

**Sintesis dan Karakterisasi Karbon Dot (KD) Doping Nitrogen
sebagai Fotokatalis untuk Degradasi *Methylene Blue***

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains*



OLEH :

PUTRI PRAMANA ARNUM

NIM/TM. 21036104/2021

PROGRAM STUDI KIMIA

DEPARTEMEN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2026

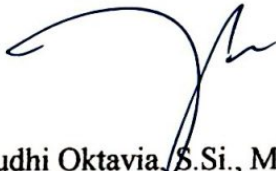
PERSETUJUAN SKRIPSI

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON DOT (KD) DOPING NITROGEN SEBABAGI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI METHYLENE BLUE

Nama : Putri Pramana Arnum
NIM : 21036104
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2026

Mengetahui :
Kepala Departemen Kimia



Budhi Oktavia, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 19721024 199803 1 001

Disetujui Oleh :
Dosen Pembimbing



Dr. rer. nat. Deski Beri, S.Si., M.Si
NIP. 19780622 200312 1 001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

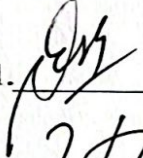
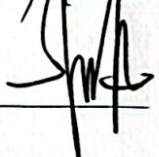
Nama : Putri Pramana Arnum
TM/NIM : 2021/21036104
Program Studi : Kimia (NK)
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON DOT (KD) DOPING NITROGEN SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI METHYLENE BLUE

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

Padang, Mei 2026

Tim Penguji

No	Jabatan	Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	Dr.rer.nat. Deski Beri, S.Si., M.Si	1. 
2	Anggota	Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D	2. 
3	Anggota	Dr. Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si., M.Si	3. 

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Putri Pramana Arnum
NIM : 21036104
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/ 26 Agustus 2003
Program Studi : Kimia
Departemen : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul Skripsi : SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON DOTS
(KD) DOPING NITROGEN SEBAGAI
FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI METHYLENE
BLUE

Dengan ini menyatakan bahwa :

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

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

Padang, Mei 2026
Yang Menyatakan



Putri Pramana Arnum
NIM. 21036104

Sintesis dan Karakterisasi Karbon Dot (KD) Doping Nitrogen sebagai Fotokatalis untuk Degradasi *Methylene Blue*

Putri Pramana Arnum

ABSTRAK

Karbon dot yang didoping nitrogen (N-CDs) disintesis melalui metode solvotermal yang sederhana dan bebas logam dengan menggunakan asam sitrat dan urea sebagai prekursor karbon dan nitrogen. Rasio molar asam sitrat terhadap urea diubah secara sistematis untuk menyelidiki pengaruhnya terhadap sifat optik dan kinerja fotokatalitik dari N-CDs yang dihasilkan. Analisis absorpsi UV-Vis dan fotoluminesensi (PL) menunjukkan emisi yang dapat disesuaikan dalam rentang 491–510 nm dengan celah pita optik yang sesuai antara 2,53 dan 2,43 eV. Analisis ukuran partikel mengonfirmasi diameter partikel rata-rata sekitar 4,3 nm. Sebuah hasil kuantum fotoluminesensi (PLQY) yang sangat tinggi sebesar 92,88% dicapai pada rasio urea terhadap asam sitrat optimal 1:5, yang dikaitkan dengan doping nitrogen yang seimbang dan pasivasi keadaan permukaan yang efektif. N-CDs yang dioptimalkan menunjukkan degradasi fotokatalitik yang efisien terhadap *methylene blue* di bawah irradiasi UV 405 nm, mencapai efisiensi degradasi sebesar 87,99% setelah 240 menit. Analisis kinetika menunjukkan perilaku orde pertama semu. Hasil ini menunjukkan bahwa N-CDs bebas logam yang disintesis melalui pendekatan ramah lingkungan dan dapat diskalakan merupakan fotokatalis yang menjanjikan untuk pengolahan air limbah yang terkontaminasi pewarna.

Kata Kunci : karbon dots, doping nitrogen, PLQY, fotokatalis, degradasi zat warna

Penelitian ini dilakukan bersama Naomi Rahma Dania Jounza, dan saat ini sedang dalam proses publish pada jurnal Q2 IOP. Pada penelitian ini, penulis berfokus pada studi degradasi *methylene blue*, sedangkan Naomi Rahma Dania Jounza berfokus pada degradasi *rhodamine B*.

Synthesis and Characterization of Carbon Dots (KD) Nitrogen-doped as Photocatalyst for *Methylene Blue* Degradation

Putri Pramana Arnum

ABSTRACT

Nitrogen-doped carbon dots (N-CDs) were synthesized via a simple and metal-free solvothermal route using citric acid and urea as carbon and nitrogen precursors, respectively. The urea-to-citric-acid molar ratio was systematically varied to investigate its influence on the optical properties and photocatalytic performance of the resulting N-CDs. UV–Vis absorption and photoluminescence (PL) analyses reveal tunable emission in the range of 491–510 nm with corresponding optical band gaps between 2.53 and 2.43 eV. Particle size analysis confirms an average particle diameter of approximately 4.3 nm. An exceptionally high photoluminescence quantum yield (PLQY) of 92.88% was achieved at an optimal urea to-citric-acid ratio of 1:5, attributed to balanced nitrogen doping and effective surface-state passivation. The optimized N-CDs exhibit efficient photocatalytic degradation of methylene blue under 405 nm UV irradiation, achieving degradation efficiencies of 87.99% after 240 min, respectively. Kinetic analysis indicates pseudo-first-order. These results demonstrate that metal-free N-CDs synthesized through a green and scalable approach are promising photocatalysts for dye-contaminated wastewater treatment.

Keywords : carbon dots, nitrogen doping, photoluminescence quantum yield, photocatalysis, dye degradation

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **SINTESIS DAN KARAKTERISASI KARBON DOTS (KD) DOPING NITROGEN SEBAGAI FOTOKATALIS UNTUK DEGRADASI METHYLENE BLUE**. shalawat beserta salam untuk nabi tauladan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang sangat berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Dr. rer. nat. Deski Beri, S.Si., M.Si., sebagai Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si., M.Si., Ph.D sebagai Dosen Penguji 1.
4. Ibu Dr.Sherly Kasuma Warda Ningsih, S.Si.,M.Si selaku dosen Penguji 2.
5. Bapak Budhi Oktavia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai ketua Program Studi Jurusan Kimia FMIPAUNP.
6. Bapak dan Ibu staf pengajar serta seluruh staf akademik dan non akademik di jurusan Kimia FMIPAUNP.

7. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Mama tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan, semangat, serta pengorbanan yang tiada henti selama perjalanan pendidikan hingga penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala perhatian, kesabaran, dan motivasi yang selalu diberikan kepada penulis dalam setiap keadaan. Doa dan dukungan Mama menjadi kekuatan terbesar bagi penulis untuk terus berjuang dan menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga Mama selalu diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan dalam setiap langkah kehidupan.
8. Kepada Sahabat Seperjuangan Naomi Rahma Dania Jounza S.Si yang telah bersama-sama berjuang, berdiskusi, dan saling mendukung selama proses penelitian hingga akhirnya dapat menyelesaikan studi dan meraih gelar akademik. Kerja sama, ketekunan, dan semangat yang terjalin menjadi bagian penting dalam keberhasilan penelitian ini.
9. Terima kasih Muhammad Rayhan Zacky Ardhana yang selalu menemani, memberikan semangat, dukungan, dan doa selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena selalu sabar mendengarkan keluh kesah, memberi motivasi di saat lelah, serta menjadi penyemangat dalam setiap proses yang dilalui. Kehadiranmu memberikan banyak arti dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Semoga segala kebaikan, perhatian, dan dukungan yang diberikan dapat menjadi hal indah yang selalu dikenang.
10. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah mampu bertahan, berjuang, dan tidak menyerah selama proses penyusunan

skripsi ini. Terima kasih karena tetap kuat menghadapi rasa lelah, tekanan, dan berbagai tantangan yang datang selama perjalanan ini. Semua proses yang telah dilewati menjadi bukti bahwa usaha dan doa tidak pernah mengkhianati hasil. *"Tidak apa-apa berjalan pelan, yang penting tidak berhenti."* Semoga segala usaha yang telah dilakukan menjadi langkah awal menuju masa depan yang lebih baik dan penuh keberhasilan.

11. Teman-teman kimia angkatan 2021 yang telah membantu dalam pembuatan skripsi ini.

12. Semua pihak terkait yang telah ikut berkontribusi dalam skripsi ini.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Amin Ya Rabbal ‘Alamin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran dari pembaca agar skripsi ini bermanfaat dikemudian harinya.

Padang, 2 maret 2026

Putri Pramana Arnum

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. <i>Methylene blue</i> (MB)	6
B. Fotokatalis	8
C. Karbon dot (KD)	9
D. Karakterisasi Karbon dots terdoping Nitrogen	13
1. Spektrofotometri UV-VIS.....	13
2. <i>Particle Size Analysis</i> (PSA).....	14
3. FE-SEM-EDX (<i>Field Emission-Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i>)	15
4. <i>Photoluminescence</i> (PL) dan <i>Photoluminescence Quantum Yield</i> (PLQY)	16
5. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR)	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
A. Waktu dan Tempat Penelitian	19
B. Objek Penelitian	19
C. Variabel Penelitian	19
D. Alat dan Bahan.....	19
a. Alat.....	19

b. Bahan.....	20
E. Prosedur Penelitian	20
1. Sintesis karbon dot (KD) doping Nitrogen	20
2. Karakterisasi Karbon dot terdoping Nitrogen	21
a. Spektrofotometri UV-VIS	21
b. <i>Particle Size Analysis</i> (PSA).....	21
c. FE-SEM-EDX (<i>Field Emission-Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i>)	22
d. <i>Photoluminescence</i> (PL) dan <i>Photoluminescence Quantum Yield</i> (PLQY)	22
e. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	23
3. Karbon dot terdoping Nitrogen sebagai fotokatalis	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Sintesis Karbon Dot terdoping Nitrogen (N-CDs).....	25
B. Karakterisasi N-CDs.....	26
a. Spektrofotometri UV-Vis	26
b. <i>Particle Size Analysis</i> (PSA).....	29
c. FE-SEM-EDX (<i>Field Emission-Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i>)	30
d. <i>Photoluminescence</i> (PL) dan <i>Photoluminescence Quantum Yield</i> (PLQY)	32
e. <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	34
C. N-CDs sebagai Fotokatalis	35
BAB V PENUTUP.....	38
A. Kesimpulan	38
B. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Model dan struktur <i>methylene blue</i>	6
Gambar 2. Skema fotokatalis dengan zat warna <i>methylene blue</i>	8
Gambar 3. Struktur karbon dot	10
Gambar 5. Metode Sintesis karbon dot (Kaur dkk., 2024)	11
Gambar 6. Spektrum UV-Vis karbon dots	13
Gambar 7. Kurva karbon dot	14
Gambar 8. a. N-CDs dibawah Cahaya tampak dan b. N-CDs disinari laser 405nm	25
Gambar 9. Skema sintesis solvotermal KD terdoping Nitrogen.....	26
Gambar 10. Spektrum Penyerapan UV–Vis	27
Gambar 11. Ilustrasi skematis evolusi celah energi yang bergantung pada ukuran pada N-CDs dan Grafik Tauc dari sampel titik karbon yang didoping nitrogen (N- CDs) yang representatif (perbandingan 1:1, 1:5, dan 1:9).....	28
Gambar 12. Distribusi Ukuran Partikel(PSA)	30
Gambar 14. Spektrum EDX dan komposisi unsur EDX	31
Gambar 15. Spektrum emisi fotoluminesensi yang dinormalisasi	32
Gambar 16. Spektrum FTIR N-CDs	35
Gambar 17. a. Degradasi MB b. Persen degradasi dan Laju fotokatalitik.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai representatif Bandgap sampel N-CDs.....	29
Tabel 2. Hasil PLQY Karbon dot yang didoping nitrogen yang disintesis pada rasio molar asam sitrat terhadap urea yang berbeda.	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan.....	44
Lampiran 2. Skema kerja penelitian.....	50
Lampiran 3. Rencana Anggaran Biaya	51
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....	52

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan pertumbuhan industri yang cukup pesat terutama di sektor tekstil, petrokimia, makanan dan minuman. Namun, limbah dari industri tekstil merupakan salah satu jenis limbah yang sangat berbahaya jika dibuang langsung ke lingkungan. Limbah industri tekstil yang mengandung pewarna dan bahan kimia memiliki karakteristik yang kompleks dan sulit diuraikan secara alami, sehingga dapat menimbulkan dampak negatif yang serius terhadap ekosistem dan kesehatan manusia jika tidak dikelola dengan baik. (Al-Tohamy dkk., 2022). Salah satu zat pewarna sintetis yang dapat merusak lingkungan adalah *methylene blue* (Sarkar Phyllis dkk., 2022).

Methylene blue merupakan senyawa pewarna sintetis yang banyak digunakan dalam industri tekstil, laboratorium, dan aplikasi medis. Senyawa ini memiliki rumus molekul $C_{16}H_{18}ClN_3S$ dan tergolong dalam kelompok *thiazine*, dengan struktur kimia berupa cincin aromatik fenotiazin yang mengandung atom nitrogen dan sulfur serta dua gugus dimetilamino ($-N(CH_3)_2$) menyebabkan *methylene blue* sangat stabil dalam perairan dan sulit terurai (Oladoye dkk., 2022). Ketika zat-zat ini masuk ke perairan mereka dapat mengganggu keseimbangan ekosistem air, membunuh organisme akuatik, dan merusak kualitas air sehingga tidak layak untuk konsumsi atau keperluan pertanian (Dakhil & Ali, 2021).

Salah satu metode yang menjanjikan untuk mengatasi limbah pewarna ini adalah proses fotokatalisis. Fotokatalisis yaitu reaksi kimia yang memanfaatkan

cahaya dan bahan semikonduktor untuk menghasilkan radikal bebas yang dapat menghancurkan molekul zat warna secara efisien (Z. Wang dkk., 2025;Din dkk., 2021). Semikonduktor adalah material dengan konduktivitas listrik yang berada di antara konduktor dan isolator serta memiliki sifat penghantaran listrik yang dapat dikendalikan melalui cahaya, panas, atau doping (Si dkk., 2020). Semikonduktor memainkan peran penting dalam berbagai bidang mulai dari elektronik (seperti dioda, transistor, dan sel surya) hingga lingkungan, terutama dalam pengolahan limbah industri (fotokatalis). Sebagai fotokatalis semikonduktor yang umum digunakan seperti titanium dioksida (TiO_2), *zinc oxide* (ZnO), dan karbon dot (KD). Penelitian ini menggunakan semikonduktor karbon dot (KD) yang memiliki keunggulan dalam menyerap cahaya dan membentuk pasangan elektron-hole yang kemudian memicu reaksi kimia untuk menghancurkan senyawa pencemar termasuk zat pewarna berbahaya dalam limbah industri (Kong dkk., 2024).

Karbon dot (KD) adalah semikonduktor karbon berukuran kurang dari 10 nm yang memiliki sifat optik luar biasa seperti fluoresensi tinggi, kestabilan kimia yang baik, dan kemampuan transfer elektron yang tinggi (H. L. Yang dkk., 2023). Keunggulan utama dari KD meliputi intensitas fluoresensi yang kuat, biokompatibilitas, dan toksisitas yang rendah (Chu dkk., 2019). Oleh karena itu, sifat-sifat unggul ini menjadikan KD sangat potensial untuk digunakan sebagai fotokatalis terutama dalam aplikasi degradasi zat warna (*dye degradation*) dalam air limbah yang dapat membantu mengatasi masalah pencemaran lingkungan secara efektif.

Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan sintesis karbon dot sebagai fotokatalis salah satunya penelitian oleh Kusumandari dkk., (2024) menunjukkan

bahwa karbon dot (KD) dapat digunakan sebagai fotokatalis untuk menguraikan warna *methylene blue* dalam air limbah. KD disintesis dari urea dan asam sitrat dengan bantuan katalis AgNPs melalui metode *microwave bottom-up*, menghasilkan partikel kecil dengan sifat fluoresensi dan kemampuan menyerap cahaya UV-Vis. Namun, penggunaan AgNPs memiliki kelemahan, yaitu potensi reaksi sampingan dan pencemaran lingkungan akibat nanopartikel yang lepas, yang dapat berdampak negatif pada ekosistem dan kesehatan manusia, serta menurunkan keberlanjutan aplikasi fotokatalitik (Kusumandari dkk., 2024).

Meskipun penelitian mengenai karbon dot terdoping nitrogen telah banyak dilakukan, masih terdapat beberapa tantangan, seperti penggunaan struktur hibrida atau bantuan logam yang kurang ramah lingkungan, serta belum dipahaminya secara menyeluruh hubungan antara kandungan nitrogen, struktur elektronik, dan kinerja fotokatalitik. Selain itu, studi sistematis pada sistem bebas logam yang mengkaji keterkaitan komposisi prekursor, keadaan permukaan, dan kinetika fotokatalitik masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mensintesis karbon dot terdoping nitrogen bebas logam melalui metode solvothermal menggunakan asam sitrat dan urea sebagai sumber karbon dan nitrogen (Egorova dkk., 2020). Dengan variasi rasio molar untuk mengontrol kandungan nitrogen, ukuran partikel, dan gugus fungsi permukaan. Fokus penelitian ini adalah variasi konsentrasi urea, karena peningkatannya dapat meningkatkan laju reaksi fotokatalitik melalui penambahan situs aktif. Namun, pada konsentrasi tertentu kelebihan urea dapat menurunkan kinerja akibat aglomerasi partikel dan hamburan cahaya yang berlebihan (F. Zhang dkk., 2019; Enzweiler dkk., 2020).

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Limbah industri *methylene blue* bersifat toxic, sehingga mencemari perairan.
2. Belum diketahui secara pasti seberapa efektif karbon dot hasil sintesis solvothermal dalam mendegradasi *methylene blue* sebagai zat warna berbahaya.

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka perlu dilakukan beberapa Batasan masalah sebagai berikut:

1. Hanya menggunakan limbah industri *methylene blue*
2. Sintesis karbon dot menggunakan metode solvothermal.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka peneliti merumuskan beberapa masalah diantaranya:

1. Bagaimana sintesis karbon dot terdoping nitrogen bebas logam dengan asam sitrat dan urea secara ramah lingkungan, serta pengaruh rasio urea terhadap sifat optik dan efisiensi fotokatalitiknya?
2. Bagaimana efektifitas karbon dot (optimum) dalam medegradasi zat warna?

E. Tujuan Penelitian.

Tujuan diadakan penelitian ini adalah:

1. Mensintesis karbon dot terdoping nitrogen bebas logam melalui metode solvothermal menggunakan asam sitrat dan urea sebagai sumber karbon dan nitrogen
2. Mengetahui efektivitas karbon dot terdoping nitrogen pada kondisi optimum hasil sintesis dalam mendegradasi *methylene blue* sebagai zat warna berbahaya.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh rasio urea–asam sitrat terhadap sifat optik Karbon dot
2. Memberikan informasi mengenai karbon dot terdoping nitrogen sebagai fotokatalis ramah lingkungan dan bebas logam dalam degradasi zat warna berbahaya.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

1. Karbon dots berhasil disintesis dengan metode solvothermal sederhana tanpa logam menggunakan asam sitrat dan urea. Rasio urea terhadap asam sitrat berperan penting dalam mengontrol sifat optik dan kinerja material, dengan rasio optimal 1:5 menghasilkan PLQY sangat tinggi (92,88%) karena keseimbangan antara doping nitrogen dan passivasi permukaan.
2. Karbon dots menunjukkan efektivitas fotokatalitik yang tinggi dalam mendegradasi *Methylene blue* di bawah sinar UV 405 nm, dengan efisiensi degradasi mencapai 87,99%. Proses degradasi mengikuti kinetika orde semu pertama, yang menunjukkan bahwa karbon dots bekerja secara efektif. Hal ini membuktikan bahwa karbon dots tanpa logam berpotensi sebagai fotokatalis ramah lingkungan untuk pengolahan limbah cair.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk mengeksplorasi lebih lanjut parameter sintesis seperti suhu, waktu reaksi, dan jenis pelarut guna memperoleh kondisi optimum pembentukan karbon dot terdoping nitrogen (N-CDs). Selain itu, penggunaan sumber nitrogen lain dapat dipertimbangkan untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat optik dan fotoluminesensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Mutalib, M., Rahman, M. A., Othman, M. H. D., Ismail, A. F., & Jaafar, J. (2017). Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy-Dispersive X-Ray (EDX) Spectroscopy. In *Membrane Characterization*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63776-5.00009-7>
- Al-Amin, K., Kawsar, M., Mamun, M. T. R. B., & Sahadat Hossain, M. (2025). Fourier transform infrared spectroscopic technique for analysis of inorganic materials: a review. *Nanoscale Advances*, 6677–6702. <https://doi.org/10.1039/d5na00522a>
- Al-Tohamy, R., Ali, S. S., Li, F., Okasha, K. M., Mahmoud, Y. A. G., Elsamahy, T., Jiao, H., Fu, Y., & Sun, J. (2022). A critical review on the treatment of dye-containing wastewater: Ecotoxicological and health concerns of textile dyes and possible remediation approaches for environmental safety. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113160. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.113160>
- Albayati, T. M., Sabri, A. A., & Alazawi, R. A. (2016). Separation of Methylene Blue as Pollutant of Water by SBA-15 in a Fixed-Bed Column. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(7), 2409–2415. <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1867-7>
- Aliofkhazraei, M. (2015). Handbook of nanoparticles. In *Handbook of Nanoparticles*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-15338-4>
- Chai, J., Zhang, K., Xue, Y., Liu, W., Chen, T., Lu, Y., & Zhao, G. (2020). Review of mems based fourier transform spectrometers. *Micromachines*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/mi11020214>
- Chu, K. W., Lee, S. L., Chang, C. J., & Liu, L. (2019). Recent progress of carbon dot precursors and photocatalysis applications. *Polymers*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/polym11040689>
- Dager, A., Uchida, T., Maekawa, T., & Tachibana, M. (2019). Synthesis and characterization of Mono-disperse Carbon Quantum Dots from Fennel Seeds: Photoluminescence analysis using Machine Learning. *Scientific Reports*, 9(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50397-5>
- Dakhil, I. H., & Ali, A. H. (2021). Adsorption of methylene blue dye from industrial wastewater using activated carbon prepared from agriculture wastes. *Desalination and Water Treatment*, 216, 372–378. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.26802>
- Deng, Y., Chen, M., Chen, G., Zou, W., Zhao, Y., Zhang, H., & Zhao, Q. (2021). Visible-Ultraviolet Upconversion Carbon Quantum Dots for Enhancement of the Photocatalytic Activity of Titanium Dioxide. *ACS Omega*, 6(6), 4247–4254. <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c05182>
- Din, M. I., Khalid, R., Najeeb, J., & Hussain, Z. (2021). Fundamentals and photocatalysis of methylene blue dye using various nanocatalytic assemblies-a critical review. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126567.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126567>

- Domingo-Tafalla, B., Martínez-Ferrero, E., Franco, F., & Palomares-Gil, E. (2022). Applications of Carbon Dots for the Photocatalytic and Electrocatalytic Reduction of CO₂. *Molecules*, 27(3), 1–27. <https://doi.org/10.3390/molecules27031081>
- Ebi Ebi, O., Falilat Taiwo, A., & Tunde Folorunsho, A. (2018). Kinetic Modelling of the Biosorption of Methylene Blue onto Wild Melon (*Lagenariasphaerica*). *American Journal of Chemical Engineering*, 6(6), 126–134. <https://doi.org/10.11648/j.ajche.20180606.12>
- Egorova, M. N., Kapitonov, A. N., Alekseev, A. A., & Obraztsova, E. A. (2020). Properties of Carbon Dots Synthesized Solvothermally from Citric Acid and Urea. *Journal of Structural Chemistry*, 61(5), 811–817. <https://doi.org/10.1134/S0022476620050182>
- Enzweiler, H., Yassue-Cordeiro, P. H., Schwaab, M., Barbosa-Coutinho, E., Olsen Scaliante, M. H. N., & Fernandes, N. R. C. (2020). Catalyst concentration, ethanol content and initial pH effects on hydrogen production by photocatalytic water splitting. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 388. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2019.112051>
- Farkas, N., & Kramar, J. A. (2021). Dynamic light scattering distributions by any means. *Journal of Nanoparticle Research*, 23(5). <https://doi.org/10.1007/s11051-021-05220-6>
- Fiedler, S., Frenzel, F., Würth, C., Tavernaro, I., Grüne, M., Schweizer, S., Engel, A., & Resch-Genger, U. (2024). Interlaboratory Comparison on Absolute Photoluminescence Quantum Yield Measurements of Solid Light Converting Phosphors with Three Commercial Integrating Sphere Setups. *Analytical Chemistry*, 96(17), 6730–6737. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.4c00372>
- Fries, F., & Reineke, S. (2019). Statistical treatment of Photoluminescence Quantum Yield Measurements. *Scientific Reports*, 9(1), 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-51718-4>
- Gerasimov, A. M., Eremina, O. V., Cherkasova, M. V., & Dmitriev, S. V. (2021). Application of particle-size analysis in various industries. *Journal of Physics: Conference Series*, 1728(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1728/1/012003>
- Han, W., Zheng, M., Banerjee, A., Luo, Y. Z., Shen, L., & Khursheed, A. (2020). Quantitative material analysis using secondary electron energy spectromicroscopy. *Scientific Reports*, 10(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78973-0>
- Hu, J., & Zhang, C. Y. (2013). Simple and accurate quantification of quantum yield at the single-molecule/particle level. *Analytical Chemistry*, 85(4), 2000–2004. <https://doi.org/10.1021/ac3036487>
- Ikram, Z., Azmat, E., & Perviaz, M. (2024). Degradation Efficiency of Organic

- Dyes on CQDs As Photocatalysts: A Review. *ACS Omega*, 9(9), 10017–10029. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c09547>
- Kamal, A., Hong, S., & Ju, H. (2025). Carbon Quantum Dots: Synthesis, Characteristics, and Quenching as Biocompatible Fluorescent Probes. *Biosensors*, 15(2), 1–19. <https://doi.org/10.3390/bios15020099>
- Kaur, I., Batra, V., Bogireddy, N. K. R., Baveja, J., Kumar, Y., & Agarwal, V. (2024). Chemical- and green-precursor-derived carbon dots for photocatalytic degradation of dyes. *IScience*, 27(2), 108920. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.108920>
- Kong, J., Wei, Y., Zhou, F., Shi, L., Zhao, S., Wan, M., & Zhang, X. (2024). *Carbon Quantum Dots: Properties, Preparation, and Applications*.
- Kusumandari, K., Prasasti, R. I., & Isnaeni, I. (2024). Enhancement of Photocatalytic Properties of Carbon Dot Supported by AgNPs for Methylene Blue Degradation. *Evergreen*, 11(3), 2071–2080. <https://doi.org/10.5109/7236852>
- Liang, Z., Kang, M., Payne, G. F., Wang, X., & Sun, R. (2016). Probing Energy and Electron Transfer Mechanisms in Fluorescence Quenching of Biomass Carbon Quantum Dots. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 8(27), 17478–17488. <https://doi.org/10.1021/acsami.6b04826>
- Mmelesi, O. K., Mguni, L. L., Li, F. tang, Nkosi, B., & Liu, X. (2024). Recent development in fluorescent carbon quantum dots-based photocatalysts for water and energy applications. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 181(June), 108661. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2024.108661>
- Mohamed, M. A., Jaafar, J., Ismail, A. F., Othman, M. H. D., & Rahman, M. A. (2017). Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. In *Membrane Characterization*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63776-5.00001-2>
- Najjar, M., Nasser, M. A., Allahresani, A., & Darroudi, M. (2023). Green Synthesis of Fluorescent Carbon Dots from Ocimum basilicum L. Seed and Their Application as Effective Photocatalyst in Pollutants Degradation. *Journal of Cluster Science*, 34(3), 1569–1581. <https://doi.org/10.1007/s10876-022-02339-x>
- Oladoye, P. O., Ajiboye, T. O., Omotola, E. O., & Oyewola, O. J. (2022). Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater. *Results in Engineering*, 16(September), 100678. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100678>
- Pallavi, K., Mallikarjuna, B., Abhinash, M., Raju, R. R., & Madhavi, N. (2024). *African Journal of Biological Sciences Photocatalytic Degradation Of Methylene Blue And Eosin Yellow And Antioxidant Properties Of Carbon Quantum Dots (Cqds) Derived From Waltheria Indica*. 6, 340–352. <https://doi.org/10.48047/AFJBS.6.Si1.2024.340-352>
- Sahu, S., Pahi, S., Sahu, J. K., Sahu, U. K., & Patel, R. K. (2020). Kendu (Diospyros

- melanoxydon Roxb) fruit peel activated carbon—an efficient bioadsorbent for methylene blue dye: equilibrium, kinetic, and thermodynamic study. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(18), 22579–22592. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08561-2>
- Sarkar Phyllis, A. K., Tortora, G., & Johnson, I. (2022). Photodegradation. *The Fairchild Books Dictionary of Textiles*. <https://doi.org/10.5040/9781501365072.12105>
- Schmidt, T. F., Caseli, L., Oliveira, O. N., & Itri, R. (2015). Binding of methylene blue onto langmuir monolayers representing cell membranes may explain its efficiency as photosensitizer in photodynamic therapy. *Langmuir*, 31(14), 4205–4212. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.5b00166>
- Shabbir, H., Csapó, E., & Wojnicki, M. (2023). Carbon Quantum Dots: The Role of Surface Functional Groups and Proposed Mechanisms for Metal Ion Sensing. *Inorganics*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/inorganics11060262>
- Si, Q. S., Guo, W. Q., Wang, H. Z., Liu, B. H., & Ren, N. Q. (2020). Carbon quantum dots-based semiconductor preparation methods, applications and mechanisms in environmental contamination. *Chinese Chemical Letters*, 31(10), 2556–2566. <https://doi.org/10.1016/j.cclet.2020.08.036>
- Strauss, V., Wang, H., Delacroix, S., Ledendecker, M., & Wessig, P. (2020). Carbon nanodots revised: The thermal citric acid/urea reaction. *Chemical Science*, 11(31), 8256–8266. <https://doi.org/10.1039/d0sc01605e>
- Syahrizal, Y. A., Budiman, S., & Beri, D. (2025). A budget-friendly integrating sphere for reliable quantum yield characterization of fluorescent solutions. *Next Materials*, 9(May), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.nxmte.2025.101057>
- Taheri, Z., Mirjalili, M. H., Shahsavarani, H., Ghassempour, A., & Rahmandoust, M. (2025). Single-step synthesized carbon quantum dots from Centella asiatica hairy roots: Photoluminescent, biocompatibility, antibacterial and anticancer activity. *Industrial Crops and Products*, 229(April), 120999. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2025.120999>
- Wang, H., Zhang, Z., Yan, Q., Zhang, C., Xing, Y., Xiong, Y., Zhang, F., & Wang, Z. (2020). Highly Luminescent Solid-State Carbon Dots Embedded in a Boric Acid Matrix. *ChemistrySelect*, 5(44), 13969–13973. <https://doi.org/10.1002/slct.202004009>
- Wang, Z., Changotra, R., Dasog, M., Singh Selopal, G., Yang, J., & He, Q. S. (2025). Carbon quantum dots: Synthesis via hydrothermal processing, doping strategies, integration with photocatalysts, and their application in photocatalytic hydrogen production. *Sustainable Materials and Technologies*, 44(April), e01386. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2025.e01386>
- Yang, H. L., Bai, L. F., Geng, Z. R., Chen, H., Xu, L. T., Xie, Y. C., Wang, D. J., Gu, H. W., & Wang, X. M. (2023). Carbon quantum dots: Preparation, optical properties, and biomedical applications. *Materials Today Advances*, 18, 100376. <https://doi.org/10.1016/j.mtadv.2023.100376>

- Zhang, F., Wang, X., Liu, H., Liu, C., Wan, Y., Long, Y., & Cai, Z. (2019). Recent advances and applications of semiconductor photocatalytic technology. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/app9122489>
- Zhang, Y., Yang, F., Liu, C., Hou, D., Zheng, Y., Gao, H., Sun, H., & Lin, X. (2024). Solid-State Fluorescent Carbon Dots with Hydrophobic Modification Induced Red Emission for White Light-Emitting Diodes. *Inorganic Chemistry*. <https://doi.org/10.1021/acs.inorgchem.4c03150>
- Zhao, D., Liu, X., Wei, C., Qu, Y., Xiao, X., & Cheng, H. (2019). One-step synthesis of red-emitting carbon dots: Via a solvothermal method and its application in the detection of methylene blue. *RSC Advances*, 9(51), 29533–29540. <https://doi.org/10.1039/c9ra05570c>