ti Anatase

Berdasarkan **Gambar 4.7** dan **Tabel 4.2** ditunjukkan hasil dari FTIR material TiO₂. Ikatan TiO₂ terlihat pada puncak 649,97 dan 520,32 dengan rentang ikatan TiO₂ anatase 800 – 400 cm⁻¹ (Nandiyanto *et al.*, 2019). Puncak lain diketahui ada pada 2923,71 dengan rentang 2935 – 2915 yaitu ikatan C–H *stretch*. Pada daerah 2140 – 2100 terlihat pada FTIR adanya puncak 2160,42 yang menunjukkan ikatan C≡C *Monosubstituted*. Pada daerah 1510 – 1450 yang menunjukkan ikatan C=C–C *Aromatic ring stretch* terlihat pada FTIR puncak 1467,02.

Selanjutnya dilakukan juga pengujian FTIR pada sampel komposit TiO₂/CQDs yang ditunjukkan pada **Gambar 4.8** dan **Tabel 4.3**.



Gambar 4.8 Hasil FTIR sampel komposit TiO₂/CQDs

Tabel 4.3 Daerah serapan komposit TiO₂/CQDs

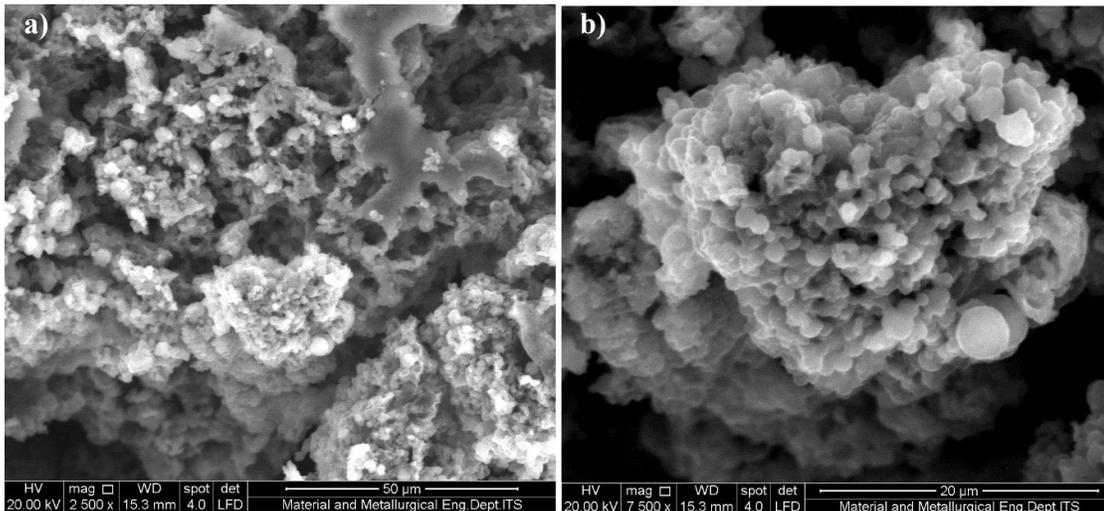
Material	Puncak (cm ⁻¹)	Referensi	Ikatan
TiO ₂ /CQDs 5%	3471.31	3570-3200	O-H Stretch
	2160.08	2140-2100	C≡C
	1529.69	1510-1450	Monosubstituted C=C-C Aromatic ring stretch
	1324.68	1410-1310	O-H Bending
	1267.88	1270-1230	C-O Aromatic ether
	1193.55	1200-1050	C-O Stretch
	1091.46	1200-1050	C-O Stretch
	922.3	915-890	C-H Bending
	485.009	800-400	Ti-O-Ti Anatase
TiO ₂ /CQDs 15%	3414.5	3570-3200	O-H Stretch
	1529.95	1510-1450	C=C-C Monosubstituted
	1437.86	1420-1410	C-H Bending
	1357.65	1410-1310	O-H Bending
	1325.06	1410-1310	O-H Bending
	1194.37	1200-1050	C-O Stretch
	1093.18	1200-1050	C-O Stretch
	923.69	915-890	C-H Disubstitution
	769.58	770-735	C-H Stretch
487.9021	800-400	Ti-O-Ti Anatase	
TiO ₂ /CQDs 25%	3244.49	3570-3200	O-H Stretch
	1130.62	1200-1050	C-O Stretch
	1043.31	1200-1050	C-O Stretch
	502.36	800-400	Ti-O-Ti Anatase

TiO ₂ /CQDs 35%	3248.75	3570-3200	O-H Stretch
	1700.86		C-C <i>Carboxyl</i>
	1358.3	1410-1310	O-H <i>Bending</i>
	1124.73	1200-1050	C-O <i>Stretch</i>
	1087.83	1200-1050	C-O <i>Stretch</i>
	571.04	800-400	Ti-O-Ti Anatase

Berdasarkan **Gambar 4.8** dan **Tabel 4.3** adanya berbagai puncak pada FTIR untuk sampel komposit TiO₂/CQDs yang serupa dengan FTIR dari TiO₂. Untuk setiap komposit terlihat adanya ikatan TiO₂ berupa Ti-O-Ti Anatase pada daerah 800 – 400 cm⁻¹.

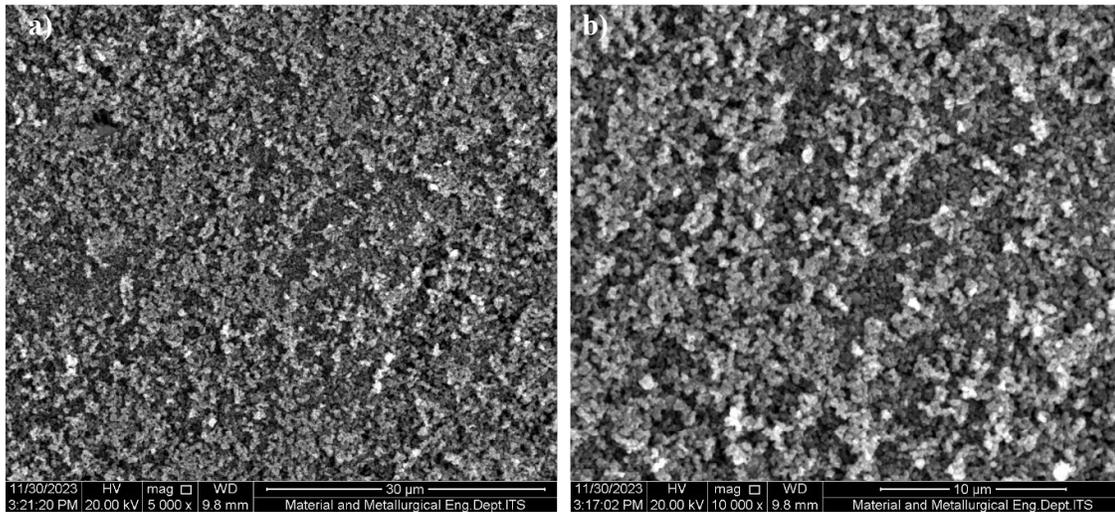
4.4 Hasil Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan *Energi Dispersive X-Ray Analysis* (EDX)

Pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan pengujian karakteristik material yang digunakan untuk mengetahui morfologi dan topografi dari permukaan sampel CQDs, TiO₂, dan komposit TiO₂. Pada penelitian ini menggunakan alat uji FEI tipe INSPECT S50. Berikut merupakan hasil dari pengujian SEM pada **Gambar 4.9**.



Gambar 4.9 Hasil pengujian SEM sampel CQDs a) perbesaran 2500x b) perbesaran 7500x

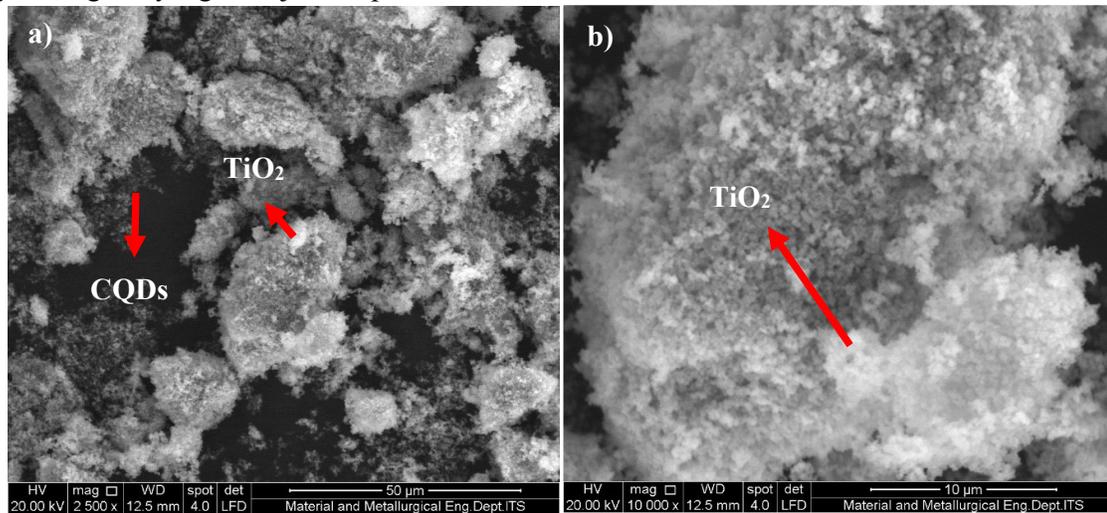
Ditunjukkan pada **Gambar 4.9** merupakan hasil dari sampel CQDs untuk perbesaran 2500x pada gambar (a) dan perbesaran 7500x untuk gambar (b). Sampel tersebut berawal dari puntung rokok yang memiliki struktur serat-serat panjang berupa selulosa asetat yang kemudian di pecah menggunakan H₂SO₄ sehingga unsur H₂ dan O₂ lepas dari ikatan karbon menjadi air. Dari proses sintesis tersebut sampel dicuci dan di netralisir menggunakan aquades yang kemudian hasil pencucian tersebut di sentrifugasi untuk memisahkan karbon ukuran besar dengan yang kecil. Hasil sentrifugasi akan disaring ukuran 0,22 mikrometer untuk mendapatkan CQDs. Sampel kemudian di cuci lebih lanjut menggunakan metode dialisis yang setelah itu di keringkan menggunakan metode *freeze dry*. Setelah melalui proses sistesis tersebut didapatkan ukuran karbon dibawah 10 nm yang di kategorikan sebagai CQDs. Hasil tersebut masih belum bisa diklasifikasikan bahwa material tersebut adalah CQDs. Diperlukannya pengujian morfologi untuk skala *quantum* yaitu menggunakan TEM.

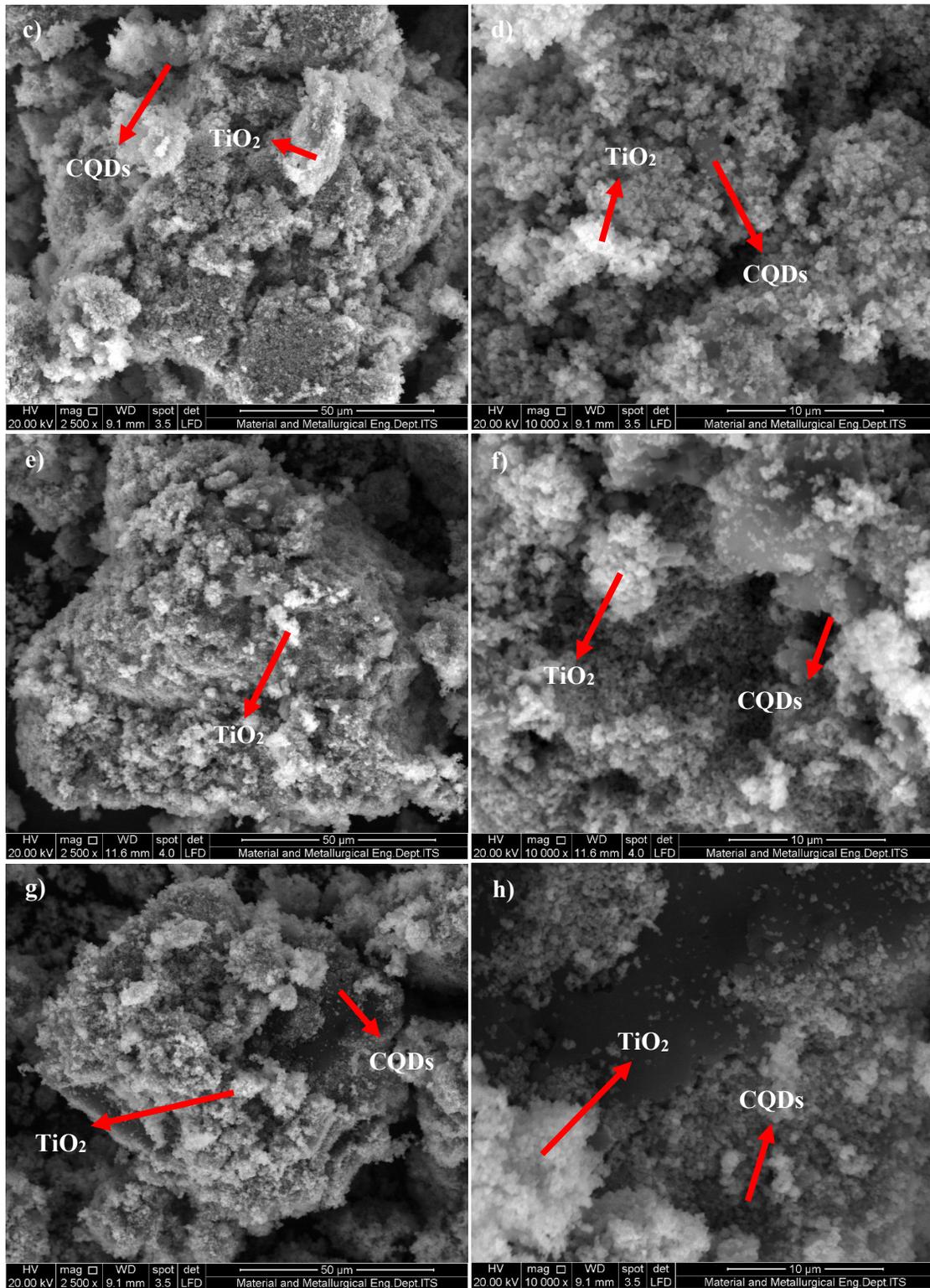


Gambar 4.10 Hasil pengujian SEM sampel TiO₂, (a) perbesaran 5000x, (b) perbesaran 10000x

.Pada **Gambar 4.10** ditunjukkan morfologi dari TiO₂ dengan perbesaran 5000x pada gambar (a) dan perbesaran 10000x pada gambar (b). Dapat diketahui melalui morfologi TiO₂ jika bentuk dari TiO₂ sendiri yaitu *sphere*(bulat) kecil berwarna putih dengan ukuran seragam dan beraglomerat.

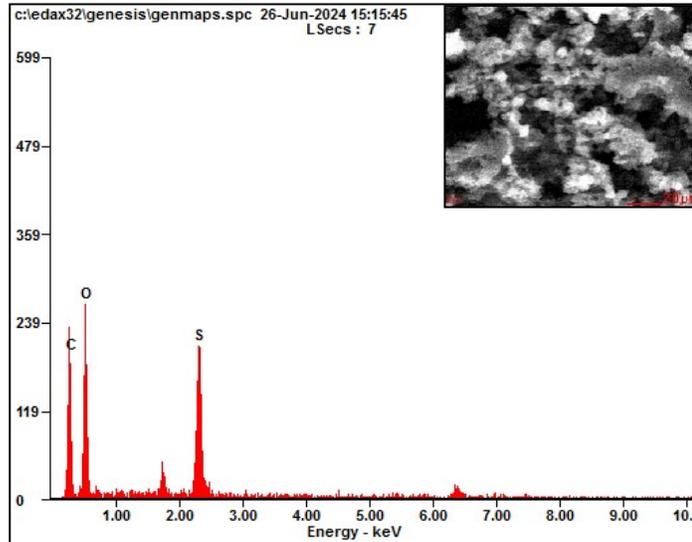
Logam oksida TiO₂ tersebut akan dilakukan proses komposit dengan CQDs. Variasi dari CQDs yang di pakai sebesar 5%, 15%, 25%, dan 35% dengan massa total komposit TiO₂/CQDs yaitu 2 gram yang ditunjukkan pada **Gambar 4.10**.





Gambar 4.11 Hasil pengujian SEM pada sampel komposit TiO_2/CQDs , (a) 5% perbesaran 2500x, (b) 5% perbesaran 10000x, (c) 15% perbesaran 2500x, (d) 15% perbesaran 10000x, (e) 25% perbesaran 2500x, (f) 25% perbesaran 10000x, (g) 35% perbesaran 2500x, (h) 35% perbesaran 10000x

Dari hasil SEM komposit pada **Gambar 4.11** dapat diketahui jika penyebaran TiO_2 merata menempel pada karbon dengan variasi 5% lebih banyak TiO_2 yang menempel pada karbon dan variasi 35% lebih sedikit TiO_2 yang menempel pada karbon. Untuk mengetahui kadar senyawa pada komposit, dilakukannya pengujian EDX pada setiap variasi komposit.

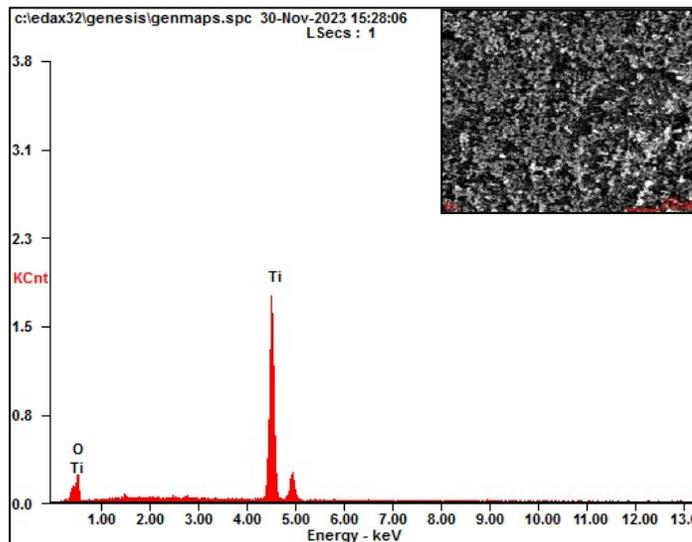


Gambar 4.12 Hasil pengujian EDX sampel CQDs

Tabel 4.4 Komposisi unsur sampel CQDs

Elemen	Wt%	At%
CK	29,87	39,85
OK	50,02	50,10
SK	20,10	10,05

Berdasarkan **Gambar 4.12** dan **Table 4.5** dapat diketahui jika unsur karbon (C) memiliki kandungan sebesar 29,87%, oksigen (O) sebesar 50,02%, dan adanya unsur sulfur (S) sebesar 20,10%.

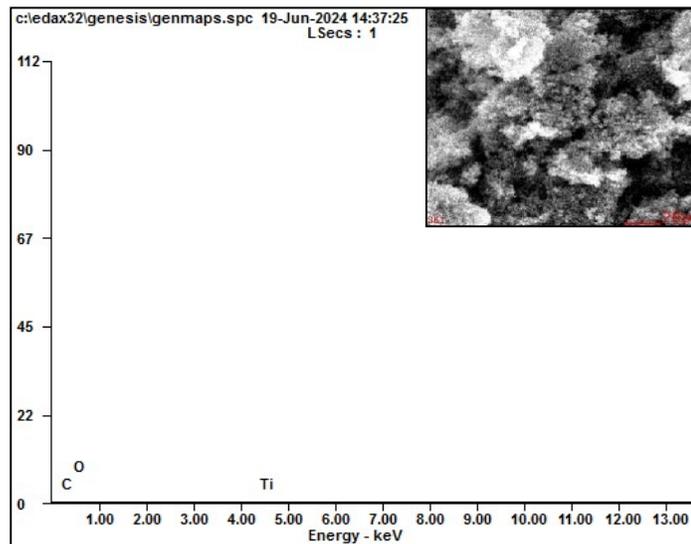


Gambar 4.13 Hasil pengujian EDX sampel TiO_2

Tabel 4.5 Komposisi unsur sampel TiO₂

Elemen	Wt%	At%
OK	29,59	55,72
TiK	70,41	44,28

Pada **Gambar 4.12** dan **Tabel 4.6** dapat diketahui jika sampel TiO₂ (anatase) memiliki kadar titanium (Ti) dan oksigen (O). Dapat diketahui juga jumlah persentase Ti lebih dominan yaitu 70,41% daripada jumlah kadar O yaitu 29,59% .

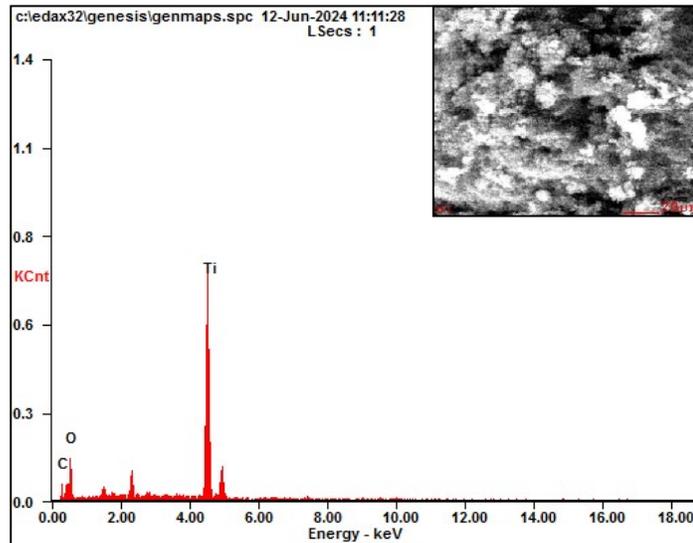


Gambar 4.14 Hasil pengujian EDX sampel komposit TiO₂/CQDs 5%

Tabel 4.6 Komposisi unsur sampel komposit TiO₂/CQDs 5%

Elemen	Wt%	At%
CK	03,15	06,61
OK	40,45	63,71
TiK	56,40	29,68

Pada **Gambar 4.13** dan **Tabel 4.7** diketahui jika sampel komposit TiO₂/CQDs 5% memiliki kandungan karbon (C) dengan persentase 3,15%, oksigen (O) dengan persentase 40,45%, dan kandungan titanium (Ti) dengan persentase 56,4%.

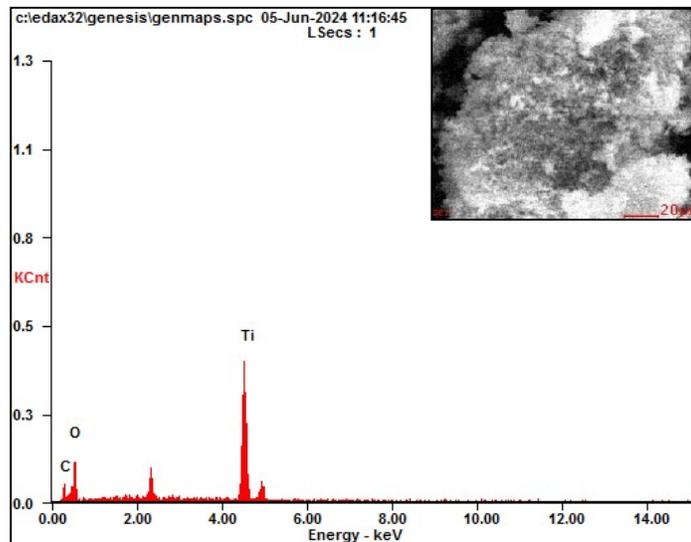


Gambar 4.15 Hasil EDX sampel komposit TiO₂/CQDs 15%

Tabel 4.7 Komposisi unsur sampel komposit TiO₂/CQDs 15%

Elemen	Wt%	At%
CK	03,51	07,94
OK	32,96	56,00
TiK	63,53	36,06

Dapat diketahui berdasarkan **Gambar 4.15** dan **Tabel 4.8** dapat diketahui jika komposit TiO₂/CQDs 15% terdapat kandungan karbon (C) dengan persentase 3,51%, oksigen (O) 32,96%, dan titanium (Ti) sebesar 63,53%. Dapat diketahui juga hasil EDX komposit TiO₂/CQDs 15% memiliki peningkatan karbon daripada hasil EDX komposit TiO₂/CQDs 5%.

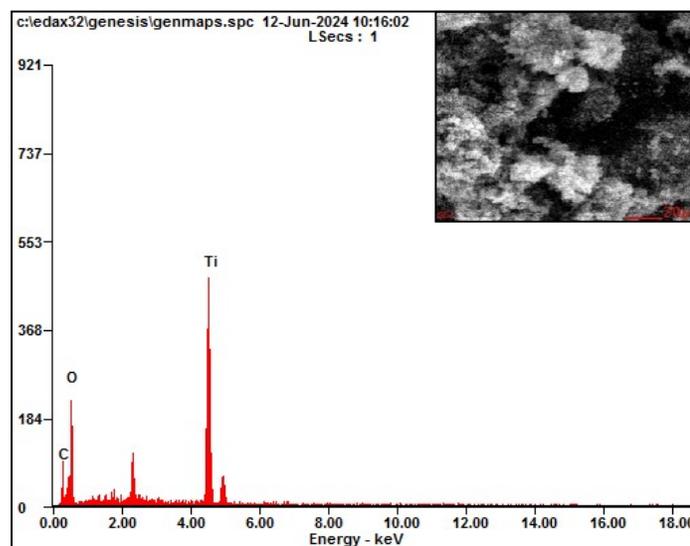


Gambar 4.16 Hasil EDX sampel komposit TiO₂/CQDs 25%

Tabel 4.8 Komposisi unsur sampel komposit TiO₂/CQDs 25%

Elemen	Wt%	At%
CK	05,21%	10,50%
OK	41,20%	62,39%
TiK	53,60%	27,11%

Pada **Gambar 4.16** dan **Tabel 4.9** diketahui jika sampel komposit TiO₂/CQDs 25% memiliki kandungan karbon (C) dengan persentase 5,21%, oksigen (O) dengan persentase 41,20%, dan kandungan titanium (Ti) dengan persentase 53,60%. Dapat diketahui juga asil EDX komposit TiO₂/CQDs 15% memiliki peningkatan karbon daripada hasil EDX komposit TiO₂/CQDs 15%.



Gambar 4.17 Hasil EDX sampel komposit TiO₂/CQDs 35%

Tabel 4.9 Komposisi unsur sampel komposit TiO₂/CQDs 35%

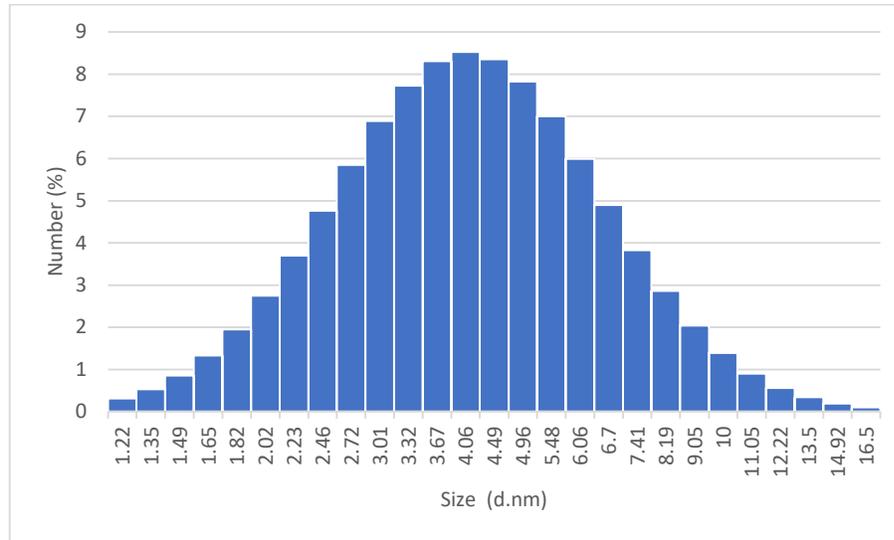
Elemen	Wt%	At%
CK	07,40	13,98
OK	44,58	63,26
TiK	48,03	22,76

Pada **Gambar 4.17** dan **Tabel 4.10** diketahui jika sampel komposit TiO₂/CQDs 35% memiliki kandungan karbon (C) dengan persentase 7,40%, oksigen (O) dengan persentase 44,58%, dan kandungan titanium (Ti) dengan persentase 48,03%. Dapat diketahui juga asil EDX komposit TiO₂/CQDs 15% memiliki peningkatan karbon daripada hasil EDX komposit TiO₂/CQDs 25% dan sebagai kandungan tertinggi karbon daripada variasi lainnya.

4.5 Hasil Pengujian *Particle Size Analyser* (PSA)

Pengujian PSA adalah salah satu pengujian karakterisasi yang bertujuan untuk mengukur ukuran distribusi dari partikel alam bentuk cairan atau serbuk. Sistematis kerja dari PSA yaitu dengan menggunakan teknologi difraksi sinar laser untuk mengukur ukuran partikel dan

distribusi partikel dalam skala nanometer hingga milimeter. Berikut merupakan hasil dari pengujian PSA pada sampel CQDs dalam bentuk larutan pada **Gambar 4.18**



Gambar 4.18 Hasil pengujian PSA pada CQDs

Tabel 4.10 Distribusi ukuran CQDs terhadap jumlah (persen)

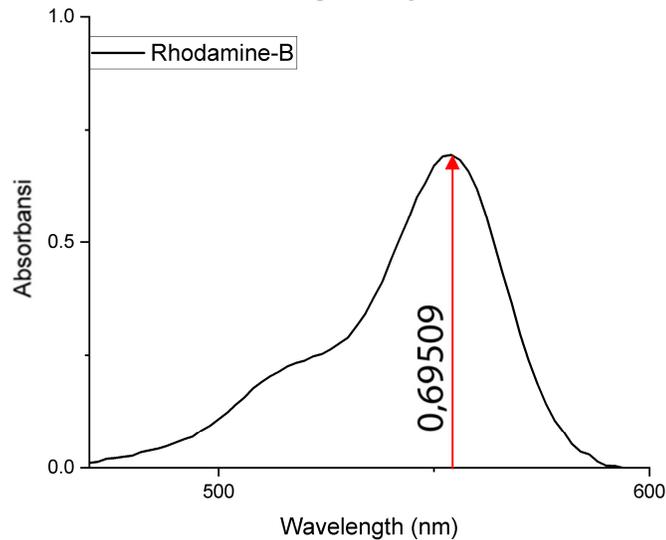
No	Size	V%	Wt%	No	Size	V%	Wt%	No	Size	V%	Wt%
1	1.22	0.31	0.31	12	3.67	8.30	44.94	23	11.05	0.90	98.53
2	1.35	0.53	0.84	13	4.06	8.52	53.45	24	12.22	0.56	99.09
3	1.49	0.85	1.70	14	4.49	8.35	61.80	25	13.50	0.34	99.43
4	1.65	1.32	3.02	15	4.96	7.82	69.76	26	14.92	0.19	99.62
5	1.82	1.95	4.96	16	5.48	7.00	76.63	27	16.50	0.10	99.72
6	2.02	2.74	7.71	17	6.06	5.99	82.62	28	18.23	0.05	99.77
7	2.23	3.70	11.40	18	6.70	4.90	87.51	29	20.15	0.03	99.80
8	2.46	4.76	16.16	19	7.41	3.83	91.34	30	22.28	0.01	99.81
9	2.72	5.85	22.02	20	8.19	2.86	94.20	31	24.62	0.01	99.82
10	3.01	6.88	28.90	21	9.05	2.04	96.23	32	27.21	0.00	99.82
11	3.32	7.73	36.63	22	10.00	1.39	97.62				

Kristal nano semikonduktor *luminescent* dengan ukuran 1-10 nanometer dengan permukaan yang luas dan properti optik unik disebut *quantum dots* (QDs) (Singh *et al.*, 2018). Pernyataan tersebut dapat diartikan jika CQDs memiliki ukuran 1-10 nanometer berbahan karbon. Berdasarkan hasil pengujian PSA pada CQDs yang diperoleh pada penelitian ini memiliki rata-rata ukuran partikel sebesar 5,69 nm dengan kandungan ukuran partikel terbanyak yaitu 4,06 nm sebesar 8,52%.

4.6 Hasil Pengujian UV-Vis

Pengujian UV-Vis digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui nilai absorbansi dan panjang gelombang (*wavelength*). UV-vis ini dilakukan pada zat pewarna *rhodamine-B* untuk digunakan sebagai standarisasi kurva dan mencari rumus nilai konsentrasi (ppm) dari larutan yang diuji. Pada pengujian UV-Vis menggunakan alat spektrofotometer GENESYS 150-UV

vis dengan rentang panjang gelombang yang digunakan adalah 200 – 700 nm. Hasil pengujian UV-Vis larutan pewarna *rhodamine-B* ditunjukkan pada **Gambar 4.20**



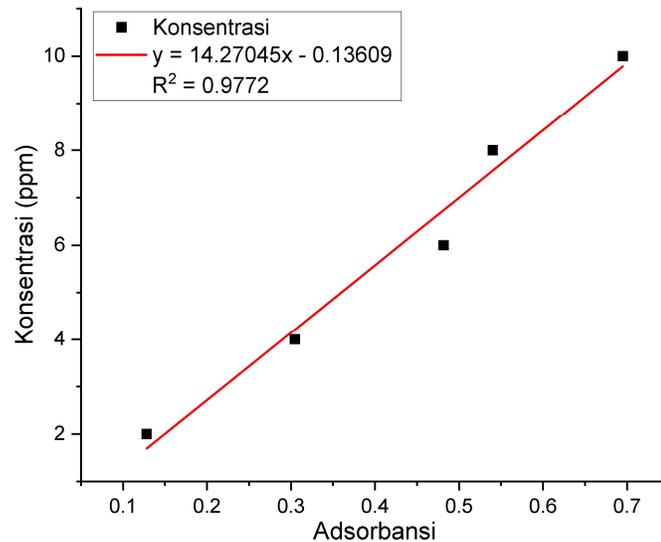
Gambar 4.20 Hasil UV-Vis larutan pewarna *rhodamine-B*

Hasil pengujian UV-Vis pada larutan pewarna *rhodamine-B* pada konsentrasi 10 ppm memiliki nilai absorbansi tertinggi yaitu 0,69509 pada panjang gelombang 554 nm. Nilai tersebut digunakan sebagai acuan dalam pembuatan kurva kalibrasi dengan memasukkan nilai absorbansi pada larutan pewarna *rhodamine-B* konsentrasi 2, 4, 6, dan 8 ppm. Nilai absorbansi dari masing-masing konsentrasi ditunjukkan pada **Tabel 4.12**

Tabel 4.11 Nilai absorbansi dari masing-masing konsentrasi larutan pewarna *rhodamine-B*

Konsentrasi (ppm)	Nilai Absorbansi
2	0,12813
4	0,30470
6	0,48169
8	0,54032
10	0,69509

Berdasarkan **Tabel 4.12** diketahui jika semakin kecil konsentrasi dari larutan pewarna *rhodamine-B* maka nilai absorbansi juga semakin kecil dan akan meningkat seiring dengan meningkatnya nilai konsentrasi dari larutan. Setelah didapatkan nilai absorbansi dari masing-masing konsentrasi larutan pewarna *rhodamine-B*, dibuatlah kurva standar dan persamaan regresi linier. Kurva dan persamaan ditunjukkan pada **Gambar 4.21**

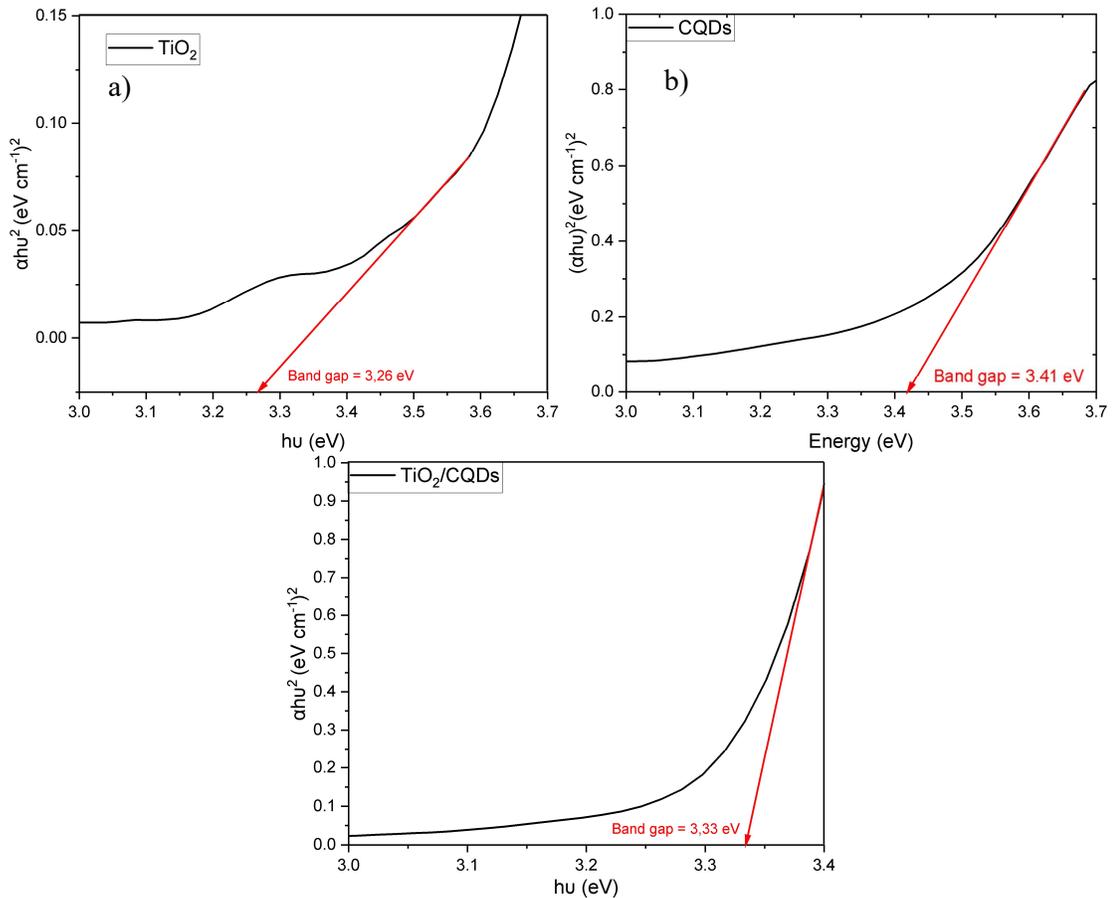


Gambar 4.21 Kurva regresi linier hubungan konsentrasi terhadap absorbansi *rhodamine-B*

Kurva pada **Gambar 4.21** diperoleh persamaan regresi linier yaitu $y = 14,27045x - 0,13609$ dimana y merupakan nilai konsentrasi (ppm) dan x adalah nilai absorbansi larutan. Adapun koefisien korelasi larutan yaitu $R^2 = 0,9772$. Nilai R^2 yang semakin dekat menuju 1 menunjukkan adanya korelasi yang semakin kuat serta hubungan linier antara konsentrasi dan absorbansi.

Pengujian UV-Vis juga dapat digunakan untuk mengetahui *band gap* (celah pita) dari material TiO_2 , CQDs, dan komposit TiO_2/CQDs . Nilai celah pita digunakan untuk mengetahui apakah material bersifat konduktor, semi konduktor, atau isolator. *Band gap energy* berhubungan dengan banyaknya energi minimum yang dibutuhkan oleh elektron untuk tereksitasi dari pita valensi ke pita konduktor. Semakin kecil nilai *band gap* material maka semakin kecil juga energi yang dibutuhkan untuk dapat bereksitasi.

Untuk mengetahui nilai *band gap* dari material, diperlukannya preparasi sampel. Adapun preparasi sampel dimulai dengan melarutkan material menggunakan etanol dengan konsentrasi rendah. Kemudian dilakukannya pengujian UV-Vis dengan hasil berupa nilai absorbansi dan panjang gelombang. Data tersebut diolah menggunakan *Tauc plot* ke dalam kurva $h\nu$ vs $(\alpha h\nu)^2$. Hasil *band gap* diperoleh dengan menarik garis lurus mengikuti gradien dari kurva yang terbentuk. Berikut merupakan hasil nilai *band gap* pada material TiO_2 , CQDs, dan komposit TiO_2/CQDs pada **Gambar 4.22** dan **Tabel 4.13**.

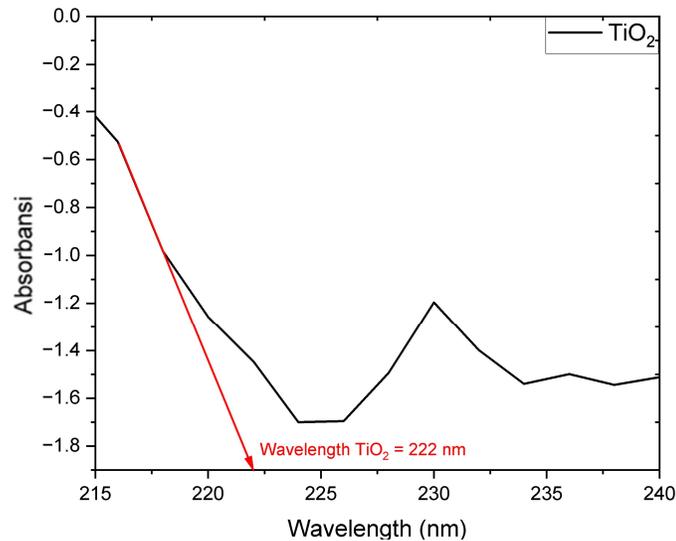


Gambar 4.22 Nilai *band gap* (a) TiO₂ (b) CQDs (c) TiO₂/CQDs

Tabel 4.12 Nilai *band gap* TiO₂, CQDs, dan komposit TiO₂/CQDs

Sampel	Nilai (eV)
TiO ₂	3,26
CQDs	3,41
Komposit TiO ₂ /CQDs	3,33

Berdasarkan data pada **Tabel 4.13**, diperoleh nilai *band gap* 3,26 eV untuk TiO₂, 3,41 eV untuk CQDs, dan 3,33 untuk komposit. Hal ini sesuai dengan teori jika *band gap* TiO₂ berada di sekitar 3,2 eV yang merupakan material semikonduktor (Dette *et al.*, 2014). Hasil *band gap* CQDs diketahui sesuai dengan teori yaitu sekitar 2,5 – 3,5 eV (Dewi Kasmiarno *et al.*, 2021). Pada komposit TiO₂/CQDs terjadinya peningkatan nilai *band gap* yaitu 3,33 eV dengan penambahan 25% CQDs. Diketahui juga semakin meningkatnya massa maka nilai *band gap* juga meningkat.

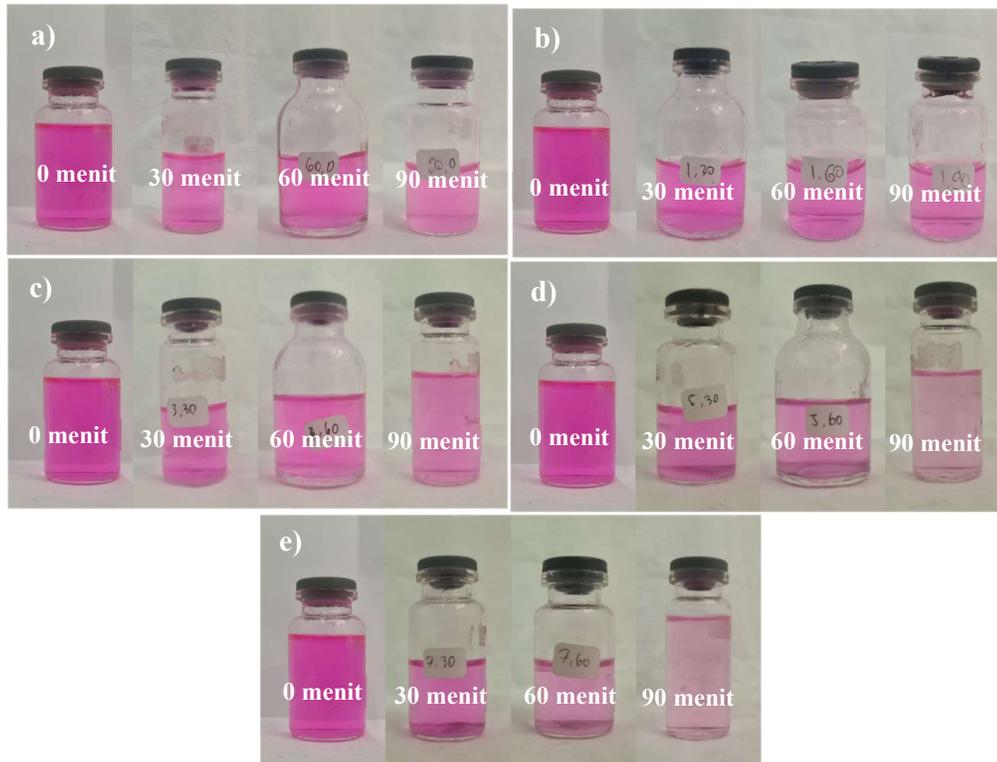


Gambar 4.23 Hasil wavelength TiO₂

Hasil *wavelength* dari TiO₂ didapatkan dari pengujian UV-Vis dengan perolehan data berupa *wavelength* (nm) dan nilai absorbansi yang kemudian di plot dan ditarik garis lurus dari puncak tertinggi. Setelah di plot, diperoleh nilai *wavelength* dari TiO₂ yaitu 222 nm. Hal ini sesuai dengan teori jika nilai *wavelength* dari TiO₂ kurang dari 380 (Dette *et al.*, 2014).

4.7 Hasil Pengujian Fotokatalisis

Pengujian fotokatalisis bertujuan untuk mengetahui kemampuan kinerja dari TiO₂ dan komposit TiO₂/CQDs dengan variasi massa 5%, 15%, 25%, dan 35%. Sampel tersebut disinari dengan sinar UV untuk mempercepat proses degradasi *rhodamine-B*. Sinar UV akan mengeluarkan energi foton yang nantinya akan diserap oleh sampel. Energi foton tersebut akan mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi sehingga menghasilkan radikal hidroksida dan superanion hidroksida. Radikal tersebut akan mengubah struktur dari *rhodamine-B* hingga terdegradasi. Waktu penyinaran dilakukan dengan interval 30 menit hingga 90 menit dengan sinar UV 20 watt.



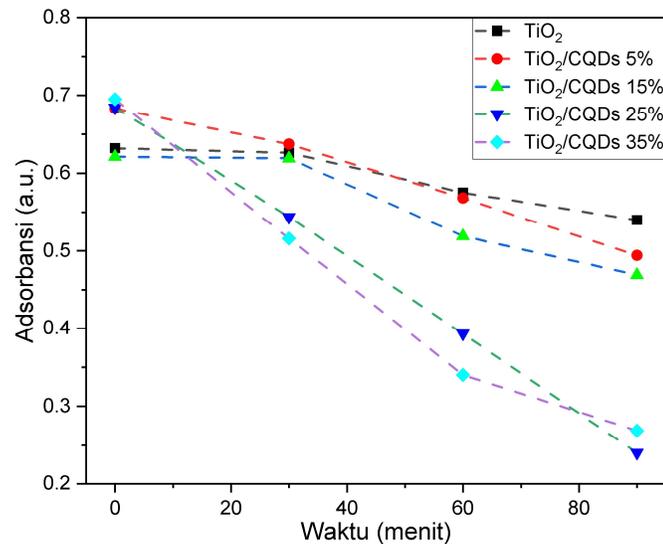
Gambar 4.24 Hasil pengamatan visual larutan *rhodamine-B* berdasarkan massa dengan (a) TiO_2 (b) TiO_2/CQDs 5% (c) TiO_2/CQDs 15% (d) TiO_2/CQDs 25% (e) TiO_2/CQDs 35%

Pengamatan visual dilakukan pada masing-masing sampel **Gambar 4.23** setelah dilakukannya pengujian fotokatalisis dengan interval 30 menit selama 90 menit. Terlihat adanya perubahan warna pada larutan *rhodamine-B* yang menjadi pudar seiring dengan lamanya waktu penyinaran. Hal tersebut mengindikasikan jika larutan pewarna *rhodamine-B* mengalami degradasi dengan merusak struktur hingga warna menjadi pudar. Terlihat jika pada variasi komposit 25% memiliki warna paling pudar setelah 90 menit.

Hasil fotokatalisis tersebut kemudian dilakukan pengujian UV-Vis untuk mendapatkan nilai absorbansi dan panjang gelombang.

Tabel 4.13 Nilai absorbansi larutan *rhodamine-B* pada setiap sampel

Lama penyinaran (menit)	TiO_2	TiO_2/CQDs 5%	TiO_2/CQDs 15%	TiO_2/CQDs 25%	TiO_2/CQDs 35%
0	0,632	0,683	0,621	0,684	0,695
30	0,626	0,637	0,619	0,544	0,516
60	0,575	0,568	0,519	0,393	0,34
90	0,540	0,494	0,469	0,24	0,269



Gambar 4.25 Kurva nilai absorbansi katalis pada TiO₂ dan komposit TiO₂/CQDs terhadap *rhodamine-B*

Dapat diketahui pada **Gambar 4.25** dan **Tabel 4.14** terlihat adanya penurunan nilai absorbansi pada masing-masing sampel. Terlihat pada tabel dan kurva jika semakin lama penyinaran, maka nilai absorbansi juga ikut turun yang berarti *rhodamine-B* terdegradasi seiring lama waktu penyinaran oleh lampu UV. Sampel TiO₂ mampu mendegradasi larutan pewarna *rhodamine-B* dengan nilai absorbansi setiap interval 30 menit yang didapat yaitu 0,632; 0,626; 0,575; dan 0,540. Untuk komposit TiO₂/CQDs 5% nilai absorbansi yang didapat yaitu 0,683; 0,637; 0,568; dan 0,494. Pada komposit TiO₂/CQDs 15% terjadinya penurunan nilai absorbansi juga yaitu 0,621; 0,619; 0,519; dan 0,469. Penurunan terbesar terjadi pada komposit TiO₂/CQDs 25% yaitu sebesar 0,684; 0,544; 0,393; dan 0,240. Kemudian untuk komposit 35% juga terjadi penurunan yaitu sebesar 0,695; 0,516; 0,340; dan 0,269.

Hasil absorbansi yang telah diperoleh diubah menjadi nilai konsentrasi ppm dari masing-masing larutan pewarna *rhodamine-B* dengan menggunakan persamaan regresi linier pada **Gambar 4.20** yaitu $y=14,27045x - 0,13609$. Hasil ppm ditunjukkan pada **Tabel 4.15**.

Tabel 4.14 Data hasil nilai konsentrasi (ppm) dari setiap larutan *rhodamine-B*.

Lama penyinaran (menit)	TiO ₂	TiO ₂ /CQDs 5%	TiO ₂ /CQDs 15%	TiO ₂ /CQDs 25%	TiO ₂ /CQDs 35%
0	9.156504	9.884376	8.999512	9.898648	10.05564
30	9.070872	9.227864	8.970968	7.900568	7.500952
60	8.34300	8.243096	7.543768	5.745496	4.98908
90	7,84348	7.186968	6.830168	3.56188	3.975768

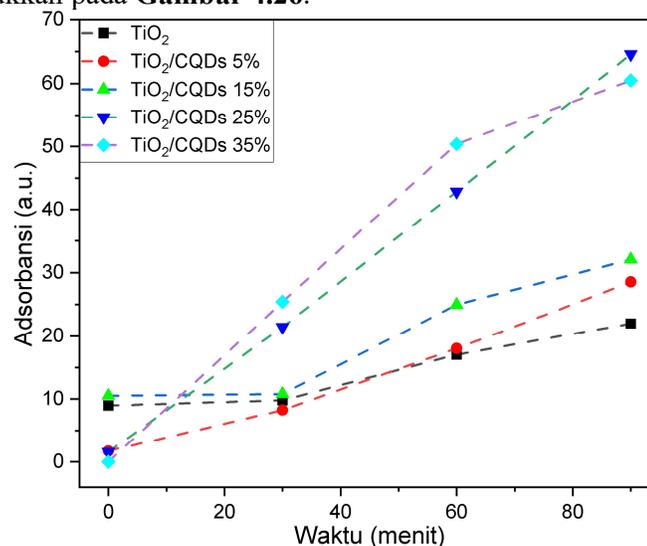
Hasil pada **Tabel 4.15** menunjukkan kadar konsentrasi dari larutan pewarna *rhodamine-B*. Dapat diketahui jika lama penyinaran akan mempengaruhi hasil akhir dari konsentrasi larutan pewarna *rhodamin-B* yang berarti *rhodamine-B* terdegradasi seiring dengan lama waktu penyinaran. Pada sampel TiO₂ diketahui mendegradasi *rhodamine-B* hingga 7,84348 ppm yang berawal dari 9,156504 ppm. Kemudian pada sampel komposit TiO₂/CQDs 5% dapat mendegradasikan larutan hingga konsentrasi 7,187 ppm. Kemudian pada komposit TiO₂/CQDs 15% dapat mendegradasikan larutan hingga konsentrasi 6,8302 ppm. Nilai konsentrasi yang

terdegradasi paling rendah ada pada komposit TiO₂/CQDs 25% yaitu sebesar 3,562 ppm. Kemudian yang terakhir pada komposit TiO₂/CQDs 35% mampu mendegradasikan larutan hingga 3,975 ppm.

Tabel 4.15 Data hasil persentase degradasi *rhodamine-B* pada setiap sampel

Lama penyinaran (menit)	TiO ₂	TiO ₂ /CQDs 5%	TiO ₂ /CQDs 15%	TiO ₂ /CQDs 25%	TiO ₂ /CQDs 35%
0	8.95 %	1.71 %	10.51 %	1.57 %	0.01 %
30	9.80 %	8.24 %	10.79 %	21.44 %	25.41 %
60	17.04 %	18.03 %	24.98 %	42.87 %	50.39 %
90	22.01 %	28.53 %	32.08 %	64.58 %	60.46 %

Pada **Tabel 4.16** menunjukkan persentase degradasi *rhodamine-B*. Data tersebut dibuat kurva yang di tunjukkan pada **Gambar 4.26**.



Gambar 4.26 Kurva persentase degradasi larutan *rhodamine-B* pada setiap sampel.

Kurva pada **Gambar 4.26** menunjukkan perbandingan persentase degradasi larutan *rhodamine-B* setiap sampel. Pada sampel TiO₂ hanya mampu mendegradasi *rhodamine-B* hingga 22,01 % dengan kurun waktu 90 menit. Kemudian pada sampel komposit TiO₂/CQDs 5% hanya dapat mendegradasikan larutan *rhodamine-B* hingga 28,53 %. Pada sampel komposit TiO₂/CQDs 15% dapat mendegradasikan larutan *rhodamine-B* hingga 32,08 %. Pada sampel TiO₂/CQDs 25% dapat mendegradasikan larutan *rhodamine-B* lebih efektif yaitu sebesar 64,46 %. Dan komposit terakhir yaitu TiO₂/CQDs 35% dapat mendegradasikan larutan *rhodamine-B* hingga 60,46 %.

Data di atas juga diolah untuk menampilkan plot reaksi linier yang mengikuti orde nol, orde pertama, dan orde kedua dengan tujuan mengetahui kinetika degradasi polutan. Dalam orde nol, laju reaksi tidak dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi sehingga persamaannya ditunjukkan pada **persamaan 4.1**

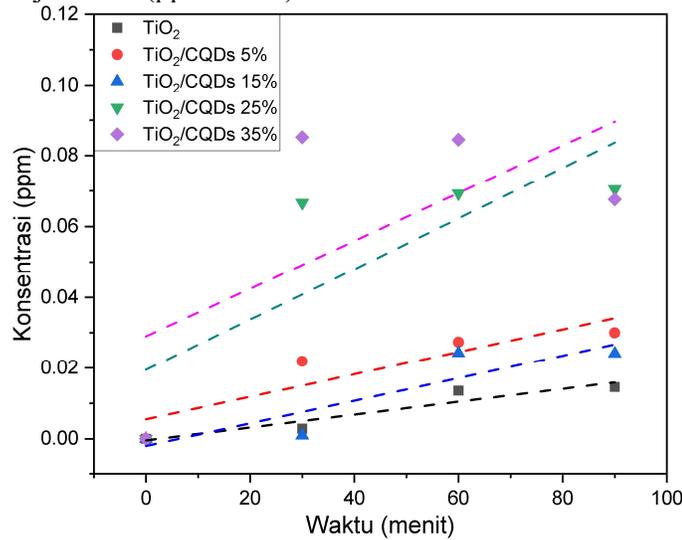
$$C = -kt + C_0 \quad (4.1)$$

Dimana,

C₀ : Konsentrasi *rhodamine-B* (ppm)

t : Waktu (menit)

k : Konstanta laju reaksi (ppm/menit)



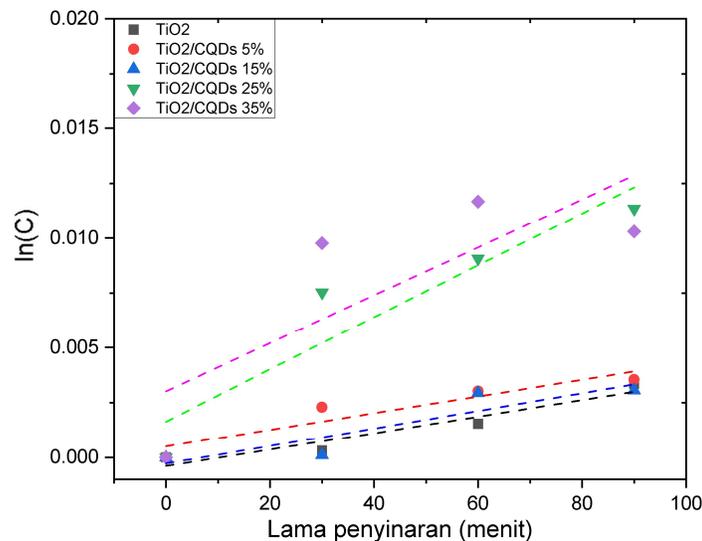
Gambar 4.27 Grafik konsentrasi *rhodamine-B* terhadap waktu sesuai kinetika zero order

Untuk orde pertama, kecepatan reaksi hanya bergantung pada salah satu zat yang bereaksi yang ditunjukkan pada **persamaan 4.2**. Sedangkan untuk orde kedua, persamaan laju reaksi dan hasil integrasinya ditunjukkan pada **persamaan 4.3**

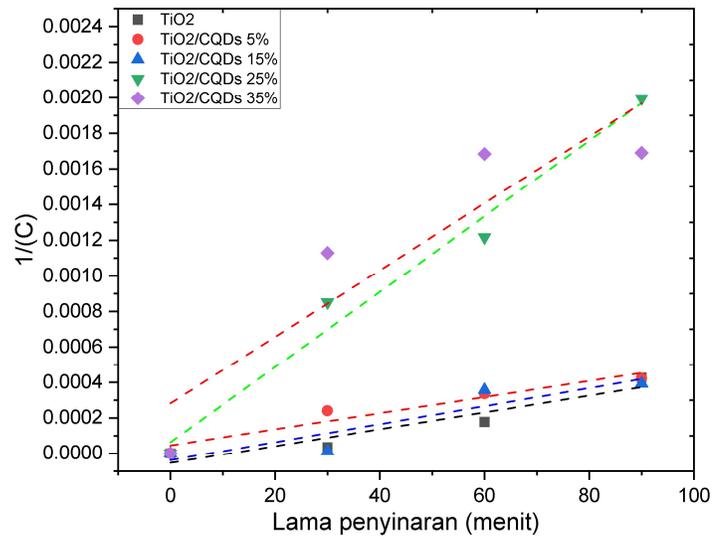
$$\ln C = -kt + \ln C_0 \quad (4.2)$$

$$\frac{1}{C} = -kt + \frac{1}{C_0} \quad (4.3)$$

Kemudian dibuat grafik pada **Gambar 4.28** dan **4.29**



Gambar 4.28 Grafik konsentrasi *rhodamine-B* terhadap waktu sesuai kinetika *first order*

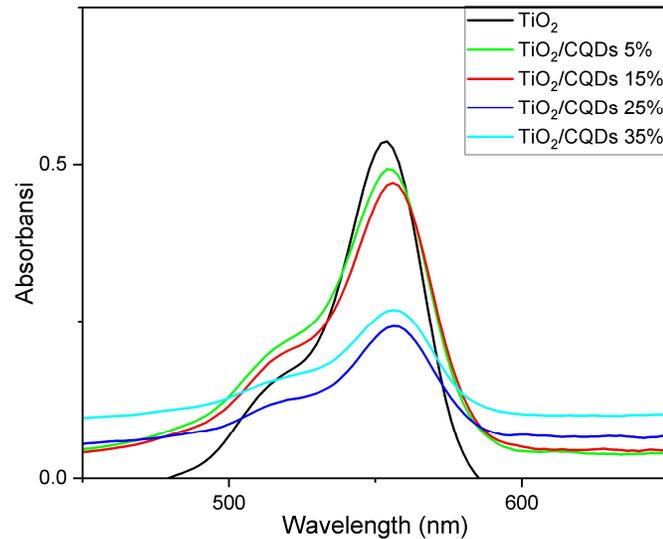


Gambar 4.29 Grafik konsentrasi *rhodamine-B* terhadap waktu sesuai kinetika second order

Tabel 4.16 Perbandingan kinetika degradasi *rhodamine-B* sesuai *zero order*, *first order*, dan *second order*

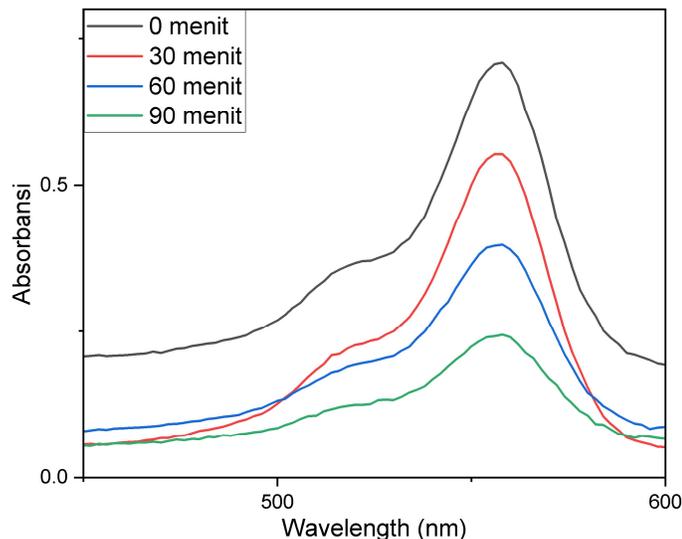
Sampel	Zero Order		First Order		Second Order	
	k (ppm/menit)	R ²	k (menit ⁻¹)	R ²	k (ppm.h) ⁻¹	R ²
TiO ₂	0.01458916	0.93784	0.0003132	0.91936	0.0000343666	0.89756
TiO ₂ /CQDs 5%	0.0299712	0.81685	0.003541	0.88021	0.0004218	0.93151
TiO ₂ /CQDs 15%	0.02410382	0.81276	0.0030647	0.83019	0.0003921	0.84078
TiO ₂ /CQDs 25%	0.07040853	0.64373	0.0113568	0.87489	0.0019969	0.97971
TiO ₂ /CQDs 35%	0.06755413	0.41741	0.0103102	0.62702	0.0016897	0.83387
Rata-rata	-	0.725718	-	0.826334		0.896686

Pada **Tabel 4.17** menunjukkan bahwa konstanta laju reaksi (k) dan korelasi koefisien (R^2) dari masing-masing orde reaksi pada setiap sampel. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai korelasi koefisien memiliki nilai yang tinggi terhadap *treadline linier*. Pada orde nol korelasi koefisiennya mencapai 0,725718. Pada orde pertama mencapai 0,826334 dan pada orde kedua mencapai 0,896686. Pada sampel TiO₂ dan komposit TiO₂/CQDs, CQDs berperan sebagai pengadsorpsi yang mengikat pewarna *rhodamine-B* ke permukaan material fotokatalis.



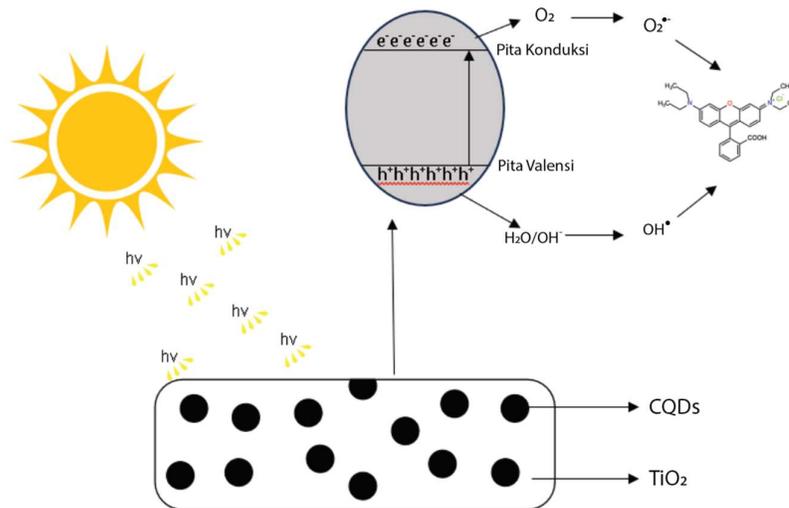
Gambar 4.30 Wavelength TiO_2 dan variasi komposit TiO_2/CQDs penyinaran 90 menit

Pada **Gambar 4.30** menunjukkan hubungan nilai absorbansi dengan panjang gelombang pada TiO_2 dan komposit TiO_2/CQDs . Diperoleh bahwa larutan pewarna *rhodamine-B* 10 ppm memiliki puncak pada gelombang 554 nm dan adanya penurunan pada masing-masing variasi. Nilai absorbansi tertinggi ada pada komposit TiO_2/CQDs 5% kemudian TiO_2/CQDs 15%, TiO_2 , TiO_2/CQDs 35%, dan yang paling rendah adalah komposit TiO_2/CQDs 25%. Selanjutnya mengetahui hubungan antara nilai absorbansi, panjang gelombang, dan lama penyinaran pada komposit TiO_2/CQDs 25%.



Gambar 4.31 Nilai absorbansi, panjang gelombang, dan lama waktu penyinaran TiO_2 25%

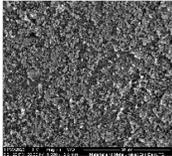
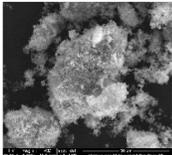
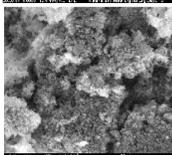
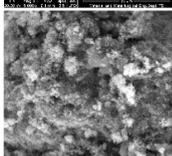
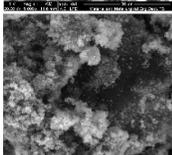
Pada **Gambar 4.31** menunjukkan kurva hubungan antara nilai absorbansi, panjang gelombang, dan lama waktu penyinaran pada komposit TiO_2/CQDs 25% terhadap degradasi *rhodamine-B*. Terlihat pada kurva adanya penurunan puncak pada setiap variasi waktu dari yang tertinggi ke rendah yaitu 0, 30, 60, dan 90. Dapat disimpulkan jika semakin lama waktu penyinaran maka semakin rendah nilai absorbansinya.



Gambar 4.32 Skema fotodegradasi *rhodamine-B*

Berdasarkan skema pada **Gambar 4.32** menunjukkan skema reaksi fotodegradasi pada *rhodamin-B*. Saat material komposit terkena sinar dengan energi yang sama atau lebih besar dari bandgap, maka akan terjadinya eksitasi elektron dimana elektron tersebut berpindah dari pita valensi ke pita konduksi. Loncatan elektron tersebut menyebabkan terbentuknya hole pada pita valensi. Elektron pada pita valensi akan mereduksi oksigen (O_2) dan menghasilkan radikal super anion ($O_2^{\bullet-}$), sedangkan pada hole akan mengoksidasi H_2O dan OH menjadi radikal hidroksil (OH^{\bullet}). Radikal sangat reaktif untuk berikatan dengan lainnya sehingga radikal tadi dapat mendegradasi senyawa *rhodamine-B* dan menghasilkan senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Dalam hal ini material komposit $TiO_2/CQDs$ lebih efektif dalam mendegradasi *rhodamine-B* daripada material TiO_2 .

Tabel 4.17 Tabulasi hasil pengujian

Sampel	SEM	EDX	persentase degradasi selama 90 menit
TiO ₂		TiK = 70.41% OK = 29.59%	22.01%
TiO ₂ /CQDs 5%		TiK = 56.40% OK = 40.45% CK = 03.15%	28.53%
TiO ₂ /CQDs 15%		TiK = 36.06% OK = 32.96% CK = 03.51%	32.08%
TiO ₂ /CQDs 25%		TiK = 53.60% OK = 41.20% CK = 05.21%	64.58%
TiO ₂ /CQDs 35%		TiK = 48.03% OK = 44.58% CK = 07.40%	60.46%

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sintesis komposit TiO₂/CQDs telah dilakukan dengan tidak adanya perubahan struktur pada material dengan bukti dari hasil beberapa pengujian XRD, dan, FTIR. Pada pengujian XRD adanya puncak pada *peak* tertinggi yaitu pada $2\theta = 25,42$ yang menunjukkan *peak* dari TiO₂ anatase. Peak lain yang menandakan TiO₂ anatase juga diperoleh pada *peak* $2\theta = 37,89^\circ$, $2\theta = 48,13^\circ$, $2\theta = 54^\circ$, $2\theta = 55,15^\circ$, $2\theta = 62,76^\circ$, $2\theta = 68,82^\circ$, $2\theta = 70,35^\circ$, $2\theta = 75,13^\circ$, $2\theta = 82,77^\circ$. Puncak CQDs pada XRD tidak terlihat dikarenakan jumlah CQDs pada komposit. Terlihat adanya perubahan morfologi pada sampel. Pada pengujian SEM dapat diketahui jika TiO₂ sebagai matriks melekat pada CQDs *filler*. Adapun morfologi pada TiO₂ dan CQDs berbentuk *sphere*. Pada hasil EDX menunjukkan adanya unsur Ti, O, dan C pada komposit yang mengindikasikan komposit terbentuk dengan unsur-unsur tersebut. Pada pengujian FTIR ditunjukkan adanya gugus fungsi C-H, O-H, dan Ti-O yang menunjukkan terbentuknya komposit TiO₂/CQDs. Pada pengujian PSA ditunjukkan untuk material tersebut memiliki ukuran rata-rata 5,69.
2. Material komposit TiO₂/CQDs dengan variasi penambahan massa 5%, 15%, 25%, dan 35% mampu untuk mendegradasikan larutan pewarna *rhodamine-B* dengan lama waktu penyinaran 90 menit dengan penyinaran lampu UV 20 watt. Hasil persentase degradasi pada komposit TiO₂/CQDs berturut-turut yaitu 28,35%; 32,08%; 64,58%; dan 60,46%. Pada komposit TiO₂/CQDs penambahan massa 25% memiliki nilai degradasi yang paling optimum yaitu sebesar 64,58% pada waktu 90 menit.

5.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat pada proses sintesis dan pembuatan komposit harus dalam keadaan yang steril dari bahan pengotor
2. Larutan pewarna yang telah mengalami degradasi harus disimpan di ruang gelap supaya tidak terjadinya proses degradasi sebelum pengujian
3. Sintesis CQDs memerlukan proses hidrothermal yang lebih lama dari 6 jam untuk mendapatkan material CQDs.
4. Pengujian yang dilakukan harus menggunakan pengujian untuk mendeteksi struktur dan morfologi dari CQDs yaitu TEM dan RAMAN
5. Hasil degradasi tersebut dapat berupa hasil absorbansi dari karbon aktif dikarenakan CQDs belum bisa dipastikan berhasil disintesis menggunakan metode penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atchudan, R., Jebakumar Immanuel Edison, T. N., Shanmugam, M., Perumal, S., Somanathan, T., & Lee, Y. R. (2021). Sustainable synthesis of carbon quantum dots from banana peel waste using hydrothermal process for in vivo bioimaging. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.physe.2020.114417>
- Bandi, R., Devulapalli, N. P., Dadigala, R., Gangapuram, B. R., & Guttena, V. (2018a). Facile Conversion of Toxic Cigarette Butts to N,S-Codoped Carbon Dots and Their Application in Fluorescent Film, Security Ink, Bioimaging, Sensing and Logic Gate Operation. *ACS Omega*, 3(10), 13454–13466. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b01743>
- Bandi, R., Devulapalli, N. P., Dadigala, R., Gangapuram, B. R., & Guttena, V. (2018b). Facile Conversion of Toxic Cigarette Butts to N,S-Codoped Carbon Dots and Their Application in Fluorescent Film, Security Ink, Bioimaging, Sensing and Logic Gate Operation. *ACS Omega*, 3(10), 13454–13466. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b01743>
- Curtis A. Williams. (1968). *Dialysis and Ultrafiltration* *. Elsevier Inc.
- Dette, C., Pérez-Osorio, M. A., Kley, C. S., Punke, P., Patrick, C. E., Jacobson, P., Giustino, F., Jung, S. J., & Kern, K. (2014). TiO₂ anatase with a bandgap in the visible region. *Nano Letters*, 14(11), 6533–6538. <https://doi.org/10.1021/nl503131s>
- Dewi Kasmiarno, L., Fikarda, A., Krisianti Gunawan, R., & Soraya Sambudi, N. (2021). Carbon Quantum Dots (CQDs) from Rambutan and Pandan Leaves for Cu 2+ Detection. *Waste Technology*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.14710/wastech.9.1.1-10>
- Edakkaparamban, S., Kitamura, M., Ide, Y., Umemura, K., & Ishizawa, A. (2023). Photocatalytic degradation study of methylene blue using carbon quantum dots synthesized from coconut husk. *Materials Letters*, 345. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2023.134508>
- Ellingham, S. T. D., Thompson, T. J. U., & Islam, M. (2018). Scanning Electron Microscopy–Energy-Dispersive X-Ray (SEM/EDX): A Rapid Diagnostic Tool to Aid the Identification of Burnt Bone and Contested Cremains. *Journal of Forensic Sciences*, 63(2), 504–510. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13541>
- Ernawati, L., Wahyuono, R. A., Maharsih, I. K., Yusariarta, A. W., Laksono, A. D., Kartikowati, C. W., Bayu, A., Nandiyanto, D., Fotodegradasi, :, & Pewarna, Z. (2020). *Fotodegradasi Zat Pewarna Tekstil (Rhodamine-b) Menggunakan Adsorben Berbasis Material Komposit Kalsium Titanate (Catio 3) Photodegradation Of Textile Dye (Rhodamine-b) Using Catio 3 Composite-Based Adsorbent*.
- Feng, S., & Xu, R. (2001). New materials in hydrothermal synthesis. *Accounts of Chemical Research*, 34(3), 239–247. <https://doi.org/10.1021/ar0000105>
- Heng, Z. W., Chong, W. C., Pang, Y. L., & Sim, L. C. (2020). Photocatalytic degradation of methylene blue under visible light using carbon dot/titanium dioxide nanohybrid. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 991(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/991/1/012092>
- Hotmian, E., Suoth, E., & Tallei, T. (2021). *Gc-Ms (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) Analysis Of Nut Grass Tuber (Cyperus Rotundus L.) Methanolic Extract Analisis Gc-Ms (Gas Chromatography-Mass Spectrometry) Ekstrak Metanol Dari Umbi Rumpuk Teki (Cyperus Rotundus L.)*. *Pharmakon*.
- Inagaki, M., & Kang, F. (2014). Engineering and Applications of Carbon Materials. In *Materials Science and Engineering of Carbon: Fundamentals* (pp. 219–525). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-800858-4.00003-6>

- Inglezakis, V. J. , & P. S. G. (2006). *2-Adsorption, Ion Exchange, and Catalysis 2.1 DEFINITIONS 2: Vol. Chapter 1*. Elsevier Science. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52783-7.X5000-9>
- Kim, S. , C. J. , C. T. , G. A. , H. J. , H. S. , L. Q. , S. B. A. , T. P. A. , Y. B. , Z. L. , Z. J. , & B. E. E. (2023). *Titanium Dioxide _ TiO₂ _ CID 26042 - PubChem*. National Library of Medicine. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Titanium-Dioxide>
- Lee, S. Y., Kang, D., Jeong, S., Do, H. T., & Kim, J. H. (2020). Photocatalytic Degradation of Rhodamine B Dye by TiO₂ and Gold Nanoparticles Supported on a Floating Porous Polydimethylsiloxane Sponge under Ultraviolet and Visible Light Irradiation. *ACS Omega*, 5(8), 4233–4241. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b04127>
- Li, Y. L., Wang, W. X., Wang, Y., Zhang, W. B., Gong, H. M., & Liu, M. X. (2018). Synthesis and Characterization of Rhodamine B-ethylenediamine-hyaluronan Acid as Potential Biological Functional Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 359(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/359/1/012040>
- Mghili, B., Lamine, I., Bouzekry, A., Gunasekaran, K., & Aksissou, M. (2023). Cigarette butt pollution in popular beaches of Morocco: Abundance, distribution, and mitigation measures. *Marine Pollution Bulletin*, 195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115530>
- Nandiyanto, A. B. D., Oktiani, R., & Ragadhita, R. (2019). How to read and interpret ftir spectroscopy of organic material. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 4(1), 97–118. <https://doi.org/10.17509/ijost.v4i1.15806>
- Ngo, T.-D. (2020). Introduction to Composite Materials. *Knowledge to Industrial Applications*. www.intechopen.com
- O'Hare, D. (2001). *Hydrothermal Synthesis*.
- Pollard, P. C. (1987). Dialysis: a simple method of separating labelled bacterial DNA and tritiated thymidine from aquatic sediments. In *Journal of Microbiological Methods* (Vol. 7).
- Saigl, Z. M. (2021). Various adsorbents for removal of rhodamine b dye: A review. In *Indonesian Journal of Chemistry* (Vol. 21, Issue 4, pp. 1039–1056). Gadjah Mada University. <https://doi.org/10.22146/ijc.62863>
- Saravanan, R., Gracia, F., & Stephen, A. (2017a). *Basic Principles, Mechanism, and Challenges of Photocatalysis* (pp. 19–40). https://doi.org/10.1007/978-3-319-62446-4_2
- Saravanan, R., Gracia, F., & Stephen, A. (2017b). *Basic Principles, Mechanism, and Challenges of Photocatalysis* (pp. 19–40). https://doi.org/10.1007/978-3-319-62446-4_2
- Sharma, J., Sharma, S., Bhatt, U., & Soni, V. (2022). Toxic effects of Rhodamine B on antioxidant system and photosynthesis of Hydrilla verticillata. *Journal of Hazardous Materials Letters*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.hazl.2022.100069>
- Silviyah, S., & Widodo, C. S. (2017). *Penggunaan Metode Ft-Ir (Fourier Transform Infra Red) Untuk Mengidentifikasi Gugus Fungsi Pada Proses Pembaluran Penderita Mioma*.
- Singh, I., Arora, R., Dhiman, H., & Pahwa, R. (2018). Carbon quantum dots: Synthesis, characterization and biomedical applications. In *Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences* (Vol. 15, Issue 2, pp. 219–230). Turkish Pharmacists Association. <https://doi.org/10.4274/tjps.63497>
- Suhartati, T. (2017). *Dasar-Dasar Spektrofometri UV-Vis dan Spektrofometri Massa untuk Penentuan Struktur Senyawa Organik*. AURA. CV. Anugrah Utama Raharja .
- Theivasanthi, T., & Alagar, M. (2013). Titanium dioxide (TiO₂) Nanoparticles-XRD Analyses-An Insight. *Centre for Research and Post Graduate Department of Physics, Ayya Nadar Janaki Ammal College, Sivakasi - 626124, Tamilnadu, India* .
-

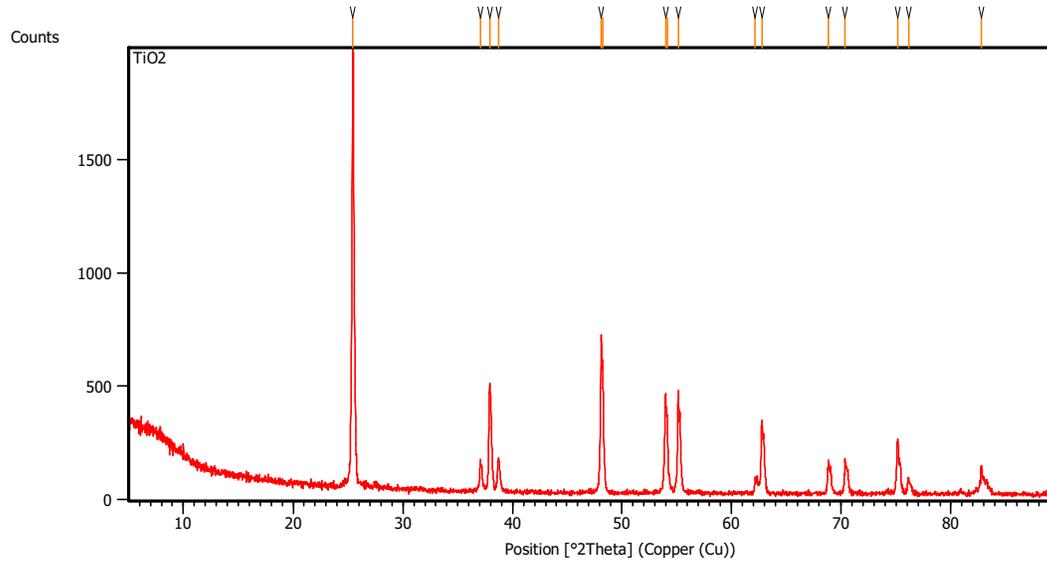
- Vanapalli, K. R., Sharma, H. B., Anand, S., Ranjan, V. P., Singh, H., Dubey, B. K., & Mohanty, B. (2023). Cigarettes butt littering: The story of the world's most littered item from the perspective of pollution, remedial actions, and policy measures. In *Journal of Hazardous Materials* (Vol. 453). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.131387>
- Wang, B., Zhou, Y., Li, L., Xu, H., Sun, Y., Du, Y., & Wang, Y. (2018). In Situ Synthesis of TiO₂-Doped Mesoporous Silica from Coal Fly Ash for the Photocatalytic Degradation of Dyes. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 57(46), 15632–15637. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b03190>
- Wang, Y., & Hu, A. (2014). Carbon quantum dots: Synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 2(34), 6921–6939. <https://doi.org/10.1039/c4tc00988f>
- Yuniar, R. C. (2020). X-RayDiffractionXRD. *ResearchGate*.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

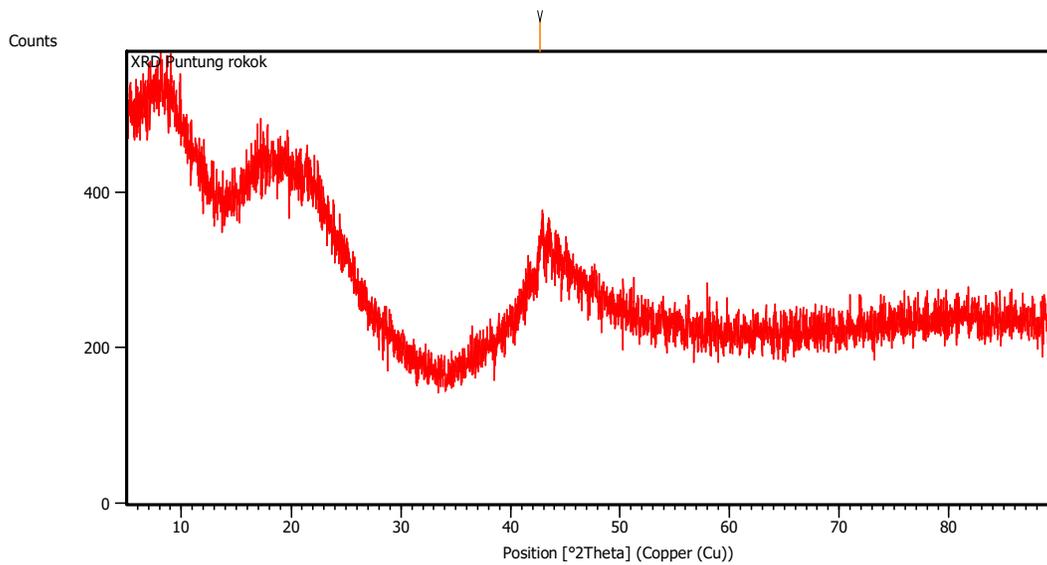
Lampiran 1 : Hasil pengujian XRD

a. Sampel TiO₂



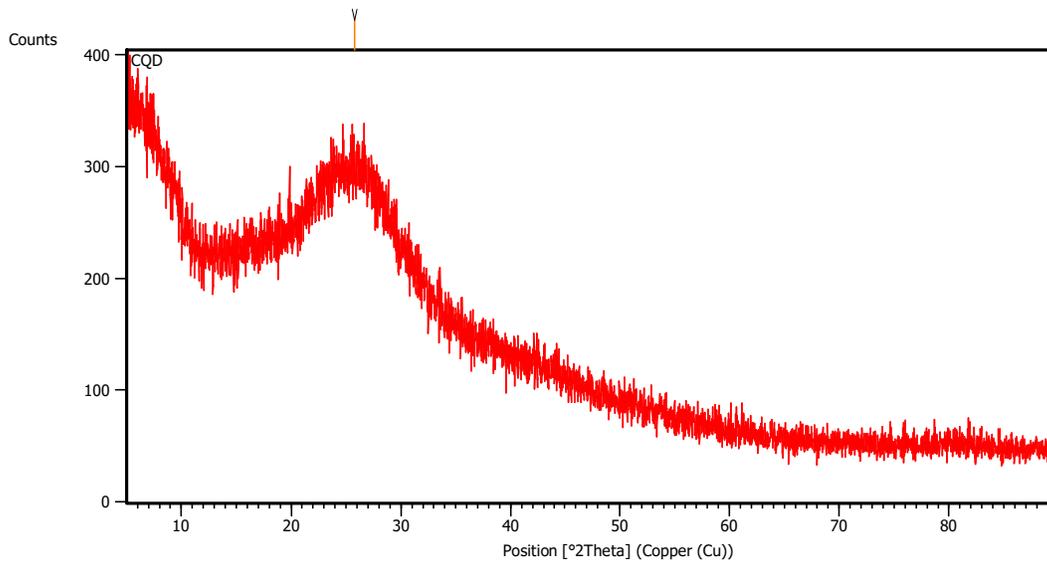
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
25.4249	1933.16	0.1506	3.50333	100.00
37.0595	127.54	0.2007	2.42588	6.60
37.8936	451.12	0.1338	2.37438	23.34
38.6870	146.40	0.2342	2.32749	7.57
48.1331	685.99	0.1224	1.88893	35.49
48.2931	491.65	0.1224	1.88772	25.43
53.9993	432.45	0.1428	1.69675	22.37
54.1434	318.76	0.1224	1.69678	16.49
55.1501	436.82	0.1224	1.66404	22.60
62.1800	67.61	0.1224	1.49172	3.50
62.7627	304.73	0.1632	1.47926	15.76
68.8253	138.01	0.1632	1.36300	7.14
70.3590	145.47	0.1632	1.33700	7.53
75.1277	219.52	0.2040	1.26352	11.36
76.1281	65.51	0.1632	1.24939	3.39
82.7681	112.55	0.1632	1.16517	5.82

b. Sampel puntung rokok



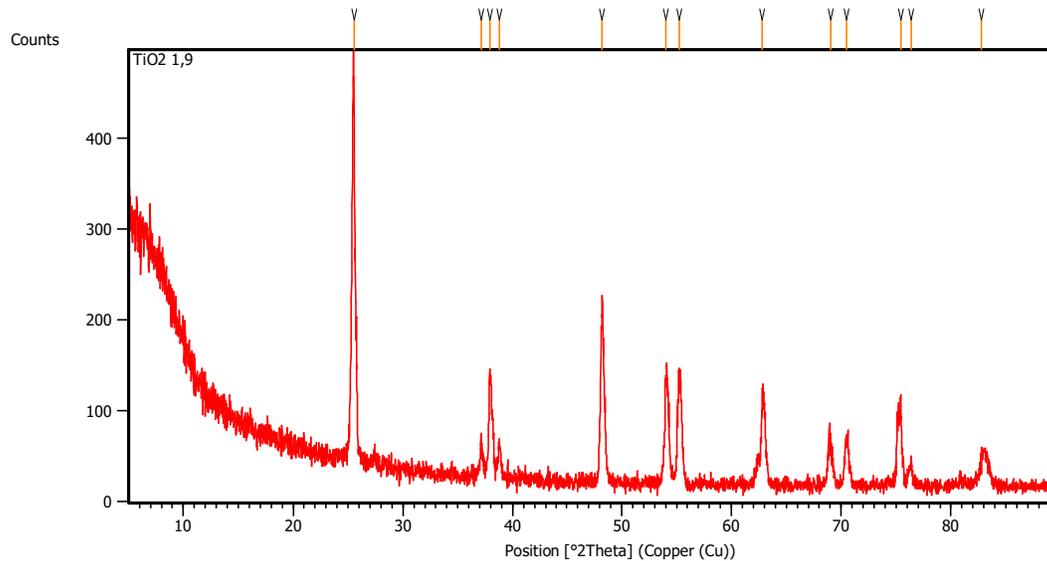
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
42.7045	466.04	0.0900	2.11562	100.00

c. CQDs



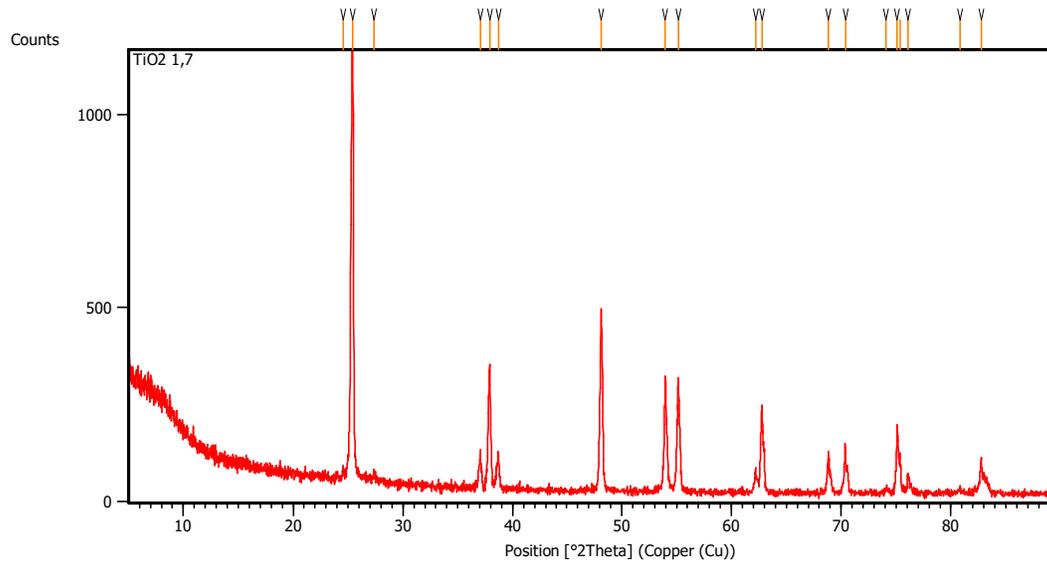
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
25.7687	95.60	0.0900	3.45451	100.00

d. Sampel komposit TiO₂/CQDs 5%



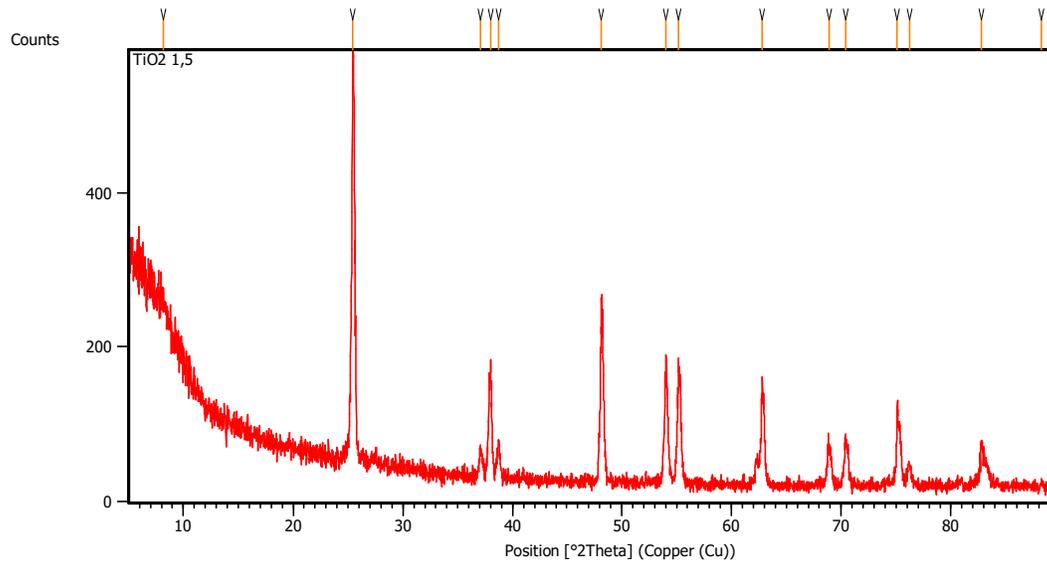
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
25.5466	374.55	0.2007	3.48692	100.00
37.1194	40.47	0.1004	2.42210	10.81
37.9432	107.77	0.2007	2.37139	28.77
38.7993	38.59	0.2007	2.32101	10.30
48.1797	177.37	0.2676	1.88877	47.35
54.0214	117.41	0.1673	1.69751	31.35
55.2145	126.69	0.2676	1.66362	33.82
62.8149	97.35	0.2342	1.47938	25.99
69.0195	44.30	0.2676	1.36077	11.83
70.5106	50.37	0.4684	1.33560	13.45
75.4195	85.89	0.1338	1.26040	22.93
76.3940	31.38	0.1224	1.24570	8.38
82.8020	33.49	0.3346	1.16575	8.94

e. Sampel komposit TiO₂/CQDs 15%



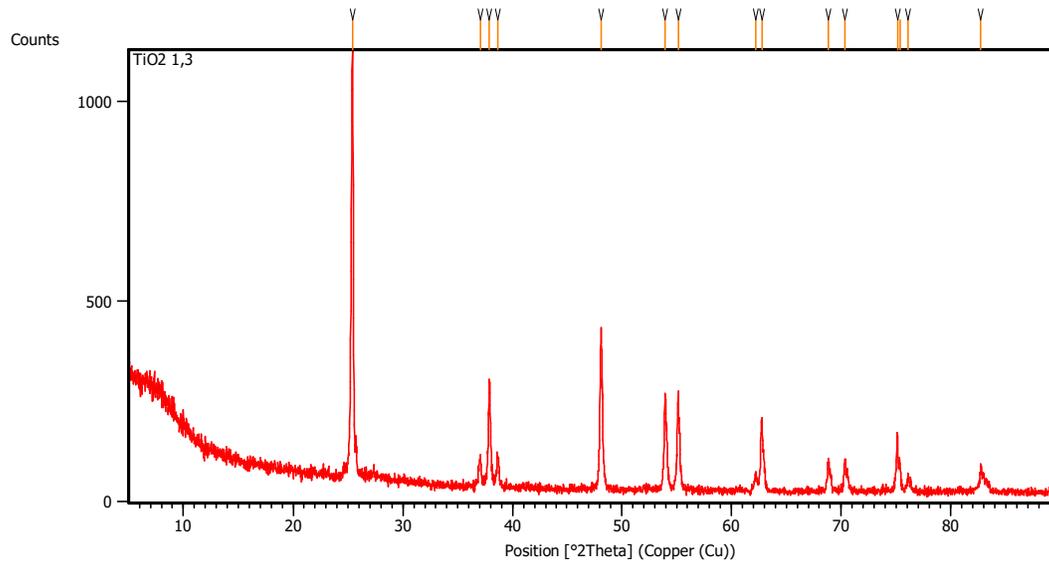
Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
24.5625	27.49	0.1673	3.62435	2.74
25.4457	1003.06	0.1673	3.50052	100.00
27.3569	23.85	0.2007	3.26015	2.38
37.0575	85.14	0.2342	2.42600	8.49
37.9153	307.07	0.1171	2.37307	30.61
38.6889	82.62	0.2342	2.32738	8.24
48.1244	467.98	0.1004	1.89081	46.65
53.9863	295.84	0.0836	1.69853	29.49
55.1567	274.81	0.1004	1.66523	27.40
62.1915	53.60	0.1338	1.49271	5.34
62.8033	224.08	0.1004	1.47963	22.34
68.8271	97.45	0.1004	1.36410	9.71
70.3766	128.79	0.1020	1.33671	12.84
74.0944	12.71	0.2007	1.27962	1.27
75.1020	177.26	0.1020	1.26389	17.67
75.3723	81.76	0.1224	1.26316	8.15
76.1021	45.19	0.1632	1.24975	4.51
80.8326	9.19	0.4896	1.18812	0.92
82.7607	89.14	0.1632	1.16526	8.89

f. Sampel komposit TiO₂/CQDs 25%



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
8.1555	17.90	1.0706	10.84145	3.41
25.4161	524.44	0.1171	3.50452	100.00
37.0900	33.03	0.2676	2.42396	6.30
38.0039	137.69	0.0836	2.36774	26.26
38.7289	47.20	0.2007	2.32507	9.00
48.1323	200.42	0.2676	1.89052	38.22
54.0067	146.10	0.2676	1.69794	27.86
55.1723	147.09	0.1673	1.66480	28.05
62.7942	119.87	0.1338	1.47982	22.86
68.9161	48.16	0.4015	1.36256	9.18
70.3931	63.35	0.1338	1.33754	12.08
75.1126	92.58	0.1338	1.26478	17.65
76.2127	28.45	0.2676	1.24924	5.43
82.7827	53.21	0.2007	1.16597	10.15
88.2544	6.97	0.3346	1.10726	1.33

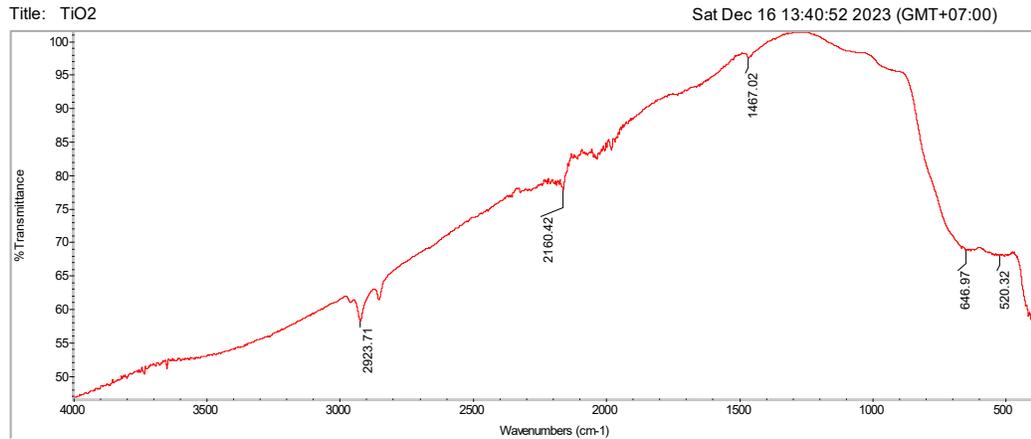
g. Sampel komposit TiO₂/CQDs 35%



Pos. [°2Th.]	Height [cts]	FWHM Left [°2Th.]	d-spacing [Å]	Rel. Int. [%]
25.4149	1041.61	0.1840	3.50469	100.00
37.0438	71.51	0.2342	2.42687	6.86
37.8866	261.09	0.1004	2.37480	25.07
38.6486	76.79	0.2007	2.32972	7.37
48.1441	362.51	0.1338	1.89008	34.80
53.9803	236.92	0.1338	1.69871	22.75
55.1595	245.73	0.0816	1.66377	23.59
62.2156	37.34	0.2007	1.49218	3.59
62.7565	182.41	0.1673	1.48062	17.51
68.8175	76.01	0.1338	1.36427	7.30
70.3275	77.77	0.1338	1.33863	7.47
75.1363	134.62	0.1428	1.26340	12.92
75.3339	73.26	0.1224	1.26371	7.03
76.1124	37.50	0.1224	1.24960	3.60
82.7288	57.49	0.1632	1.16563	5.52

Lampiran 2 : Hasil pengujian FTIR

a. Sampel TiO₂



Collection time: Fri Dec 08 13:16:09 2023 (GMT+07:00)

Sat Dec 16 13:40:25 2023 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

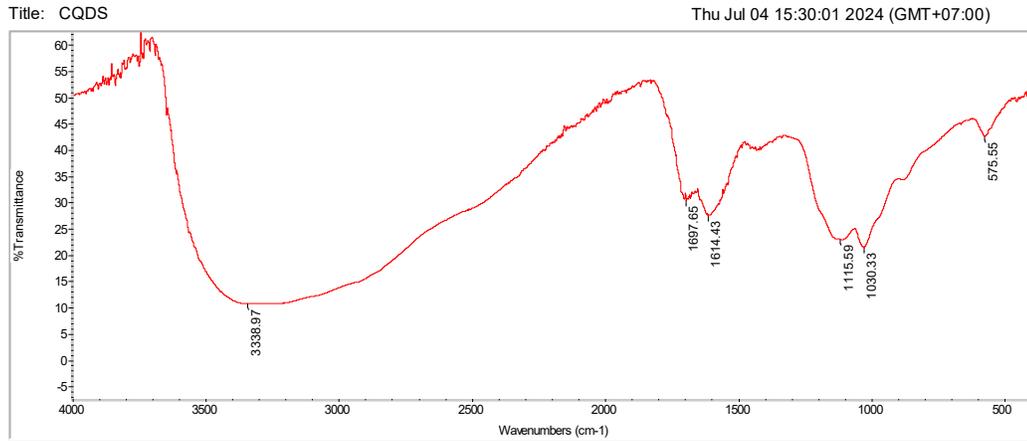
Spectrum: TiO2
Region: 4000.00 400.00
Absolute threshold: 99.668
Sensitivity: 50
Peak list:
Position: 402.17 Intensity: 57.697
Position: 2923.71 Intensity: 58.058

Spectrum: TiO2
Region: 3495.26-455.13
Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
18167	48.26	Tungstic acid, 99%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
587	48.03	Tungstic acid	HR Nicolet Sampler Library
32	46.62	POLY(ETHYLENE:PROPYLENE:DIENE)	Hummel Polymer Sample Library
1931	45.81	1-Bromooctadecane	HR Hummel Polymer and Additives
579	45.72	Poly(1-dodecene), isotactic	HR Hummel Polymer and Additives
636	45.53	1-Tetradecanol, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
18290	45.50	Potassium hexahydroxyantimonate	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
580	45.19	Poly(1-decene), isotactic	HR Hummel Polymer and Additives
5578	45.01	Pentadecanenitrile, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1602	44.97	1-Octadecanethiol, 98%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II

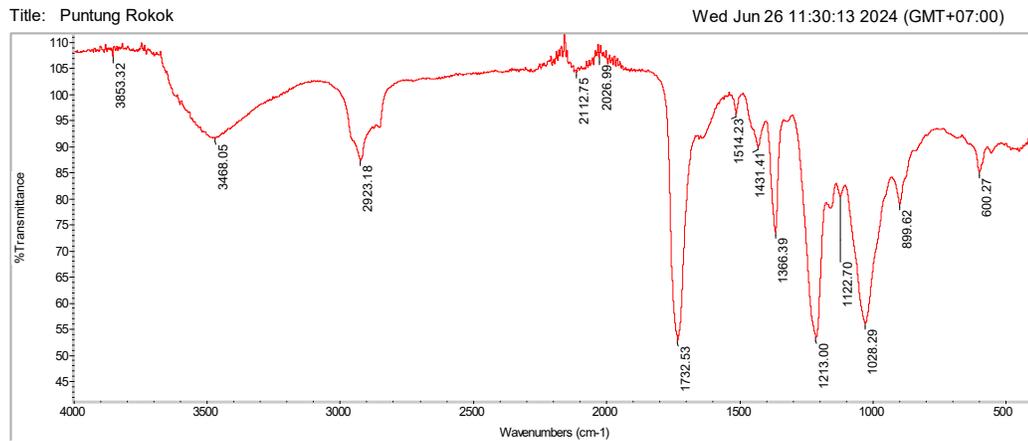
b. Sampel CQDs



Collection time: Thu Jul 04 15:23:26 2024 (GMT+07:00)
 Thu Jul 04 15:29:44 2024 (GMT+07:00)
 FIND PEAKS:
 Spectrum: CQDS
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 46.823
 Sensitivity: 50
 Peak list:
 Position: 575.55 Intensity: 42.422
 Position: 1030.33 Intensity: 21.252
 Position: 1115.59 Intensity: 22.736
 Position: 1614.43 Intensity: 27.326
 Position: 1697.65 Intensity: 30.076
 Position: 3338.97 Intensity: 10.513

Index	Match	Compound name	Library
17756	36.57	Poly(acrylamide-co-acrylic acid), 1.5 wt % acrylic acid	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
113	35.62	OPIUM POWDER IN KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
3502	34.91	Alginate acid, sodium salt	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
2	34.46	Urea-formaldehyde resin pyrolyzate	HR Hummel Polymer and Additives
5314	34.26	Urea monohydrochloride	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17698	33.89	Carboxymethyl cellulose, sodium salt, ultra low viscosity	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
6029	33.57	Tris(hydroxymethyl)phosphine oxide	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
705	33.25	N-(2-ETHOXYPHENYL)-N-(2-ETHYLPHENYL)-ETH	HR Nicolet Sampler Library
78	32.41	ANEDIAMIDE	Georgia State Crime Lab Sample Library
792	32.13	LORAZEPAM IN KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
	32.13	Crystalline calcium phosphate (Canis Vulpes)	HR Hummel Polymer and Additives

c. Sampel puntung rokok



Collection time: Wed Jun 26 11:29:14 2024 (GMT+07:00)

Wed Jun 26 11:29:59 2024 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

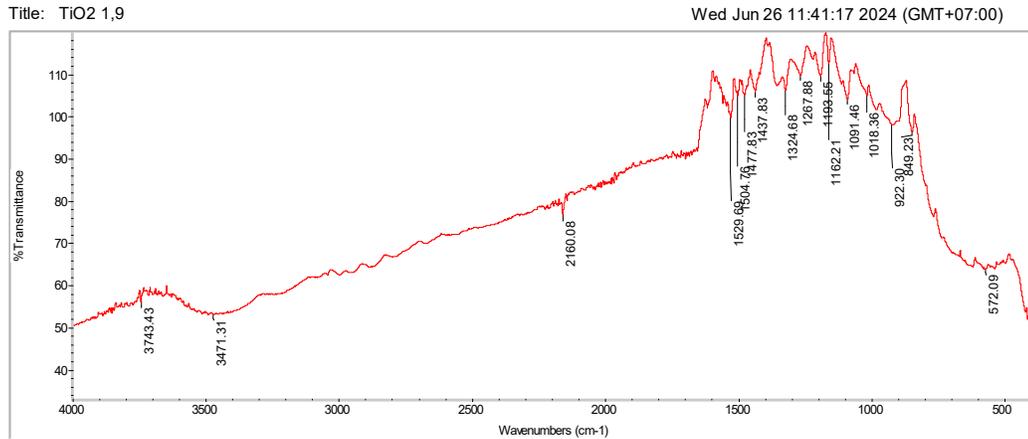
Position	Intensity
600.27	85.036
899.62	78.887
1026.29	55.832
1122.70	80.297
1213.00	53.185
1366.39	73.417
1431.41	89.891
1514.23	96.298
1732.53	52.637
2026.99	106.943
2112.75	104.190
2923.18	87.235
3468.05	91.408
3853.32	107.034

Spectrum: Puntung Rokok
Region: 3495.26-455.13
Search type: Correlation

Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
17714	67.50	Cellulose triacetate	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17699	65.80	Cellulose acetate	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17700	64.29	Cellulose acetate	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17705	63.73	Cellulose acetate butyrate	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
3878	63.20	Triacetin, 99+%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1553	63.05	Trimethylolpropane triacetate	HR Hummel Polymer and Additives
3882	62.80	2,2-Bis-(acetoxymethyl)-propyl acetate	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
17706	62.62	Cellulose acetate hydrogenphthalate	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
296	62.35	Poly(vinyl acetate), thixotropic	HR Hummel Polymer and Additives
1552	61.86	Trimethylethane triacetate	HR Hummel Polymer and Additives

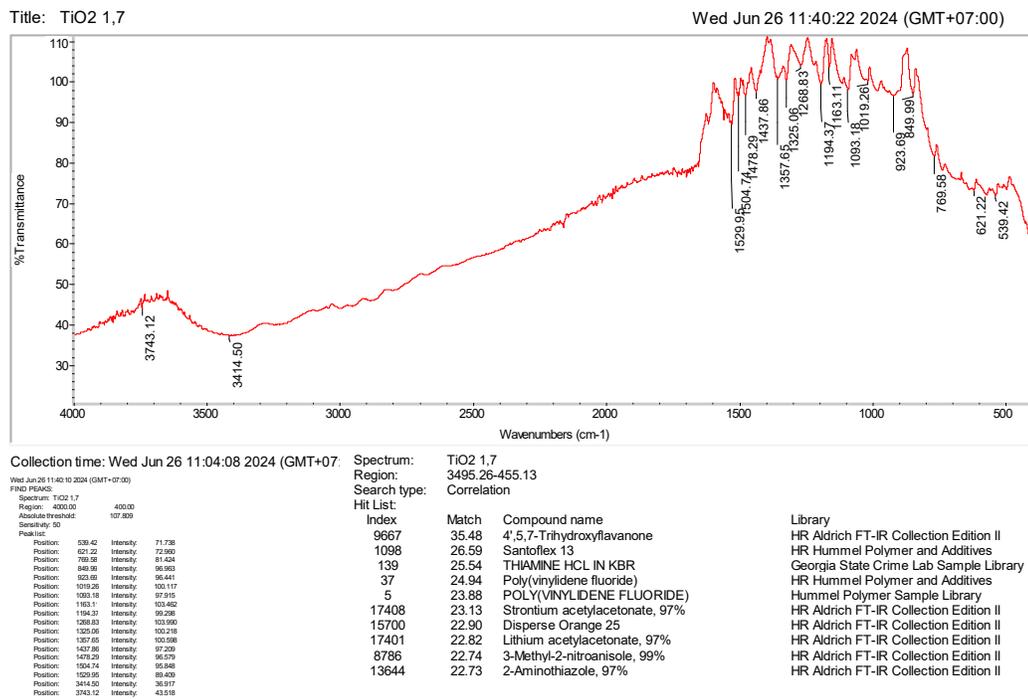
d. Sampel komposit TiO₂/CQDs 5%



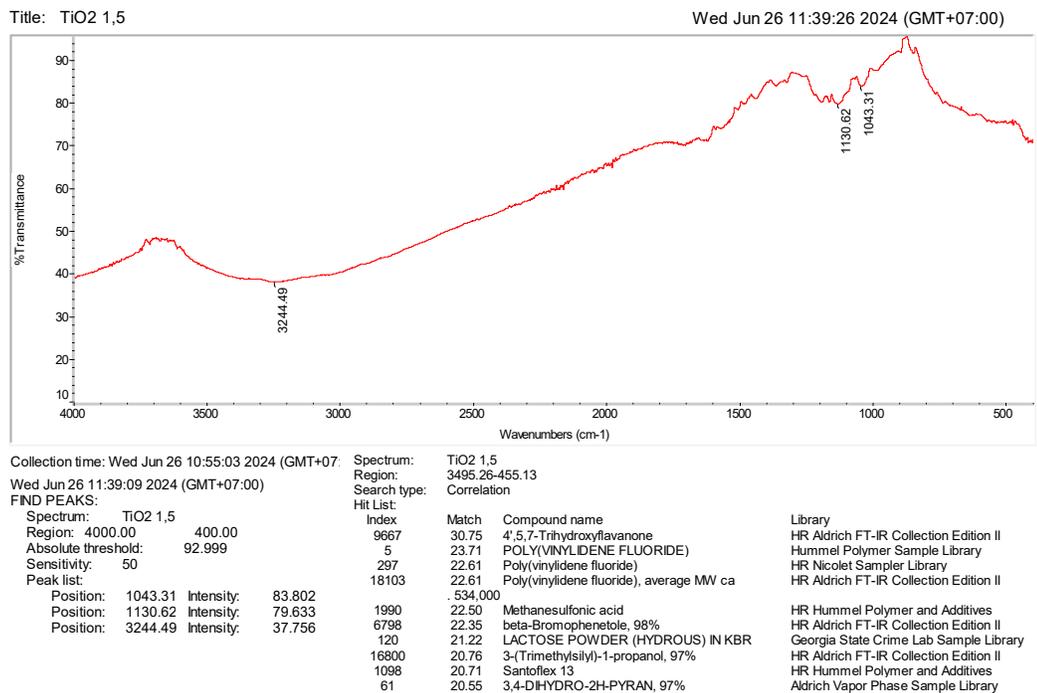
Collection time: Wed Jun 26 11:01:48 2024 (GMT+07:00) Spectrum: TiO2 1,9
 Wed Jun 26 11:41:04 2024 (GMT+07:00) Region: 3495,26-455,13
 FIND PEAKS: Search type: Correlation

Position	Intensity	Index	Match	Compound name	Library
572.09	63.570	37	27.70	Poly(vinylidene fluoride)	HR Hummel Polymer and Additives
849.23	96.141	1033	26.62	RTV 730, filler	HR Hummel Polymer and Additives
922.30	97.872	5	25.48	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
1018.36	104.921	174	23.37	CHLOROQUINE PO4 IN KBR	Georgia State Crime Lab Sample Library
1091.46	103.955	16971	23.35	Bis(trimethylsilyl)sulfur diimide, 95%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1162.21	112.473	17082	23.26	Bis(trimethylsilyl)acetylene, 99%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1193.55	109.539	17492	21.63	Tetrakis(acetonitrile)copper(I) hexafluorophosphate	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1267.88	109.678	18287	20.83	Ammonium hexafluorophosphate, 95+%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1324.68	106.112	31	20.65	PARA-CHLOROBIPHENYL, 99%	Aldrich Condensed Phase Sample Library
1437.83	105.752	297	19.81	Poly(vinylidene fluoride)	HR Nicolet Sampler Library
1477.83	104.944				
1504.76	104.562				
1529.69	98.611				
2160.08	76.382				
3471.31	52.827				
3743.43	55.626				

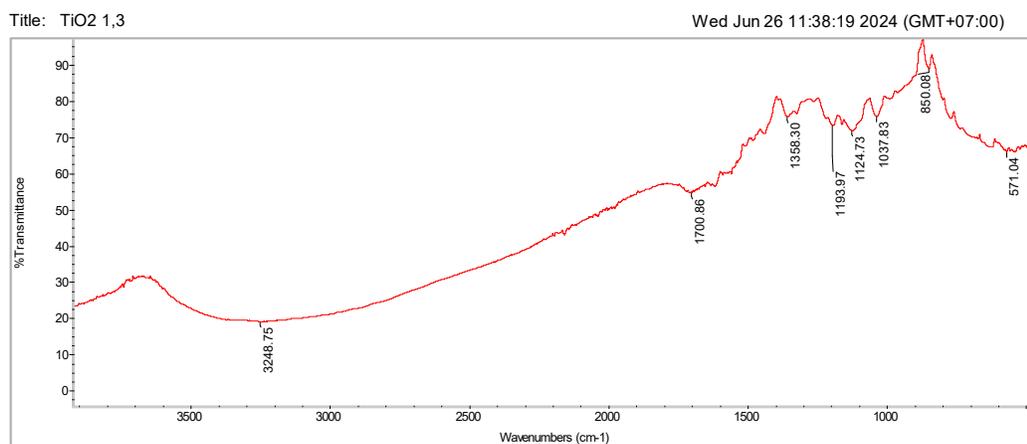
e. Sampel komposit TiO₂/CQDs 15%



f. Sampel komposit TiO₂/CQDs 25%



g. Sampel komposit TiO₂/CQDs 35%

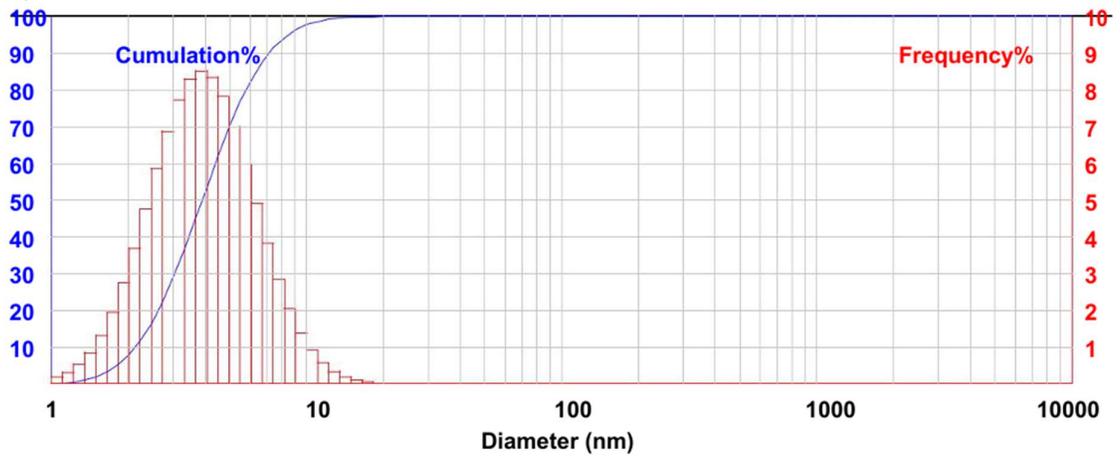


Collection time: Wed Jun 26 10:58:33 2024 (GMT+07:00) Spectrum: TiO2 1,3
 Wed Jun 26 11:37:59 2024 (GMT+07:00) Region: 3495,26-477,67
 FIND PEAKS: Search type: Correlation

Position	Intensity	Index	Match	Compound name	Library
405.20	57.035	5	47.10	POLY(VINYLIDENE FLUORIDE)	Hummel Polymer Sample Library
571.04	65.646	37	43.39	Poly(vinylidene fluoride)	HR Hummel Polymer and Additives
850.08	88.771	297	41.36	Poly(vinylidene fluoride)	HR Nicolet Sampler Library
1037.83	75.586	18103	41.36	Poly(vinylidene fluoride), average MW ca .534,000	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1124.73	71.569	742	40.35	Polyvinylidene fluoride	HR Nicolet Sampler Library
1193.97	73.093	9667	32.18	4',5,7-Trihydroxyflavanone	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1358.30	75.443	11389	26.53	4-Ethylbenzoyl chloride, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
1700.86	54.328	1990	24.91	Methanesulfonic acid	HR Hummel Polymer and Additives
3248.75	18.735	16800	22.69	3-(Trimethylsilyl)-1-propanol, 97%	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
		77	22.39	2-METHYLPYRAZINE, 99+%	Aldrich Vapor Phase Sample Library

Lampiran 3 : Hasil pengujian PSA

a. CQDs



Size	V%	S%	Size	V%	S%	Size	V%	S%	Size	V%	S%
1.22	0.31	0.31	2.72	5.85	22.02	6.06	5.99	82.62	13.50	0.34	99.43
1.35	0.53	0.84	3.01	6.88	28.90	6.70	4.90	87.51	14.92	0.19	99.62
1.49	0.85	1.70	3.32	7.73	36.63	7.41	3.83	91.34	16.50	0.10	99.72
1.65	1.32	3.02	3.67	8.30	44.94	8.19	2.86	94.20	18.23	0.05	99.77
1.82	1.95	4.96	4.06	8.52	53.45	9.05	2.04	96.23	20.15	0.03	99.80
2.02	2.74	7.71	4.49	8.35	61.80	10.00	1.39	97.62	22.28	0.01	99.81
2.23	3.70	11.40	4.96	7.82	69.62	11.05	0.90	98.53	24.62	0.01	99.82
2.46	4.76	16.16	5.48	7.00	76.63	12.22	0.56	99.09	27.21	0.00	99.82

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses keberlangsungan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, penelitian ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, ucapan terima kasih tidak lupa penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang turut serta membantu, diantaranya:

1. Kedua orang tua penulis, yaitu bapak Abdul Majid dan Ibu Maria Ulfa serta adik penulis yaitu Kanaya Rafizanur Majid dan Keena Aisha Majid untuk segala kasih sayang dan perhatian yang diberikan kepada penulis.
2. Pak Haniffudin Nurdiansah selaku dosen pembimbing 1 penulis yang senantiasa dan selalu memberikan ilmu dan ruang untuk berdiskusi selama proses penelitian berlangsung hingga proses pengerjaan Tugas Akhir.
3. Ibu Rindang Fajarin selaku dosen pembimbing 2 penulis yang sudah memberikan waktu untuk belajar dan berdiskusi selama proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Ibu Azzah Dyah Pramata dan Bapak Respati Kevin Prama Dewandaru selaku penguji sidang tugas akhir yang telah memberikan arahan pada Tugas Akhir penulis.
5. Josua Budiman Silaen sebagai partner Tugas Akhir penulis yang sudah bersedia bekerja sama dari selama 9 bulan lamanya dengan banyaknya tantangan dan hambatan yang telah dilalui bersama.
6. Bayu, Fathan, Thierry, Alamanda, Alm. Izzan, dan Alvi yang merupakan anak bimbingan pak Hanif yang senantiasa menemani penulis selama berjalannya penelitian ini.
7. Amel sebagi teman yang mendampingi dan bercerita selama masa penulisan tugas akhir berlangsung
8. Mba Yenny selaku petugas lab dan seluruh anak laboratorium Kimia Material yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu namanya.
9. Seluruh anggota keluarga besar MT 22 yang telah menjadi angkatan terbaik dalam menghiasi dan menemani masa-masa perkuliahan.
10. Bapak/Ibu tenaga pendidik yang membantu kegiatan akademik selama berkuliah di ITS.
11. Seluruh pihak yang telah ambil bagian dalam kehidupan penulis sehingga bisa sampai di titik ini.

Sekali lagi penulis mengucapkan banyak terima kasih dan juga ingin memohon maaf jika penulis pernah melakukan kesalahan selama berkuliah. Semoga kebaikan yang telah diberikan dibalas oleh Allah SWT. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dalam penelitian lebih lanjut, dan khususnya demi kemajuan Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS serta tanah air tercinta.

Surabaya, 20 Januari 2024
Penulis

Alvi Surya Juniarianto

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Muhammad Reza Maulana Majid, lahir pada 4 April 2002 di Batam, merupakan anak kedua dari pasangan Abdul Majid dan Maria Ulfa. Selain itu penulis juga merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Bertempat tinggal dan tumbuh besar di Kabupaten Lumajang, Jawa Timur. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Ditotrunan 01 Lumajang, SMP Negeri 1 Lumajang, SMA Negeri 2 Lumajang dan melanjutkan studi Strata-1 (S1) di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FT-IRS ITS melalui jalur SBMPTN pada tahun 2020. Penulis aktif menjabat sebagai sekretaris departemen Eksternal UKM Bridge ITS selama 6 bulan periode tahun 2022. Penulis juga aktif menjabat sebagai kepala departemen media dan informasi Himpunan Teknik Material dan Metalurgi (HMMT) selama 1 tahun periode 2022 – 2023. Untuk menyelesaikan perkuliahan, penulis melakukan penelitian dalam bidang Material Inovatif di laboratorium Kimia Material dengan judul laporan tugas akhir “ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN MASSA CARBON QUANTUM DOTS (CQDs) DARI LIMBAH PUNTUNG ROKOK TERHADAP SIFAT FOTOKATALISIS KOMPOSIT TIO_2/CQDs UNTUK DEGRADASI RHODAMIN-B”. Adapun penulis dapat dihubungi melalui alamat email muhammadrezamaulanamajid@gmail.com.