



**ANALISIS STANDAR MUTU AIR HASIL PROSES
FOTOKATALIS *CARBON DOTS* BERBAHAN DASAR
MINYAK JELANTAH**

Skripsi

disusun dalam rangka penyelesaian Studi Strata 1

untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika

oleh

Pradita Ajeng Wiguna

4211412011

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG**

2016

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang ujian skripsi Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Semarang, 11 Mei 2016

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si

NIP. 19810815 200312 1 003



Dr. Sulhadi, M.Si

NIP. 19710816 199802 1 001

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa yang tertulis dalam skripsi ini benar-benar hasil karya saya, bukan jiplakan dan karya tulis orang lain, baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, 11 Mei 2016



Pradita Ajeng Wiguna

NIM. 4211412011

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Analisis Standar Mutu Air Hasil Proses Fotokatalis *Carbon Dots* Berbahan
Dasar Minyak Jelantah

disusun oleh

Pradita Ajeng Wiguna

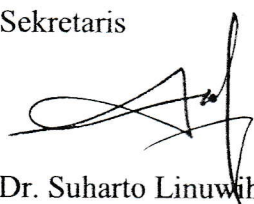
4211412011

telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada
tanggal



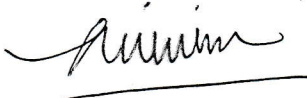
Panitia
Ketua
Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si, Akt
NIP. 19641223 198803 1 001

Sekretaris



Dr. Suharto Linuwih, M.Si.
NIP. 19680714 199603 1 005

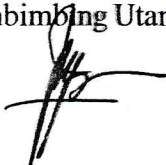
Ketua Penguji



Dr. Putut Marwoto, M.S.
NIP. 19630821 198803 1 004

Anggota Penguji/

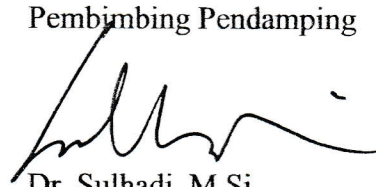
Pembimbing Utama



Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si
NIP. 19810815 200312 1 003

Anggota Penguji/

Pembimbing Pendamping



Dr. Sulhadi, M.Si
NIP. 19710816 199802 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

Barangsiapa menempuh suatu jalan dalam rangka mencari ilmu maka Allah akan tunjukkan baginya salah satu jalan dari jalan-jalan menuju ke surga. Sesungguhnya malaikat meletakkan sayap-sayap mereka sebagai bentuk keridhaan terhadap penuntut ilmu.

(HR. Abu Dawud)

Always do your best. What you plant now, you will harvest later. (Og Mandino)

PERSEMBAHAN

Untuk Bapak, Mamah, Tete, dan Adikku

Keluarga Besarku

Bapak-Ibu Dosen

Kru Fisika Material

Fisika 2012

Almamatarku

PRAKATA

Assalamu'alaikum wr. wb.

Alhamdulillahirabbil'alamiin, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga diberikan kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam selalu tercurah kepada baginda Rasulullah SAW beserta keluarga, sahabat, dan orang-orang yang mengikuti risalah beliau hingga akhir zaman.

Alhamdulillah, setelah melalui perjuangan yang begitu panjang dengan berbagai kendala, akhirnya atas izin-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "**Analisis Standar Mutu Air Hasil Proses Fotokatalis Carbon Dots Berbahan Dasar Minyak Jelantah**" dengan lancar. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata Satu Program Studi Fisika di Jurusan Fisika, Universitas Negeri Semarang dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Sains.

Terselesaikannya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si., selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu untuk selalu memberikan masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
2. Dr. Sulhadi, M.Si., selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu untuk selalu memberikan masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.

3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si., selaku ketua jurusan Fisika yang telah memberikan dukungan dan bantuannya selama penyusunan skripsi ini.
4. Dr. Khumaedi, M.Si., selaku dosen wali yang senantiasa membimbing dan memberikan motivasi selama masa perkuliahan.
5. Asisten Laboratorium Fisika, R. Muttaqqin, S.Si., Wasi Sakti Wiwit P., S.Pd., Natalia Erna S., S.Pd., dan Nurseto yang telah membantu selama proses penelitian skripsi ini.
6. Bapak dan Mamah tercinta atas segala doa yang selalu dipanjatkan kepadanya, semangat yang mengalir tiada henti, kesabaran yang selalu tercurah dan dukungan moril maupun materil yang tak henti-hentinya diberikan, kalianlah motivasi dan semangat terbesarku.
7. Kakak dan Adikku tersayang, Gita Eka Prasetya dan Ichfan Bachtiar Azhar yang selalu menjadi penyemangat dan penghibur dikala suka duka.
8. Keluarga besarku yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan doa.
9. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Fisika Terapan, Nita Rosita, Susanto, dan Khoirun Nisa'. Terima kasih atas dukungan yang luar biasa dan pengetahuan dalam penelitian ini.
10. Kru Fisika Material, Reza, Mudah, Farida, Sapta, Fandi, Yani, Sobi, Margi, Rofi, Dek Devin, Dek Aan, Dek Nisa, Mba Tyas, dan Mba Dika yang telah memberikan warna dan keceriaan yang membangun semangat untuk mendukung penyusunan skripsi ini.

11. Teman-teman pejuang skripsi, Pamungkas Jati, Budi Antony S, terimakasih atas dukungan dan canda tawa yang membangun kesemangatan dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Teman-teman Fisika 2012, terimakasih atas kerjasama dan kebersamaannya selama 4 tahun ini, semoga kekeluargaan ini tetap terjaga selamanya.
13. Teman-teman kos, Erien, Fita, De Danis, De Mail, terimakasih untuk kebersamaannya menjadi teman diskusi dan berkeluh kesah selama ini.
14. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini. Semoga amal dan budi baiknya mendapat balasan dari Allah SWT.

Penulis juga memohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini banyak kekurangan dan kesalahan, serta jauh dari sempurna, karena banyaknya keterbatasan yang dimiliki penulis. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat baik bagi penulis sendiri maupun bagi pembaca sekalian, dan juga penulis mengharapkan saran dan kritik demi menyempurnakan kajian ini. Semoga penelitian yang telah dilakukan dapat menjadikan sumbasih bagi kemajuan dunia riset Indonesia. Amiin.

Wassalamu 'alaikum wr. wb.

Semarang, April 2016

Penulis

ABSTRAK

Wiguna, P. A. 2016. *Analisis Standar Mutu Air Hasil Proses Fotokatalis Carbon Dots Berbahan Dasar Minyak Jelantah*. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing I: Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si., Pembimbing II: Dr. Sulhadi, M.Si.

Kata kunci: Minyak Jelantah, C-Dots, *Methylene Blue*, Fotokatalis, Air.

Analisis standar mutu air hasil proses fotokatalis menggunakan C-Dots dari minyak jelantah telah dilakukan. C-Dots dihasilkan dari proses pemanasan minyak goreng pada temperatur 300°C selama 2 jam. Uji fotokatalis C-Dots pada limbah sintetik *methylene blue* dilakukan dengan bantuan panas sinar matahari menggunakan variasi fraksi C-Dots, konsentrasi *methylene blue* dan waktu pemanasan di bawah sinar matahari. Analisis standar mutu air hasil proses fotokatalis diestimasi dari tingkat rejeksi polutan menggunakan spektrum absorbansi larutan hasil fotokatalis dan derajat keasaman larutan. Hasil proses fotokatalis menunjukkan adanya perubahan warna larutan *methylene blue* dari warna biru pekat hingga larutan tidak berwarna. Pengukuran spektrum absorbansi larutan menunjukkan nilai puncak serapan *methylene blue* semakin menurun. Tingkat rejeksi polutan *methylene blue* yang dihasilkan mencapai nilai 96% yang menunjukkan bahwa partikel *methylene blue* di dalam larutan telah terdegradasi dengan baik. Analisis derajat keasaman larutan hasil uji fotokatalis menunjukkan bahwa larutan berada pada kondisi basa. Kadar pH larutan uji fotokatalis menggunakan C-Dots berubah dari pH awal larutan yaitu dari pH 8,8 hingga 8,2. Hal tersebut disebabkan pada saat proses fotokatalis jumlah ion H⁺ di dalam larutan semakin tinggi.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB	
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Permasalahan.....	5
1.3. Pembatasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	6
1.6. Sistematika Skripsi.....	6
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Standar Mutu Air.....	8

2.2. Minyak Goreng.....	9
2.3. C-Dots (<i>Carbon Dots</i>) Minyak Goreng.....	12
2.4. Fotokatalis.....	18
2.5. <i>Methylene Blue</i>	23
3. METODE PENELITIAN.....	27
3.1. Tahap Persiapan Pengujian.....	28
3.2. Uji Kinerja Fotokatalis.....	29
3.3. Karakterisasi Hasil Fotokatalis.....	30
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1. Uji Kinerja Fotokatalis.....	33
4.2. Hasil Uji Kinerja Fotokatalis.....	37
4.2.1. Variasi Fraksi C-Dots.....	37
4.2.2. Variasi Konsentrasi <i>Methylene Blue</i>	38
4.2.3. Variasi Waktu Pemanasan.....	39
4.3. Analisis Standar Mutu Air.....	42
4.3.1. Tingkat Rejeksi Polutan.....	42
4.3.2. Derajat Keasaman (pH)	56
5. PENUTUP.....	59
5.1. Simpulan.....	59
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Parameter Standar Mutu Air di Perairan Umum.....	64
4.1 Variasi fraksi C-Dots (ℓ/A).....	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Skema proses terbentuknya akrolein.....	11
2.2. Pemanfaatan C-Dots dalam berbagai bidang teknologi (Li <i>et al.</i> , 2012)	13
2.3. Skema pembentukan struktur nanopartikel (Suneel, 2014)	14
2.4. Ilustrasi pembuatan C-Dots dari (a) jahe, (b) bawang putih, dan (c) sari jeruk (Li <i>et al.</i> , 2014; Zhao <i>et al.</i> , 2015; Sahu <i>et al.</i> , 2012)	15
2.5. Ilustrasi pembuatan C-Dots dari minyak jelantah (Aji <i>et al.</i> , 2015)	15
2.6. Spektrum transmitansi minyak goreng hasil pemanasan T 300°C (Aji <i>et al.</i> , 2015)	16
2.7. Kurva koefisien absorpsi dari minyak jelantah T 100°C(Aji <i>et al.</i> , 2015)	17
2.8. Ilustrasi proses (a) fotokatalis dan (b) fotosintesis (Nosaka & Nosaka, 2013)	19
2.9. Skema reaksi yang terjadi pada proses fotokatalis C-Dots (Aji <i>et al.</i> , 2015)	20
2.10. Spektrum absorbansi larutan <i>methylene blue</i> hasil uji fotokatalis menggunakan C-Dots sebagai material fotokatalis (Aji <i>et al.</i> , 2015)....	23
2.11. Struktur kimia <i>methylene blue</i> (Hajian <i>et al.</i> , 2009)	24
2.12. Serbuk <i>methylene blue</i> berwarna hijau tua menjadi berwarna biru tua saat dilarutkan dalam air.....	24
2.13. Spektrum absorbansi <i>methylene blue</i> (Whang <i>et al.</i> , 2009)	26
3.1. Diagram alir proses penelitian.....	28
3.2. Serbuk <i>methylene blue</i> yang telah dilarutkan.....	29

4.1. (a) Minyak goreng sebelum pemanasan dan (b) Minyak goreng setelah pemanasan.....	31
4.2. Uji kinerja fotokatalis C-Dots terhadap limbah sintetik <i>methylene blue</i> dengan variasi fraksi C-Dots.....	33
4.3. Uji kinerja fotokatalis C-Dots terhadap limbah sintetik <i>methylene blue</i> dengan variasi konsentrasi <i>methylene blue</i> (a) dilapisi C-Dots dan (b) tanpa dilapisi C-Dots, pada 15 jam waktu pemanasan.....	35
4.4. Grafik intensitas sinar matahari (I), temperatur (T), dan kelembaban udara (H)	36
4.5. Hasil uji kinerja fotokatalis limbah sintetik <i>methylene blue</i> selama 20 jam dengan variasi fraksi C-Dots	37
4.6. Hasil uji kinerja fotokatalis dengan variasi konsentrasi <i>methylene blue</i> 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm selama 20 jam (a) tanpa dilapisi C-Dots dan (b) dilapisi C-Dots 0,038 mm ⁻¹	38
4.7. Hasil uji kinerja fotokatalis larutan <i>methylene blue</i> 40 ppm dengan variasi waktu pemanasan 0 jam, 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam, 25 jam, 30 jam (a) tanpa dilapisi C-Dots dan (b) dilapisi C-Dots 0,038 mm ⁻¹	40
4.8. Spektrum absorbansi (a) <i>methylene blue</i> dan (b) hasil uji fotokatalis dengan variasi fraksi C-Dots.....	45
4.9. Ilustrasi material fotokatalis C-Dots dengan perbedaan fraksi (ketebalan) C-Dots di atas permukaan larutan <i>methylene blue</i> (Aji <i>et al.</i> , 2015)	46
4.10. Distribusi nilai rejeksi larutan <i>methylene blue</i> hasil uji fotokatalis dengan variasi fraksi C-Dots.....	47

4.11. Spektrum absorbansi hasil uji fotokatalis dengan variasi konsentrasi <i>methylene blue</i> selama 20 jam (a) tanpa dilapisi C-Dots dan (b) dilapisi C-Dots.....	49
4.12. Distribusi nilai rejeksi larutan <i>methylene blue</i> hasil uji fotokatalis dengan variasi konsentrasi <i>methylene blue</i>	50
4.13. Spektrum absorbansi hasil uji fotokatalis dengan variasi waktu pemanasan (a) tanpa dilapisi C-Dots dan (b) dilapisi C-Dots.....	52
4.14. Distribusi nilai rejeksi larutan <i>methylene blue</i> hasil uji fotokatalis dengan variasi waktu pemanasan	54
4.15. Kurva hubungan antara derajat keasaman dengan (a) Konsentrasi <i>methylene blue</i> dan (b) Waktu pemanasan.....	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Parameter Standar Mutu Air di Perairan Umum (PP No.20 Tahun 1990).....	64
2. Hasil pengukuran spektrum absorbansi larutan <i>methylene blue</i> hasil uji fotokatalis.....	66
3. Dokumentasi penelitian.....	79

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan salah satu kebutuhan dasar manusia yang memegang peranan penting dalam mendukung keberlangsungan hidup manusia. Badan dunia UNESCO telah menetapkan hak dasar manusia atas air yaitu sebesar 60 ltr/org/hari. Tingginya pertumbuhan penduduk dan industri saat ini membuat kecenderungan konsumsi air semakin tinggi diperkirakan akan terus naik hingga 15% - 35% per kapita per tahun. Sebaliknya, ketersediaan air bersih cenderung berkurang akibat kerusakan alam dan pencemaran sumber-sumber air oleh limbah-limbah organik maupun anorganik.

Air memiliki sifat sebagai pelarut yang baik sehingga dapat dengan mudah melarutkan bahan-bahan organik sisa pembuangan (limbah). Bahan-bahan organik yang larut dalam air akan mengalami penguraian dan pembusukkan. Peristiwa inilah yang menyebabkan air menjadi tercemar. Pencemaran tersebut mengakibatkan kadar oksigen dalam air menjadi turun sangat drastis yang menyebabkan matinya biota air. Beberapa ciri yang menunjukkan bahwa air tersebut tercemar dapat dilihat secara kualitatif dari warna, viskositas dan bau. Tingkat konsumsi air yang sangat tinggi menuntut upaya yang dilakukan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan air tersebut, salah satu upayanya adalah menjernihkan air yang telah tercemar.

Teknik penjernihan air yang sudah banyak dilakukan antara lain pengolahan secara oksidasi dengan klorin, metode filtrasi dengan menggunakan komposit berpori dari *clay*, karbon aktif, dan komposit *clay-silver/zeolit*, serta metode *flocculation*, *reverse osmosis* dan *ultrafiltration* (Masturi *et al.*, 2012; Lotfy *et al.*, 2012; Petrik *et al.*, 2012). Terdapat beberapa kelemahan dari teknik penjernihan air tersebut, misalnya untuk metode filtrasi menggunakan komposit berpori dari *clay* dalam pembuatannya membutuhkan suhu pembakaran yang sangat tinggi $T = 900^{\circ}\text{C} - 1200^{\circ}\text{C}$ dan hanya bisa digunakan untuk menyaring polutan yang berukuran masih besar karena nilai permeabilitasnya pada orde $\sim 10^{-17} \text{ m}^2$ hingga $\sim 10^{-15} \text{ m}^2$ (Masturi *et al.*, 2012). Teknik penjernihan air seperti *flocculation*, *reverse osmosis* dan *ultrafiltration* merupakan teknik penjernihan air yang membutuhkan biaya yang relatif mahal.

Salah satu teknik penjernihan air yang sekarang banyak dikaji oleh para peneliti adalah teknik fotokatalisis menggunakan material semikonduktor sebagai katalis. Beberapa kelebihan teknik fotokatalisis dibandingkan dengan metode lainnya adalah (1) sifat oksidasinya kuat; (2) tidak membentuk senyawa baru yang beracun; (3) ikatan kimianya stabil terhadap cahaya; (4) tidak larut dalam air; (5) mendegradasi polutan yang terlarut dalam air; dan (6) biayanya yang relatif lebih murah dan prosesnya sederhana (Aliah *et al.*, 2012).

Mekanisme proses fotokatalis terjadi saat foton dari pancaran sinar matahari menumbuk material fotokatalis yang menyebabkan elektron tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi membentuk pasangan elektron dan *hole*. Elektron dan *hole* yang dihasilkan akan bereaksi dengan air (H_2O) dan oksigen (O_2) dan

menghasilkan radikal bebas untuk mendekomposisi polutan organik. Salah satu material semikonduktor yang banyak digunakan dalam proses fotokatalis adalah titanium dioksida (TiO_2). Performa TiO_2 teramati sangat baik sebagai katalis pada proses fotokatalis untuk polutan organik (Arutanti *et al.*, 2009; Lestari *et al.*, 2015). Material fotokatalis dapat efektif sebagai katalis pada proses fotokatalis jika memperoleh sinar matahari atau sinar UV secara langsung. TiO_2 memiliki densitas yang jauh lebih besar dari densitas air yaitu $4,32 \text{ g/cm}^3$, sehingga TiO_2 memerlukan modifikasi dengan cara immobilisasi partikel TiO_2 pada polimer dengan densitas yang rendah dan transparan (Aliah *et al.*, 2012; Isnaeni *et al.*, 2011). Modifikasi tersebut dilakukan agar partikel TiO_2 dapat mengapung di atas permukaan air dan menerima sinar matahari secara langsung. Proses immobilisasi partikel TiO_2 menjadi salah satu permasalahan yang kompleks karena diperlukan kondisi dan perekat yang sangat baik agar filtrat dan katalis tidak tercampur. Kelemahan lain dari bahan TiO_2 adalah termasuk bahan anorganik yang tidak ramah lingkungan dan dapat menjadi polutan dalam proses penjernihan air.

Salah satu bahan lain yang memiliki sifat fotokatalis adalah C-Dots (*carbon dots*). C-Dots merupakan material baru di kelas nanomaterial karbon yang kini menjadi daya tarik bagi banyak peneliti karena memiliki potensi di bidang aplikasi yang sangat luas seperti *bioimaging*, *sensor*, *ink*, *drug delivery*, optoelektronik dan fotokatalis (Li *et al.*, 2012). C-Dots dapat dihasilkan secara sederhana dari bahan organik seperti kedelai, jeruk, jahe, dan bawang putih melalui proses *hydrothermal* (Zhu *et al.*, 2012; Sahu *et al.*, 2012; Li *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2015). C-Dots juga dapat disintesis dari limbah minyak jelantah (Aji *et al.*,

2015; Hu *et al.*, 2014). Melimpahnya ikatan rantai karbon pada minyak jelantah menjadikannya sebagai dasar pembuatan C-Dots. Minyak jelantah dengan densitasnya yang lebih rendah dari air, yaitu $0,93 \text{ g/cm}^3$ dapat dengan mudah mengapung di atas permukaan air dan menerima pancaran sinar matahari secara langsung (Aji *et al.*, 2016). Perbedaan densitas minyak jelantah dengan air menjadi dasar penting dalam memanfaatkan C-Dots dari minyak jelantah sebagai bahan fotokatalis penjernih air. Perbedaan densitas tersebut yang menyebabkan minyak dan air tidak mudah bercampur sehingga mudah untuk dipisahkan setelah proses fotokatalis berakhir. Performa C-Dots dari minyak jelantah teramati lebih efektif sebagai material fotokatalis dalam proses penjernihan larutan *methylene blue* dibandingkan proses fotokatalis tanpa dilapisi C-Dots. Hal tersebut teramati dari penurunan degradasi intensitas absorpsi yang sangat tajam (Aji *et al.*, 2016).

Pada umumnya pembahasan mengenai fotokatalis berhenti pada hasil yang menunjukkan bahwa material fotokatalis tersebut mampu mendegradasi polutan lebih cepat. Berkaitan dengan hal tersebut belum terdapat parameter yang menunjukkan mutu air hasil dari proses fotokatalis. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus pada analisis standar mutu air hasil proses fotokatalis C-Dots dari minyak jelantah terhadap larutan uji *methylene blue*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat berpotensi untuk digunakan sebagai acuan dalam kajian upaya konservasi lingkungan serta sebagai salah satu jawaban dalam menangani masalah limbah cair.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas maka pada penelitian ini akan dilakukan analisis standar mutu air hasil proses fotokatalis C-Dots berbahan dasar minyak jelantah. Standar mutu air tersebut meliputi tingkat rejeksi polutan dan derajat keasaman.

1.3 Pembatasan Masalah

Analisis standar mutu air memiliki parameter yang luas ditinjau dari segi fisika, kimia, dan biologi, sehingga perlu dilakukan pembatasan masalah agar ruang lingkup masalah yang akan diteliti tidak meluas. C-Dots yang digunakan adalah C-Dots minyak goreng, pengujian efektivitas C-Dots minyak sebagai material fotokatalis dilakukan terhadap limbah sintetik *methylene blue* dan analisis standar mutu air yang dilakukan pada penelitian ini meliputi tingkat rejeksi polutan dan derajat keasaman.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis mutu air hasil proses fotokatalis C-Dots berbahan dasar minyak jelantah.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan tujuan yang telah disebutkan dapat diperoleh manfaat dalam penelitian ini antara lain adalah :

- a. Memanfaatkan limbah cair berupa minyak goreng bekas atau minyak jelantah sebagai sumber C-Dots yang menjadi landasan kuat bagi pengembangan fabrikasi C-Dots.
- b. Mengetahui kajian aplikasi C-Dots sebagai material fotokatalis penjernih air.
- c. Mengetahui standar mutu air hasil proses fotokatalis.
- d. Memberikan kajian alternatif dalam penanganan limbah cair organik.

1.6 Sistematika Skripsi

Sistematika penulisan skripsi disusun dan dibagi menjadi tiga bagian untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan skripsi ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi dan bagian akhir isi skripsi.

Bagian pendahuluan skripsi terdiri dari halaman judul, sari (abstrak), halaman pengesahan, motto dan persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel, dan daftar lampiran.

Bagian isi skripsi, terdiri dari lima bab yang tersusun dengan sistematika sebagai berikut, bab 1 yang meliputi pendahuluan, berisi latar belakang, permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi; bab 2 yang meliputi landasan teori, berisi teori-teori

pendukung penelitian; bab 3 yang metode penelitian, berisi tempat pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta langkah kerja yang dilakukan dalam penelitian; bab 4 yang meliputi hasil penelitian dan pembahasan, dalam bab ini dibahas tentang hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan; dan bab 5 yang meliputi penutup yang berisi tentang kesimpulan hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran yang berkaitan dengan hasil penelitian.

Bagian akhir skripsi memuat tentang daftar pustaka yang digunakan sebagai acuan dari penulisan skripsi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Standar Mutu Air

Air merupakan materi essential dalam pemenuhan kebutuhan vital bagi makhluk hidup antara lain sebagai air minum atau keperluan rumah tangga lainnya. Air yang digunakan harus bebas dari kuman penyakit dan tidak mengandung bahan beracun. Sumber air minum yang memenuhi syarat baku mutu air jumlahnya semakin lama semakin berkurang sebagai akibat ulah manusia sendiri baik sengaja maupun tidak disengaja. Berdasarkan hal tersebut maka perlu diketahui kualitas air yang bisa digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bagi manusia tanpa menyebabkan akibat buruk dari penggunaan air tersebut. Kebutuhan air bagi manusia harus terpenuhi baik secara kualitas maupun kuantitasnya agar manusia mampu hidup dan menjalankan segala kegiatan dalam kehidupannya.

Kualitas air secara umum menunjukkan mutu atau kondisi air yang dikaitkan dengan suatu kegiatan atau keperluan tertentu, sedangkan kuantitas air menyangkut jumlah air yang dibutuhkan manusia dalam kegiatan tertentu. Standar mutu air adalah ambang batas kadar bahan atau zat yang diperbolehkan terdapat dalam sumber air. Mutu air bersih dapat ditinjau dari segi fisika, kimia dan biologis. Mutu air dari segi fisika ditinjau dari bau, rasa, dan warna. Secara kimia dapat diteliti melalui pengamatan tentang kesadahan, pH, kandungan ion dan sebagainya. Ada atau tidaknya mikroorganisme penyebab penyakit pada air merupakan syarat

biologi air bersih. Segi kuantitas menunjukkan jumlah air harus memadai dalam rangka pemenuhan kebutuhan manusia. Parameter air bersih ditinjau melalui parameter fisika, kimia, biologi terlampir pada Tabel 2.1. Kualitas air yang digunakan masyarakat harus memenuhi syarat kesehatan agar dapat terhindar dari berbagai penyakit maupun gangguan kesehatan yang dapat disebabkan oleh air.

2.2 Minyak Goreng

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan atau hewan yang dimurnikan dan berwujud cair dalam suhu kamar dan biasanya digunakan untuk menggoreng (Noriko *et al.*, 2012). Tumbuhan yang menghasilkan minyak goreng antara lain kelapa, kelapa sawit, kacang kedelai, buah zaitun, serta biji-bijian seperti jagung, biji anggur dan biji bunga matahari. *Tallow* atau lemak hewan yang sering diolah menjadi minyak goreng adalah lemak sapi atau lemak domba. Di Indonesia, minyak goreng diproduksi dari minyak kelapa sawit dalam skala besar. Hingga tahun 2010 diperkirakan produksi minyak sawit mencapai lebih dari 3 juta ton per tahun.

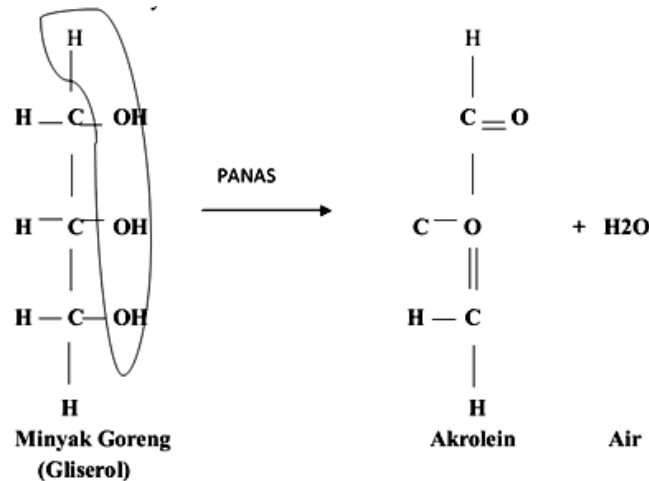
Minyak goreng tersusun atas asam lemak berbeda yaitu sekitar dua puluh jenis asam lemak. Asam lemak yang terkandung dalam minyak sangat menentukan mutu dari minyak, karena asam lemak tersebut menentukan sifat kimia dan stabilitas minyak. Kandungan utama dari minyak goreng terdiri dari asam lemak jenuh (*saturated fatty acids*) seperti asam palmitat ($C_{16}H_{32}O_2$), asam stearat ($C_{18}H_{36}O_2$) serta asam lemak tak jenuh (*unsaturated fatty acids*) seperti asam oleat (Omega 9) dan asam linoleat (Omega 6) (Noriko *et al.*, 2012). Minyak goreng yang

baik mengandung asam lemak tak jenuh yang lebih banyak dibandingkan dengan kandungan asam lemak jenuhnya. Asam lemak ini memiliki manfaat sebagai sumber lemak bagi tubuh manusia. Minyak goreng memiliki densitas yang lebih kecil di bandingkan dengan air yaitu $0,86-0,90 \text{ g/cm}^3$ (Chhetri *et al.*, 2008).

Proses menggoreng bahan pangan akan menyisakan minyak goreng bekas atau minyak jelantah yang sangat berbahaya bila terus digunakan secara berulang. Umumnya, minyak goreng digunakan untuk menggoreng sebanyak dua sampai tiga kali pemakaian, setelah itu minyak akan berubah warna dan tidak baik untuk digunakan kembali. Komposisi minyak goreng yang didominasi oleh lemak akan mudah rusak akibat proses pemanasan yang tinggi $\sim 170^\circ\text{C}$ dalam waktu yang cukup lama. Proses kerusakan minyak goreng terjadi akibat proses oksidasi, hidrasi dan polimerisasi yang menghasilkan senyawa-senyawa hasil degradasi minyak. Oksidasi minyak akan menghasilkan senyawa aldehida, keton, hidrokarbon, alkohol, lakton serta senyawa aromatis. Pembentukan senyawa polimer selama proses menggoreng terjadi karena reaksi polimerisasi adisi dari asam lemak tidak jenuh (Ketaren, 1986). Minyak dengan kandungan asam lemak tak jenuh dapat teroksidasi secara spontan hanya oleh udara dalam suhu kamar. Oksidasi spontan ini akan menurunkan tingkat kejenuhan minyak, dan menyebabkan minyak menjadi tengik.

Tanda awal dari kerusakan minyak goreng adalah terbentuknya akrolein pada minyak goreng. Akrolein terbentuk dari hidrasi gliserol yang membentuk aldehida tidak jenuh atau akrolein (Ketaren, 1986). Akrolein merupakan senyawa

kimia aldehide yang berbahaya bagi tubuh manusia. Skema proses terbentuknya akrolein sebagai berikut,



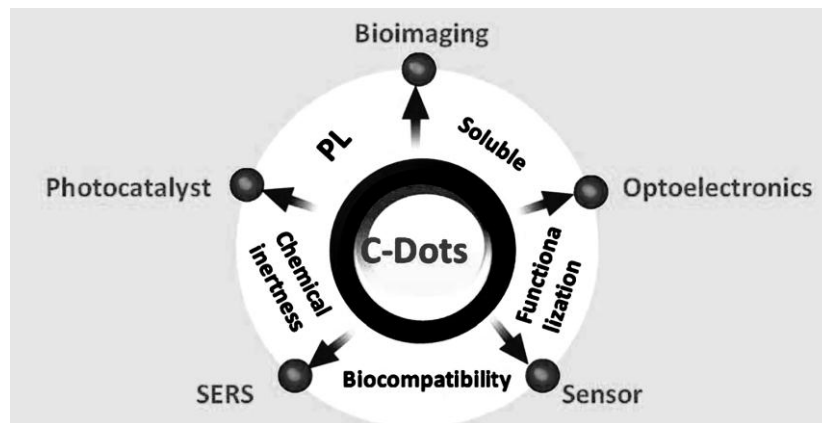
Gambar 2.1. Skema proses terbentuknya akrolein.

Proses menggoreng makanan akan menyisakan minyak goreng bekas atau minyak jelantah. Minyak jelantah yang sudah tidak terpakai lagi akan menjadi limbah cair yang berpotensi mencemari lingkungan. Penanganan limbah cair dari minyak jelantah ini belum diupayakan secara optimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya penanganan yang kreatif dan inovatif dalam menangani minyak menjadi produk lain yang berdaya guna. Beberapa penelitian yang telah dilakukan dalam pemanfaatan minyak jelantah yaitu sebagai bahan baku biodiesel. Trigliserida pada minyak goreng yang terpecah akibat proses pemanasan akan membentuk senyawa-senyawa baru salah satunya asam lemak bebas yang akan diesterifikasi dengan metanol menjadi biodiesel (Chhetri *et al.*, 2008). Kandungan trigliserida pada minyak goreng bekas juga dapat menggantikan asam lemak bebas jenuh sebagai bahan baku pembuatan sabun mandi batangan (Dalimunthe *et al.*, 2009). Pemanfaatan lain minyak jelantah adalah mendaur ulang minyak tersebut

menjadi *carbon nanodots* (Aji *et al.*, 2015). C-Dots yang dihasilkan dari proses pemanasan minyak jelantah memiliki sifat luminesensi yang baik karena mampu berpendar saat disinari dengan sinar UV. Melimpahnya ikatan rantai karbon pada minyak jelantah menjadikannya sebagai salah satu potensi yang unggul dalam pembuatan C-Dots.

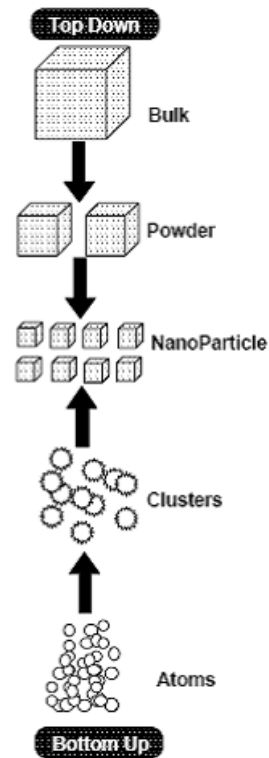
2.3 C-Dots (*Carbon Dots*) Minyak Goreng

C-Dots (*Carbon dots*) merupakan material baru dari kelompok nanomaterial karbon yang mempunyai ukuran dibawah ~ 10 nm. Material tersebut pertama kali diperoleh selama pemurnian dari *single-walled carbon nanotube* melalui proses elektroforensis pada tahun 2004. C-dots memiliki berbagai keunggulan sifat seperti pancaran fotoluminesensi yang tinggi, tidak mudah larut dalam air, tidak beracun dan keberadaannya sangat melimpah di alam (Li *et al.*, 2012). Sifat-sifat inilah yang membuat C-Dots dapat dimanfaatkan dalam berbagai teknologi. C-Dots dengan sifatnya yang unik memiliki potensi aplikasi yang sangat luas seperti dalam bidang fotokatalis, SERS, *bioimaging*, sensor, maupun optoelektronika, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Pemanfaatan C-Dots dalam berbagai bidang teknologi (Li *et al.*, 2012).

Selama beberapa tahun terakhir, perkembangan *Carbon dots* dalam hal sintesis dan aplikasi menjadi perhatian para ilmuwan di seluruh dunia. Kajian intensif mengenai *carbon nanodots* terus berkembang dengan cepat hingga saat ini. Ikatan rantai karbon merupakan sumber utama dalam pembuatan *carbon dots*. Metode yang digunakan dalam sintesis C-Dots diklasifikasikan ke dalam dua cara, yaitu metode *top-down* dan *bottom-up*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Sintesis nanopartikel dengan cara memecah partikel berukuran besar menjadi partikel berukuran nanometer disebut metode *top-down*. Metode *top-down* diantaranya terdiri dari metode *arc discharge*, *laser ablation*, dan *electrochemical oxidation*. Metode *bottom-up* menggunakan atom-atom atau molekul-molekul yang membentuk partikel berukuran nanometer yang dikehendaki seperti metode pemanasan sederhana (*combustion/thermal*), sintesis pendukung (*supported synthesis*) dan *microwave* (Baker & Baker, 2010).



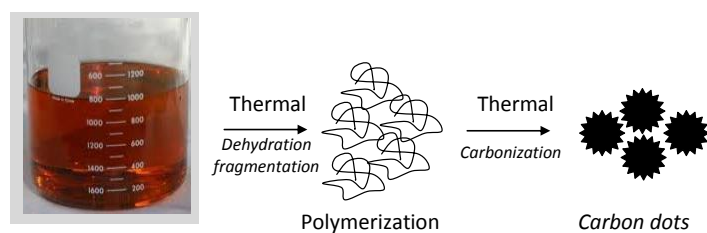
Gambar 2.3. Skema pembentukan struktur nanopartikel (Suneel, 2014).

Perkembangan pembuatan C-Dots dari berbagai sumber karbon mengalami kemajuan yang sangat pesat. Sifat yang unik dan ketersediaannya yang melimpah di alam menjadi alasan banyak peneliti untuk terus mengembangkan partikel C-dots terutama yang berasal dari bermacam-macam bahan organik. Metode sintesis C-Dots yang dianggap paling sederhana dan murah adalah metode hidrotermal/pemanasan, seperti yang dilakukan Li *et al.*, (2014) yang berhasil memproduksi C-Dots dari bahan dasar jahe, Zhao *et al.*, (2015) berhasil memproduksi C-Dots dari bawang putih, dan Sahu *et al.*, (2012) berhasil mensintesis C-Dots dari bahan dasar sari jeruk, seperti tampak pada Gambar 2.4.

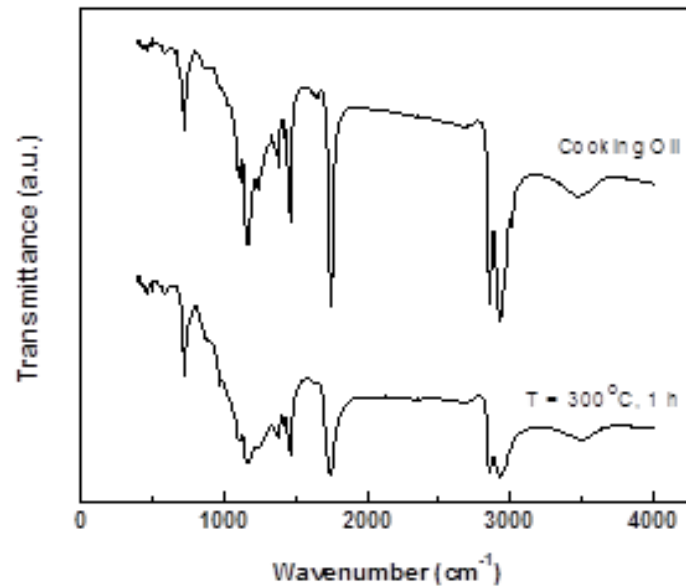


Gambar 2.4. Ilustrasi pembuatan C-Dots dari (a) jahe, (b) bawang putih, dan (c) sari jeruk (Li *et al.*, 2014; Zhao *et al.*, 2015; Sahu *et al.*, 2012).

Bahan organik lain yang memiliki ikatan rantai karbon yang melimpah adalah minyak jelantah. Melimpahnya ikatan rantai karbon pada minyak jelantah menjadikannya sebagai bahan dasar untuk sintesis C-Dots, seperti yang dilakukan oleh Aji *et al.*, (2015) dan Hu *et al.*, (2014) yang berhasil memproduksi C-Dots dengan bahan dasar minyak jelantah, seperti tampak pada Gambar 2.5. Ikatan rantai karbon mengalami proses polimerisasi, karbonisasi dan membentuk partikel C-Dots dengan proses pemanasan pada temperatur rendah (Li, *et al.*, 2012). Fabrikasi C-Dots dari minyak jelantah ini menjadi kontribusi penting bagi pengembangan C-Dots.

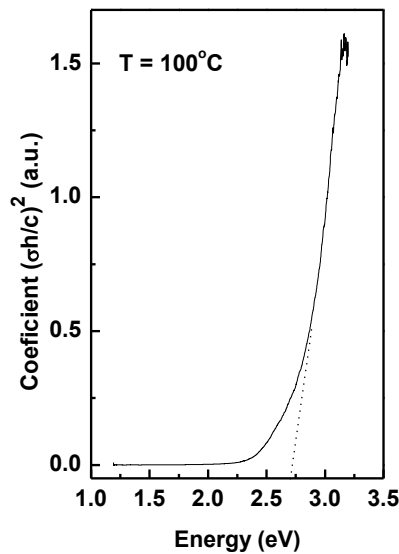


Gambar 2.5. Ilustrasi pembuatan C-Dots dari minyak jelantah (Aji *et al.*, 2015).



Gambar 2.6. Spektrum transmitansi minyak goreng hasil pemanasan T 300°C (Aji *et al.*, 2015).

Perubahan struktur minyak goreng teramati dari spektrum transmitansi FTIR pada temperatur 300°C, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.6. Hasil analisis FTIR diperoleh C — OH *bending vibrations* pada 3504 cm⁻¹, C — H *stretching vibrations* pada 2934,5 cm⁻¹ dan 2857.5 cm⁻¹, *carbonyl groups* (C = O) pada 1748,5 cm⁻¹, N — H *bending vibrations* pada 1470 cm⁻¹ dan C — H *bending vibrations* pada 1172 cm⁻¹. Secara sederhana, hasil analisis gugus fungsi dari spektrum transmitansi minyak goreng yang telah melalui proses pemanasan mengindikasikan bahwa terdapat C-Dots pada minyak jelantah (Aji *et al.*, 2015).



Gambar 2.7. Kurva koefisien absorpsi dari minyak jelantah T 100°C (Aji *et al.*, 2015).

C-Dots dari minyak jelantah memiliki spektrum absorpsi pada daerah UV. Berdasarkan spektrum absorpsi ini, energi gap dari C-Dots dapat diperoleh, seperti tampak pada Gambar 2.7. Proses hidrotermal menyebabkan perubahan struktur dan sifat optik dari minyak jelantah. Perubahan energi gap merupakan akibat perubahan struktur yang erat kaitannya dengan perubahan dimensi partikel C-Dots yang terbentuk. Proses hidrotermal dengan temperatur tinggi menyebabkan rantai karbon pada minyak goreng putus dan mengalami penyusunan ulang dalam jumlah yang sangat banyak. Partikel C-Dots yang dihasilkan dari proses ini memiliki ukuran yang relatif besar. Akibat semakin banyaknya jumlah atom penyusun partikel maka semakin kecil energi yang diperlukan untuk menghasilkan elektron-elektron yang hampir bebas, hal ini menunjukkan semakin kecil pula energi gapnya.

Li *et al.*, (2012) melaporkan bahwa C-Dots yang memiliki energi gap ~ 2 eV, ukuran partikelnya sekitar 2 nm. Semakin kecil energi gap dari partikel C-

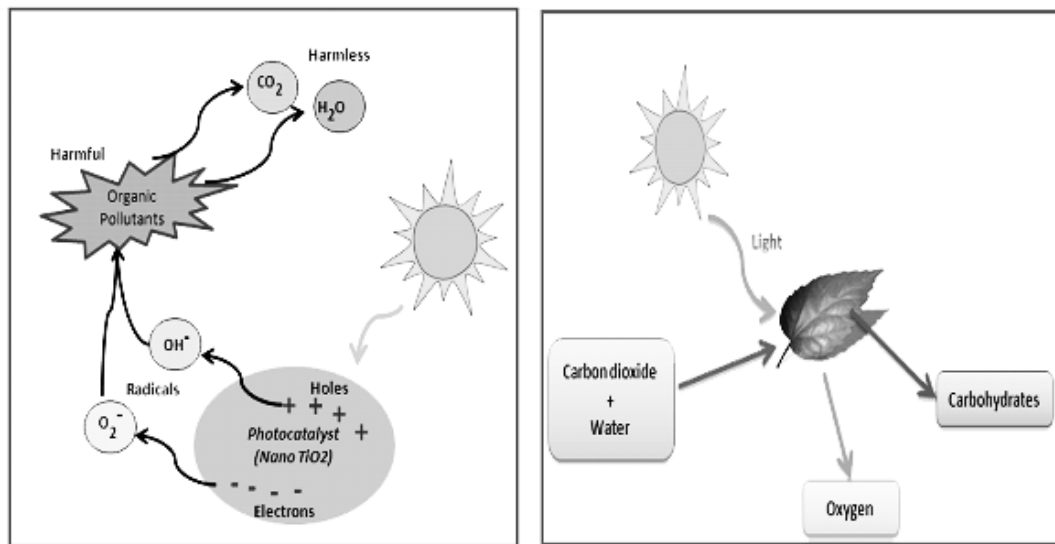
Dots maka dimensi ukuran partikel semakin besar. Salah satu sifat istimewa yang dimiliki oleh nanomaterial adalah luas permukaannya. Luas permukaan akan meningkat dengan mengecilnya ukuran partikel. Meningkatnya presentasi atom pada permukaan akan meningkatkan reaktivitas partikel sehingga dapat berpengaruh pada partikel yang berfungsi sebagai katalis. C-Dots minyak jelantah memiliki sifat istimewa yaitu tidak mudah bercampur dengan air karena nilai densitasnya yang lebih rendah dari nilai densitas air. Sifat istimewa inilah yang menjadi dasar pemanfaatan C-Dots minyak jelantah menjadi material fotokatalis penjernih air.

2.4 Fotokatalis

Fotokatalis merupakan proses reaksi kimia yang dibantu oleh cahaya dan katalis. Cahaya berperan sebagai sumber energi dan katalis berperan untuk mempercepat reaksi. Reaksi fotokatalis melibatkan pasangan elektron dan *hole* (e^- dan h^+). Teknologi fotokatalisis merupakan kombinasi dari proses fotokimia dan katalis yang terintegrasi untuk dapat melangsungkan suatu reaksi transformasi kimia. Reaksi transformasi tersebut berlangsung pada permukaan bahan katalis yang terinduksi secara langsung oleh cahaya ultraviolet.

Senyawa organik yang dikenai sinar matahari secara umum akan mengalami degradasi warna, akan tetapi proses ini akan berlangsung lebih cepat bila dibantu oleh material katalis yang mendapatkan energi dari cahaya yang mengenainya. Proses fotokatalis berlangsung bila foton menumbuk material fotokatalis yang mempunyai energi yang lebih besar atau sama dengan celah pita

material tersebut sehingga mampu mengeksitasi elektron dan *hole* yang berperan dalam menguraikan senyawa organik (Aliah *et al.*, 2012).

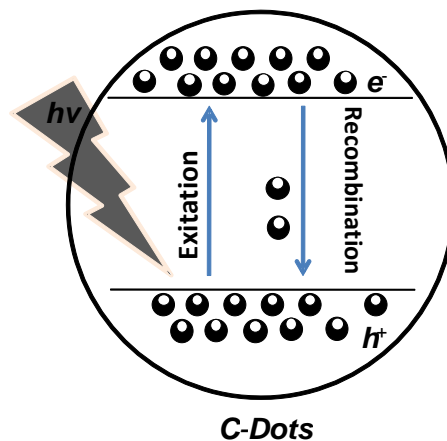


Gambar 2.8. Ilustrasi proses (a) fotokatalis dan (b) fotosintesis (Nosaka & Nosaka, 2013).

Secara sistematis, jalannya proses fotokatalis dapat diidentikkan dengan proses fotosintesis. Hal tersebut dapat dilihat dalam skema yang ditunjukkan Gambar 2.8. Kedua proses ini sama-sama bereaksi menggunakan energi dari cahaya matahari, perbedaannya terletak pada zat yang dihasilkan. Jika proses fotosintesis akan melepaskan O₂ sebagai salah satu hasil reaksinya, maka fotokatalis akan melepaskan CO₂.

Suatu material fotokatalis yang dikenai cahaya dengan energi tertentu, maka elektron pada pita valensi akan pindah ke pita konduksi, dan meninggalkan lubang positif (*hole*) pada pita valensi. Sebagian besar pasangan elektron dan *hole* ini akan berekombinasi kembali, baik di permukaan ataupun di dalam bulk partikel,

sedangkan sebagian lain dari pasangan elektron dan *hole* dapat bertahan sampai pada permukaan material fotokatalis, yang pada akhirnya *hole* dapat menginisiasi reaksi oksidasi dan elektron akan menginisiasi reaksi reduksi zat kimia yang ada disekitar permukaan material fotokatalis. Pada prinsipnya, reaksi oksidasi pada permukaan material fotokatalis dapat berlangsung melalui donasi elektron dari substrat ke *hole*. Skema reaksi yang terjadi selama proses fotokatalisasi pada C-dots dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. Skema reaksi yang terjadi pada proses fotokatalis C-Dots (Aji *et al.*, 2016).

Sinar matahari sebagai sumber foton mengenai partikel-partikel C-Dots. Foton akan mengeksitasi elektron dari tingkat energi rendah ke tingkat energi yang lebih tinggi. Elektron ini akan bereaksi dengan oksigen O_2 membentuk radikal bebas superoksida dan menghasilkan hidrogen peroksida H_2O_2 . Proses ini mengikuti persamaan reaksi $2e^- + O_2 + H_2O \rightarrow H_2O_2$. Proses lain yang menghasilkan radikal bebas berasal dari reaksi $h^+ + H_2O \rightarrow OH^-$ dan

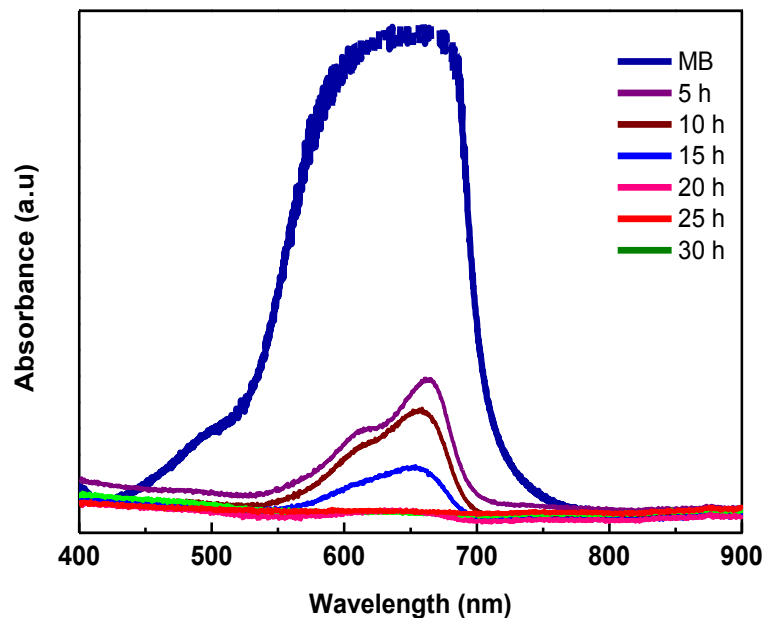
$H_2O_2 + e^- \rightarrow OH^- + OH$ dengan hasilnya radikal bebas OH⁻. Radikal bebas ini memiliki potensial yang cukup tinggi untuk mengoksidasi zat organik sehingga dihasilkan hidrogen dioksida dan gas karbon dioksida. Reaksi reduksi dan oksidasi ini yang menyebabkan degradasi intensitas *methylene blue* akibat adanya katalis C-Dots. Pada proses fotokatalis, larutan *methylene blue* akan terdekomposisi menjadi air, asam dan gas karbon dioksida. Reaksi reduksi dan oksidasi terus terjadi selama terdapat energi yang cukup dari pancaran sinar matahari.

Pada saat potensial oksidasi mengoksidasi air pada permukaan partikel, maka akan dihasilkan radikal hidroksil yang merupakan spesi pengoksidasi kuat dan memiliki potensial redoks sebesar 2,8 Volt. Potensial sebesar ini cukup kuat untuk mengoksidasi sebagian besar zat organik menjadi air, asam mineral dan karbon dioksida (Arutanti *et al.*, 2009). Katalis semikonduktor untuk proses fotokatalisis terdiri dari jenis oksida dan sulfida. Katalis semikonduktor yang termasuk jenis oksida contohnya TiO₂, Fe₂O₃, ZnO, SnO₂, dan WO₃, sedangkan yang termasuk jenis sulfida contohnya CdS, CuS, dan ZnS. Bahan semikonduktor ini memiliki energi celah pita yang cukup untuk dieksitasi oleh sinar ultraviolet (sinar UV) atau sinar tampak sehingga dapat menghasilkan rangkaian reaksi oksidasi dan reduksi (Aliah *et al.*, 2012).

Bahan semikonduktor yang banyak digunakan sebagai material fotokatalis adalah bahan TiO₂ yang dianggap paling efektif digunakan sebagai material fotokatalis. Hal ini dikarenakan TiO₂ memiliki sifat fotoaktivitas yang tinggi dan bersifat stabil pada paparan sinar UV (Arutanti *et al.*, 2009). TiO₂ dapat efektif sebagai katalis bila memperoleh pancaran sinar matahari secara langsung. TiO₂

dengan densitasnya yang lebih besar dari air yaitu $4,32 \text{ g/cm}^3$ memerlukan modifikasi dengan cara imobilisasi partikel TiO_2 pada polimer yang memiliki densitas rendah dan transparan. Modifikasi ini dilakukan agar partikel TiO_2 dapat mengapung di atas permukaan air dan menerima sinar UV secara langsung. Imobilisasi partikel TiO_2 menjadi permasalahan yang kompleks karena diperlukan kondisi dan perekat yang sangat baik agar filtrat dan katalis tidak tercampur, selain itu partikel TiO_2 merupakan bahan anorganik yang tidak ramah lingkungan dan dapat menjadi polutan dalam proses penjernihan air.

Sifat fotokatalis dari bahan organik dimiliki oleh C-Dots. Salah satu bahan organik yang memiliki sifat fotokatalis adalah C-Dots dari minyak jelantah. Minyak jelantah memiliki rantai hidrokarbon yang melimpah dan mudah rusak akibat pemanasan, minyak jelantah sangat mudah disintesis menjadi C-Dots. Minyak jelantah dengan densitas yang lebih rendah dari air yaitu $0,93 \text{ g/cm}^3$ membuat C-Dots dari minyak jelantah dapat mengapung di atas permukaan air sehingga dapat menerima pancaran sinar UV secara langsung. Gambar 2.10. merupakan spektrum absorbansi yang menunjukkan keberhasilan penggunaan C-Dots dari minyak jelantah sebagai material fotokatalis terhadap larutan uji *methylene blue* (Aji *et al.*, 2016). Menurunnya garis spektrum absorbansi *methylene blue* menunjukkan semakin berkurangnya kandungan partikel *methylene blue* dalam larutan uji.



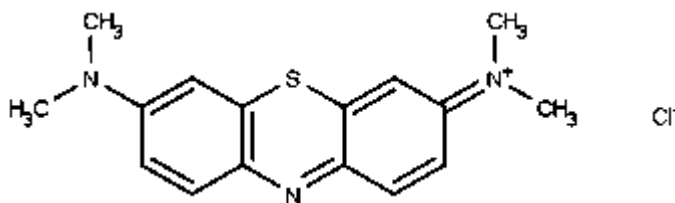
Gambar 2.10. Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* hasil uji fotokatalis menggunakan C-Dots sebagai material fotokatalis (Aji *et al.*, 2016).

Pada Gambar 2.10, larutan *methylene blue* (MB) memiliki spektrum absorbansi yang sangat lebar dan tinggi. Intensitas absorpsi tertinggi teramati pada panjang gelombang ~664 nm. Spektrum absorpsi ini merupakan ciri khas dari larutan *methylene blue*.

2.5 Methylene Blue

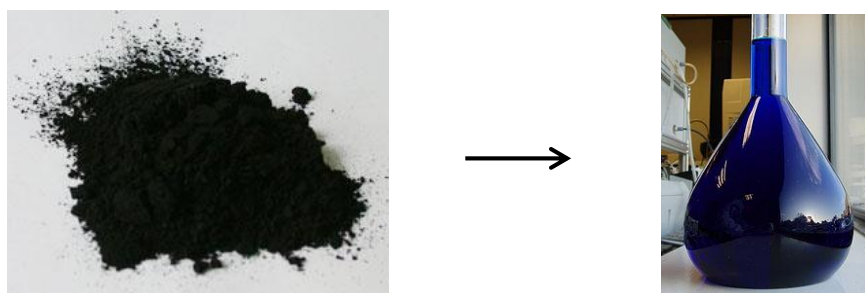
Methylene blue yang memiliki rumus kimia $C_{16}H_{18}N_3SCl$ merupakan senyawa hidrokarbon aromatik yang beracun dan zat warna kationik dengan daya adsorpsi yang sangat kuat. *Methylene blue* pertama kali dibuat pada tahun 1876 oleh kimiawan Jerman Heinrich Caro. Bentuk hidratnya mengandung 3 molekul air per

molekul metilena biru, memiliki berat molekul 319 g/mol, dengan titik lebur di 180°C, dan nilai pH 3 (Miclescu & Wiklund, 2010). Struktur ikatan rantai *methylene blue* ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11. Struktur kimia *methylene blue* (Hajian *et al.*, 2009)

Senyawa *methylene blue* pada suhu ruangan berbentuk padatan (kristal), tak berbau, dan berwarna *dark blue-green* (Miclescu & Wiklund, 2010). Saat dilarutkan dalam air atau alkohol, *methylene blue* akan menjadi larutan berwarna biru tua seperti yang ditunjukkan Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Serbuk *methylene blue* berwarna hijau tua menjadi berwarna biru tua saat dilarutkan dalam air.

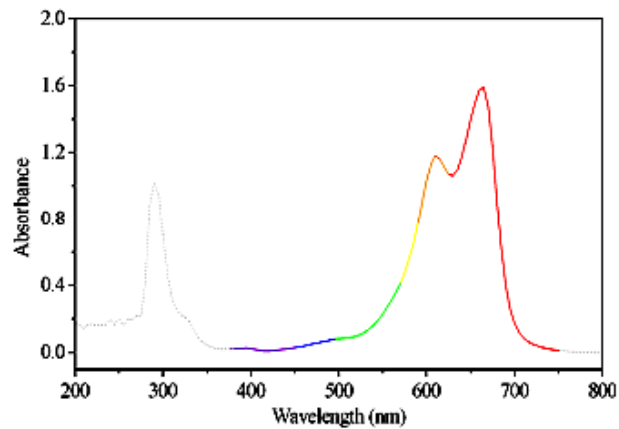
Methylene blue sering digunakan sebagai pewarna sutra, wool, tekstil, kertas, peralatan kantor dan kosmetik. Senyawa ini banyak digunakan dalam bidang biologi dan kimia. Molekul zat warna pada *methylene blue* merupakan gabungan

dari zat organik tidak jenuh dengan gugus kromofor sebagai pembawa warna. Kromofor zat warna reaktif biasanya merupakan sistem azo dan antrakuinon dengan berat molekul relatif kecil. Zat organik tidak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa-senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen.

Daya serap *methylene blue* terhadap serat tidak besar, sehingga zat warna yang tidak bereaksi dengan serat mudah dihilangkan. Gugus-gugus penghubung dapat mempengaruhi daya serap dan ketahanan zat warna terhadap asam atau basa. Gugus-gugus reaktif merupakan bagian-bagian dari zat warna yang mudah lepas. Lepasnya gugus reaktif ini membuat zat warna menjadi mudah bereaksi dengan serat kain. Pada umumnya agar reaksi dapat berjalan dengan baik maka diperlukan penambahan alkali atau asam sehingga mencapai pH tertentu.

Industri tekstil yang berkembang saat ini menimbulkan dampak negatif berupa limbah cair dari proses pewarnaan. Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Industri, industri yang bersangkutan harus mengendalikan limbah cair yang dihasilkan oleh kegiatan industri. Salah satu pewarna yang menjadi limbah adalah *methylene blue*. Upaya yang umum digunakan untuk pengurangan limbah pewarna *methylene blue* adalah dengan metode adsorpsi karena adsorbennya mudah dipisahkan setelah digunakan.

Puncak spektrum absorbansi *methylene blue* berada pada panjang gelombang 668 nm, seperti tampak pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Spektrum absorbansi *methylene blue* (Whang *et al.*, 2009)

Methylene blue adalah kationik pewarna yang kuat dengan penyerapan maksimum cahaya sekitar 670 nm. Spesifik penyerapan tergantung pada sejumlah faktor termasuk protonasi, adsorpsi dengan bahan lain, konsentrasi dan interaksi lainnya. Oleh karena itu, *methylene blue* banyak digunakan sebagai indikator redoks dalam analisa kimia. Zat ini berwarna biru ketika di lingkungan pengoksidasi, tetapi akan berubah berwarna jika terkena zat pereduksi. Inilah yang mendasari pemilihan larutan *methylene blue* sebagai bahan uji fotokatalis karena sifat redoks dan absorbansinya.

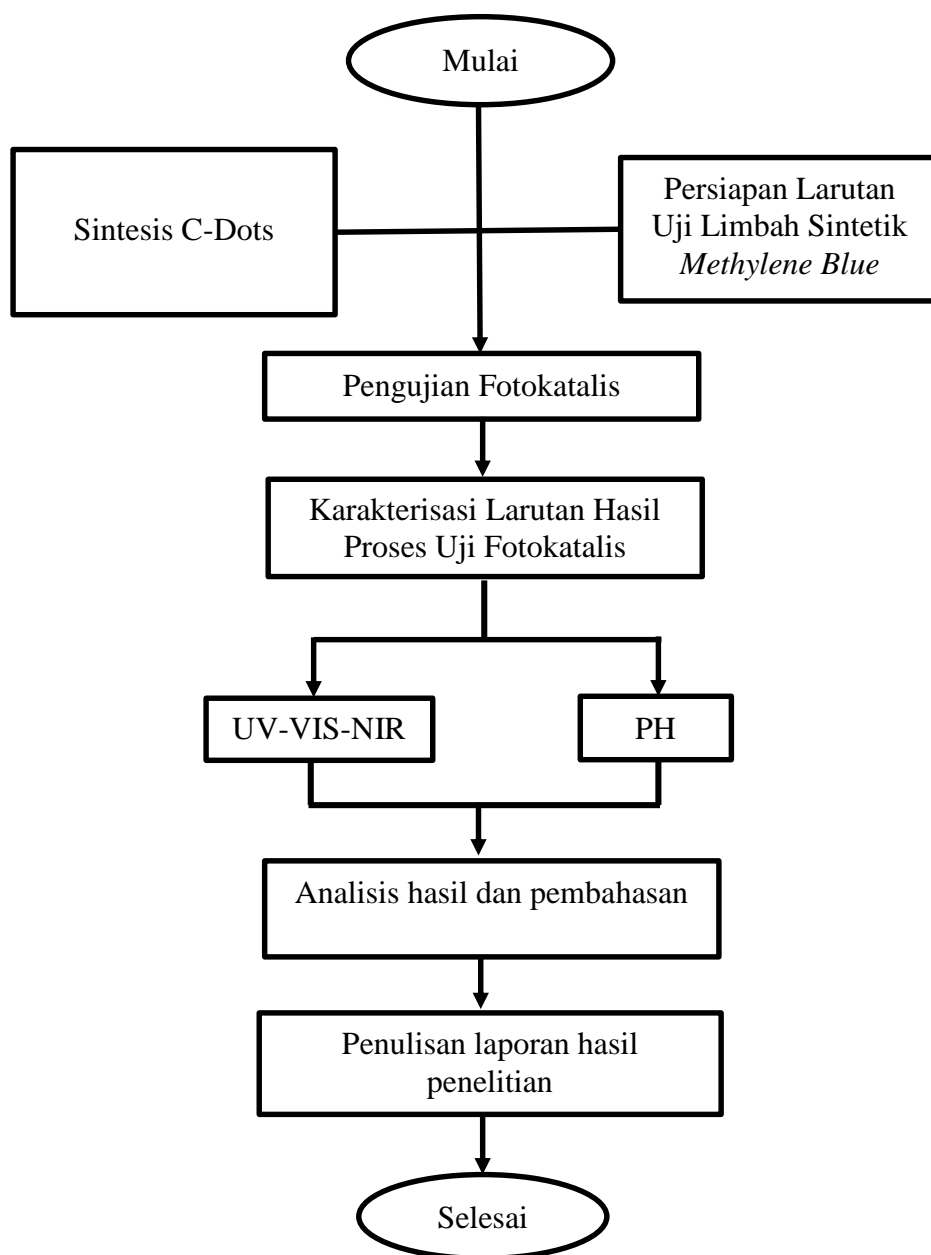
BAB 3

METODE PENELITIAN

Penelitian mengenai analisis standar mutu air hasil proses fotokatalis C-dots berbahan dasar minyak jelantah secara garis besar dilaksanakan dalam tiga tahapan kegiatan yaitu sintesis C-Dots dari minyak jelantah, pengujian fotokatalis C-Dots terhadap larutan limbah sintetik *methylene blue* dan karakterisasi larutan hasil uji fotokatalis.

Proses penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Terapan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang gedung D9 lantai 3, dilanjutkan dengan karakterisasi larutan hasil proses fotokatalis menggunakan spektrometer UV-Vis-NIR dan pH Meter Digital di Laboratorium Fisika Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang gedung D9 lantai 3.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dan selanjutnya hasil penelitian dikaji dengan merujuk referensi yang terkait. Optimalisasi proses degradasi larutan uji *methylene blue* oleh C-Dots dilakukan dengan mengatur parameter proses berupa waktu penyinaran. Tahapan penelitian dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 3.1.



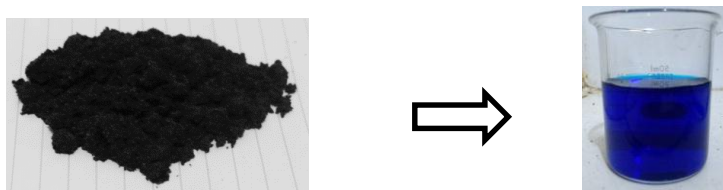
Gambar 3.1. Diagram alir proses penelitian.

3.1 Tahap Persiapan Pengujian

Langkah pertama yang harus disiapkan sebelum pengujian adalah menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan selama proses uji fotokatalis. Bahan yang digunakan adalah minyak goreng, air, dan serbuk *methylene blue*.

Sedangkan alat yang digunakan adalah gelas ukur, gelas kimia, toples plastik, cawan, timbangan digital, *furnace*, serta *cup* sampel.

Setelah alat dan bahan disiapkan tahapan selanjutnya adalah sintesis C-Dots. Material fotokatalis C-Dots dihasilkan melalui proses pemanasan minyak pada temperatur 300°C selama 2 jam (Aji, *et al.*, 2015). Tahapan berikutnya adalah pembuatan sampel larutan uji *methylene blue*. Serbuk *methylene blue* ditimbang dengan massa 200 mg kemudian dilarutkan dalam 5 liter aquades sehingga menghasilkan larutan *methylene blue* dengan konsentrasi 40 ppm. Larutan ini kemudian dituangkan dalam toples bening dengan volume 500 ml seperti Gambar 3.2. Kemudian pada permukaan larutan *methylene blue* dilapisi dengan material fotokatalis C-dots.



Gambar 3.2. Serbuk *methylene blue* yang telah dilarutkan.

3.2 Uji Kinerja Fotokatalis

Uji fotokatalis terhadap limbah sintetik *methylene blue* menggunakan material fotokatalis C-Dots dilakukan dengan bantuan pancaran sinar matahari. Keberhasilan pengujian fotokatalis dilihat dengan memvariasi waktu uji fotokatalis selama 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam, 25 jam, dan 30 jam dengan fraksi C-Dots tetap. Fraksi optimum penggunaan C-Dots diketahui dengan memvariasikan fraksi C-Dots sebanyak 0,038 mm⁻¹, 0,057 mm⁻¹, 0,076 mm⁻¹, 0,089 mm⁻¹, 0,1 mm⁻¹, dan

0,11 mm⁻¹ pada waktu pemanasan yang tetap. Besarnya fraksi C-Dots didapatkan dari perbandingan ketebalan lapisan C-Dots (l) dengan luas permukaan penampang (A). Konsentrasi optimum dilihat dengan memvariasikan konsentrasi larutan *methylene blue* sebanyak 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm. Parameter fisika seperti temperatur (T), kelembaban udara (R), dan intensitas cahaya matahari (I) pada lingkungan tempat uji fotokatalis juga diukur secara berkala setiap 2,5 jam sekali untuk melakukan kontrol terhadap kondisi lingkungan. Sampel yang dihasilkan akan terlihat perubahan warna atau degradasi warna yang terjadi pada larutan *methylene blue*.

3.3 Karakterisasi Hasil Fotokatalis

Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui standar mutu air hasil uji fotokatalis. Tingkat rejeksi polutan diestimasi dari spektrum absorbansi *methylene blue* yang diukur menggunakan spektrometer UV-Vis-NIR Ocean Optics tipe USB 4000. Nilai spektrum absorbansi tersebut menunjukkan jumlah *methylene blue* yang masih tersisa pada larutan uji hasil fotodegradasi selama proses fotokatalisasi dilihat dari sensitivitas absorbansi *methylene blue* yang dapat menyerap sinar. Pengukuran derajat keasaman menggunakan pH Meter Digital PH-009(I)A dilakukan untuk menentukan tingkat keasaman air hasil proses fotokatalis. Cara pengukuran derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter adalah sebuah metode pengukuran pH berdasarkan aktifitas ion hidrogen secara potensiometri/elektrometri dengan menggunakan pH meter.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal sebelum dilakukan uji fotokatalis adalah sintesis C-Dots. C-Dots dihasilkan dari proses pemanasan minyak goreng pada temperatur 300°C selama 2 jam (Aji *et al.*, 2015). Hasil proses sintesis C-Dots dari minyak goreng, ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. (a) Minyak goreng sebelum pemanasan dan (b) Minyak goreng setelah pemanasan.

Kandungan ikatan rantai karbon yang melimpah pada minyak goreng menjadi dasar dalam pembuatan C-Dots. Ikatan rantai karbon yang melimpah pada minyak goreng mudah putus akibat proses pemanasan dan mengalami penyusunan ulang rantai-rantai karbon hingga membentuk partikel C-Dots (Aji *et al.*, 2015). Proses pemanasan yang berulang pada temperatur tinggi mengakibatkan minyak goreng mengalami reaksi degradasi meliputi, (1) Hidrolisis akibat dari bahan

moisture dari minyak goreng, menghasilkan asam lemak bebas, mono dan digliserida; (2) Oksidasi akibat dari kontak dengan oksigen, menghasilkan *monomeric*, *dimeric*, dan *oligomeric* trigliserida, serta material volatil seperti aldehida dan ketone; (3) Polimerisasi yang diakibatkan oleh reaksi berulang pada temperatur tinggi. Reaksi ini menghasilkan *dimeric* dan *polymeric* trigliserida (Sanli *et al.*, 2011).

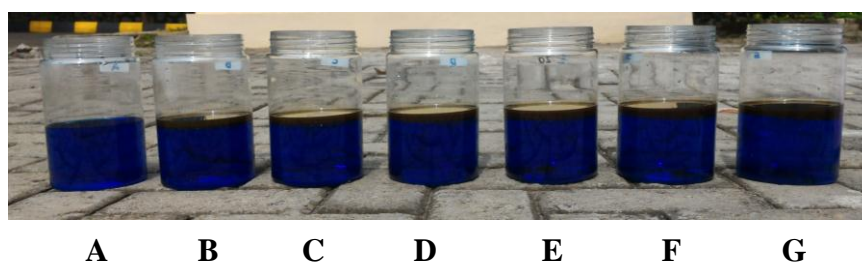
Minyak goreng mengalami perubahan warna setelah proses pemanasan. Perubahan warna tersebut mengindikasikan adanya perubahan struktur dari minyak goreng sehingga dapat dikatakan minyak goreng telah rusak. Proses pemanasan menyebabkan proses hidrasi dimana gugus OH pada gliserol putus. Kemudian rantai karbon mengikat oksigen dari lingkungan hingga membentuk struktur baru saat proses oksidasi. Proses putusnya rantai-rantai molekul dan membentuk susunan baru disebut polimerisasi. Proses pemanasan yang berulang menyebabkan ikatan rantai rangkap karbon pada asam lemak tidak jenuh semakin banyak yang terputus sehingga meningkatkan kejenuhan asam lemak pada minyak (Edwar *et al.*, 2011). Asam lemak jenuh memiliki ikatan karbon yang lebih banyak dari asam lemak tak jenuh, maka pada proses pemanasan jumlah rantai karbon yang terputus akan semakin banyak dan partikel C-Dots yang terbentuk juga semakin banyak. Keberadaan C-Dots di dalam minyak jelantah diestimasi dari sifat-sifat unggul yang dimiliki C-Dots, seperti memiliki sifat pendaran (fotoluminisensi) yang tinggi, memiliki serapan pada daerah UV, tidak mudah larut dalam air, dan tidak beracun.

Minyak jelantah yang digunakan merupakan estimasi dari minyak goreng hasil pemanasan dengan temperatur 300°C selama 2 jam. Hal tersebut karena

minyak goreng hasil pemanasan ini telah mengalami proses degradasi yang sama halnya dengan minyak jelantah. Banyak variabel yang belum terkontrol dari minyak jelantah yang berada dilingkungan sehingga pada proses uji fotokatalis ini digunakan minyak jelantah dari hasil pemanasan minyak goreng pada temperatur 300°C selama 2 jam.

4.1 Uji Kinerja Fotokatalis

Proses uji fotokatalis pada limbah sintetik *methylene blue* menggunakan material fotokatalis C-Dots dilakukan dengan bantuan pancaran sinar matahari, seperti tampak pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Uji kinerja fotokatalis C-Dots terhadap limbah sintetik *methylene blue* dengan variasi fraksi C-Dots.

Proses uji fotokatalis dimulai dengan melarutkan 200 mg serbuk *methylene blue* pada 5 liter aquades sehingga menghasilkan larutan limbah sintetik *methylene blue* dengan konsentrasi 40 ppm. Larutan ini kemudian dimasukkan dalam botol-botol plastik dengan volume larutan 500 ml. Pada permukaan larutan *methylene blue* dilapisi material fotokatalis C-Dots dengan variasi fraksi yang menunjukkan

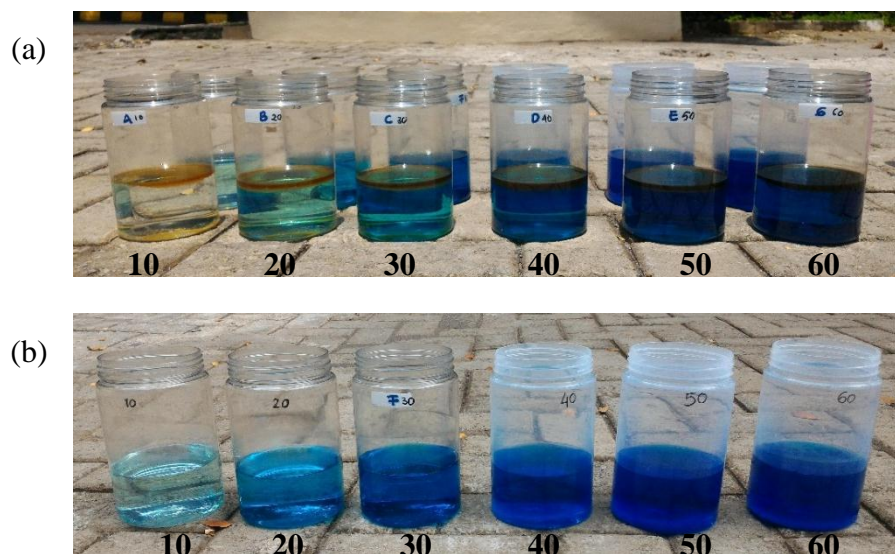
perbandingan antara ketebalan (ℓ) dan luas permukaan penampang (A), ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Variasi fraksi C-Dots (ℓ/A)

Sampel	Volume C-Dots (ml)	Ketebalan ℓ (mm)	Luas penampang A (mm ²)	Fraksi (ℓ/A)
A	-	-	78,5	-
B	10	3	78,5	0,038
C	20	4,5	78,5	0,057
D	30	6	78,5	0,076
E	40	7	78,5	0,089
F	50	8	78,5	0,10
G	60	9	78,5	0,11

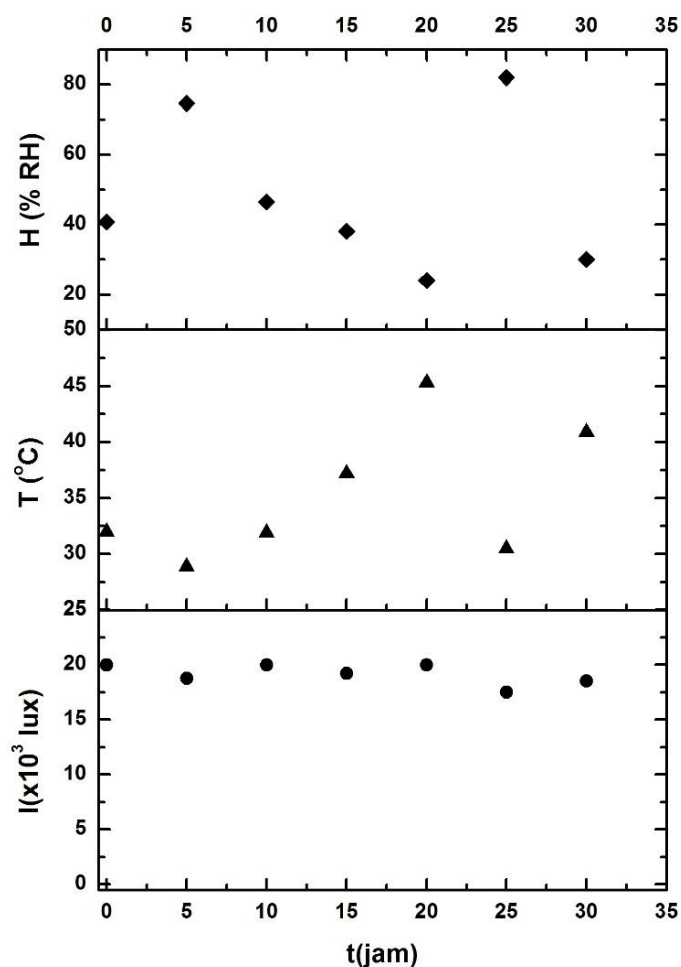
Variasi fraksi C-dots yang digunakan untuk mengetahui fraksi C-Dots optimal yang terlapis sebagai material fotokatalis dalam mendegradasi warna larutan *methylene blue*, sebagai pembanding dilakukan juga pengujian fotokatalis terhadap larutan *methylene blue* tanpa diberi C-Dots. Optimasi waktu uji fotokatalis dilakukan dengan memvariasikan waktu uji, yaitu 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam, 25 jam, dan 30 jam pada fraksi C-Dots tetap.

Proses uji fotokatalis C-Dots terhadap limbah sintetik *methylene blue* dengan variasi konsentrasi *methylene blue* 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm dan 60 ppm untuk fraksi C-Dots tetap selama 20 jam, ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Uji kinerja fotokatalis C-Dots terhadap limbah sintetik *methylene blue* dengan variasi konsentrasi *methylene blue* (a) dilapisi C-Dots dan (b) tanpa dilapisi C-Dots, pada 15 jam waktu pemanasan.

Selama uji kinerja fotokatalis C-Dots, parameter fisis kondisi lingkungan tempat uji fotokatalis juga diukur secara berkala setiap 2,5 jam sekali antara lain nilai intensitas sinar matahari (I), temperatur (T), dan kelembaban udara (H). Hal ini dikarenakan faktor cuaca sangat berperan dalam proses pengujian fotokatalis. Gambar 4.4. menunjukkan grafik parameter fisis kondisi lingkungan meliputi intensitas (I), temperatur (T), dan kelembaban udara (H). Uji kinerja fotokatalis dilakukan pada musim penghujan menyebabkan nilai kelembaban yang cenderung tinggi berkisar 40%RH sampai 80%RH, hal ini menunjukkan tingginya kandungan partikel air di udara yang akan menghalangi jalannya sinar matahari.



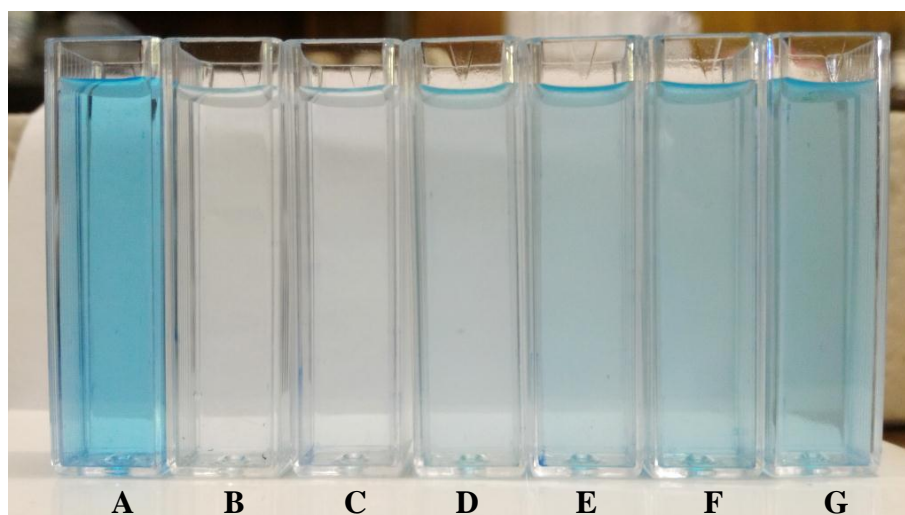
Gambar 4.4. Grafik intensitas sinar matahari (I), temperatur (T), dan kelembaban udara (H).

Nilai temperatur yang terukur berkisar antara 30°C sampai 45°C, tetapi tidak stabil karena faktor cuaca yang berubah-ubah. Parameter lingkungan yang memiliki peranan penting lainnya adalah intensitas, besarnya intensitas sinar matahari akan berpengaruh pada jumlah foton selama proses fotokatalis berlangsung, foton berperan sebagai sumber energi untuk mengaktifkan partikel C-Dots sebagai katalis.

4.2 Hasil Uji Kinerja Fotokatalis

4.2.1. Variasi Fraksi C-Dots

Hasil uji kinerja fotokatalis terhadap limbah sintetik *methylene blue* dengan variasi fraksi C-Dots selama waktu pemanasan 20 jam, ditunjukkan pada Gambar 4.5. Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa hasil uji fotokatalis dengan variasi fraksi C-Dots selama 20 jam menunjukkan adanya perbedaan warna dari setiap sampel larutan *methylene blue*.



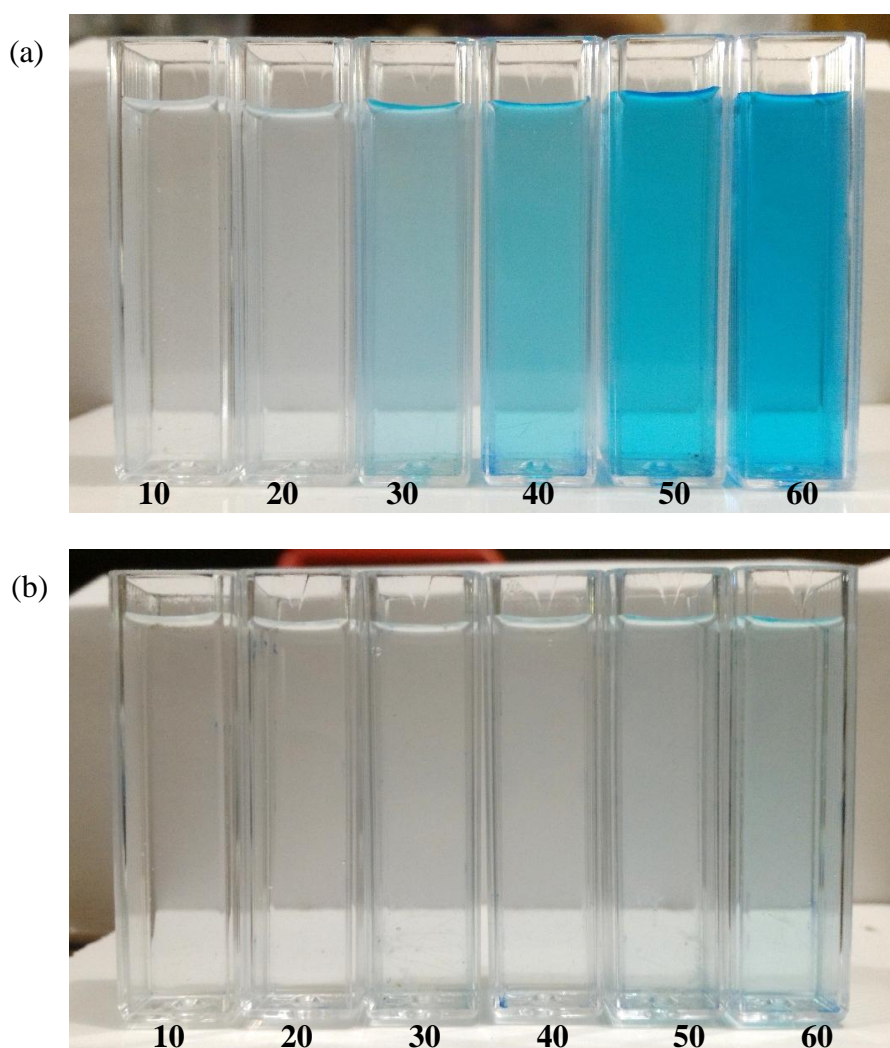
Gambar 4.5. Hasil uji kinerja fotokatalis limbah sintetik *methylene blue* selama 20 jam dengan variasi fraksi C-Dots.

Pada Gambar 4.5 terlihat bahwa semua sampel yang terlapisi C-dots maupun tidak telah mengalami degradasi warna larutan *methylene blue*, akan tetapi sampel B dengan fraksi C-Dots yang paling kecil, yaitu 0,038/mm menunjukkan hasil warna larutan yang paling jernih dibandingkan dengan sampel yang lain. Hal

ini menunjukkan bahwa fraksi C-dots yang optimum untuk digunakan sebagai material fotokatalis adalah fraksi C-Dots B.

4.2.2. Variasi Konsentrasi *Methylene Blue*

Hasil uji kinerja fotokatalis terhadap larutan limbah sintetik *methylene blue* dengan variasi konsentrasi *methylene blue* pada fraksi C-Dots (B) tetap $0,038 \text{ mm}^{-1}$, ditunjukkan pada Gambar 4.6.



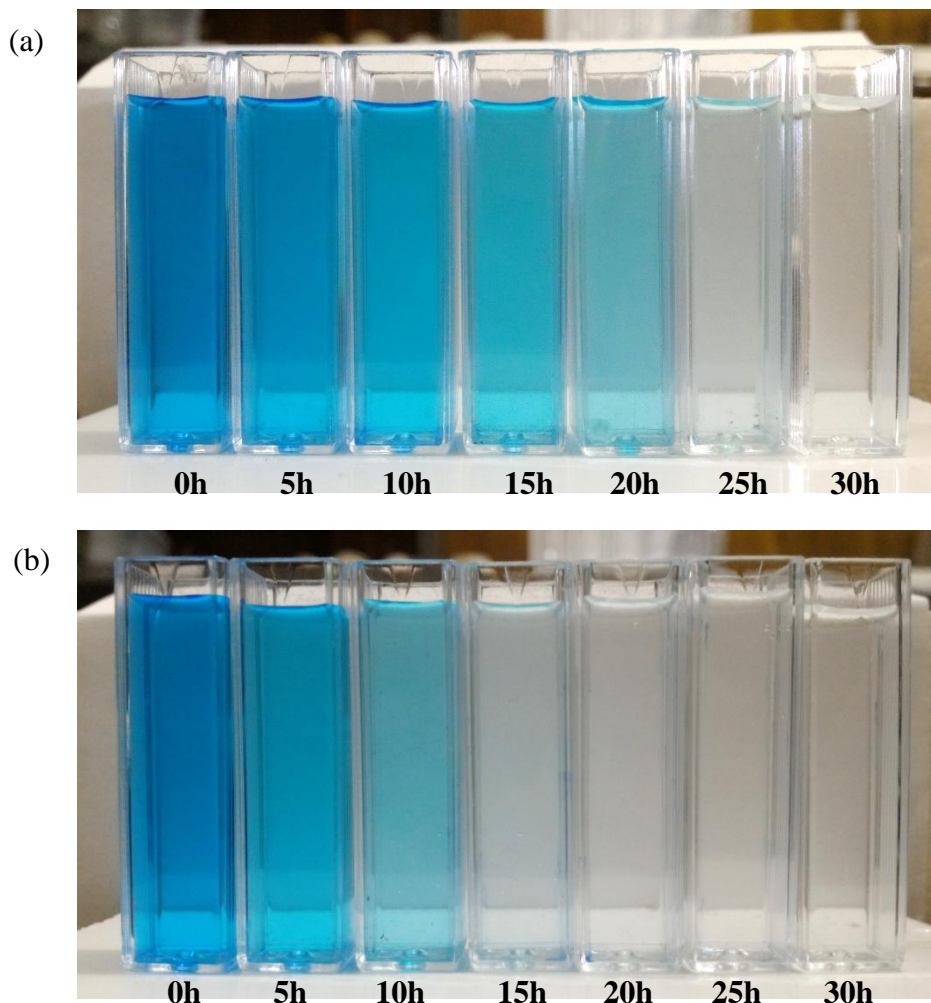
Gambar 4.6. Hasil uji kinerja fotokatalis dengan variasi konsentrasi *methylene blue* 10 ppm, 20 ppm, 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 60 ppm selama 20 jam (a) tanpa dilapisi C-Dots dan (b) dilapisi C-Dots $0,038 \text{ mm}^{-1}$.

Uji fotokatalis dengan variasi konsentrasi *methylene blue* digunakan untuk mengetahui besarnya konsentrasi *methylene blue* yang optimum yang dapat didegradasi oleh katalis C-Dots. Gambar 4.6a merupakan hasil uji fotokatalis limbah *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots dan Gambar 4.6b merupakan hasil uji fotokatalis limbah *methylene blue* yang dilapisi C-Dots. Penambahan konsentrasi zat warna *methylene blue* akan menurunkan aktivitas fotokatalis. Semakin besar konsentrasi *methylene blue* yang digunakan maka semakin banyak jumlah partikelnya. Banyaknya partikel tersebut menyebabkan adanya kompetisi antar partikel *methylene blue* untuk terabsorpsi oleh material fotokatalis C-Dots semakin besar. Hal ini menyebabkan proses degradasi berjalan lambat.

Pada Gambar 4.6a dan 4.6b menunjukkan bahwa konsentrasi *methylene blue* yang optimum adalah konsentrasi *methylene blue* yang paling kecil 10 ppm. Konsentrasi *methylene blue* memiliki nilai ambang batas yang diperbolehkan dalam perairan sekitar (5-10) mg/L (Lestari *et al.*, 2015). Berdasarkan hal tersebut pada uji fotokatalis selanjutnya digunakan konsentrasi 40 ppm agar terlihat seberapa besar pengaruh dari material fotokatalis C-Dots dalam mendegradasi limbah *methylene blue*.

4.2.3. Variasi Waktu Pemanasan

Hasil uji kinerja fotokatalis terhadap larutan limbah sintetik *methylene blue* dengan variasi waktu pemanasan untuk fraksi C-Dots dan konsentrasi *methylene blue* tetap, ditunjukkan pada Gambar 4.7.

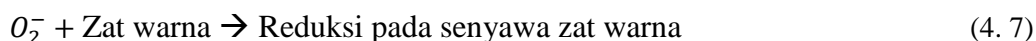
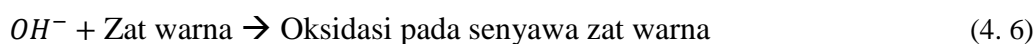


Gambar 4.7. Hasil uji kinerja fotokatalis larutan *methylene blue* 40 ppm dengan variasi waktu pemanasan 0 jam, 5 jam, 10 jam, 15 jam, 20 jam, 25 jam, 30 jam (a)tanpa dilapisi C-Dots & (b)dilapisi C-Dots $0,038\text{mm}^{-1}$.

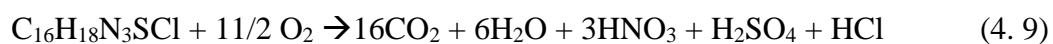
Pada Gambar 4.7a merupakan hasil uji fotokatalis limbah *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots, terlihat bahwa larutan uji dapat terdegradasi dengan baik pada waktu pemanasan 30 jam, sedangkan Gambar 4.7b merupakan hasil uji fotokatalis limbah *methylene blue* yang dilapisi C-Dots, terlihat bahwa larutan uji dapat terdegradasi dengan baik dengan waktu pemanasan 20 jam. Hal ini membuktikan bahwa material fotokatalis C-Dots dari minyak jelantah dapat membantu proses degradasi limbah *methylene blue* jauh lebih cepat. Uji fotokatalis

dengan variasi waktu pemanasan menggambarkan lama waktu kontak atau interaksi antara material fotokatalis dengan foton dari sinar matahari dalam menghasilkan radikal bebas dan interaksi antara radikal bebas dengan senyawa *methylene blue* dalam proses fotokatalis.

Adanya perubahan warna pada larutan uji *methylene blue* mengindikasikan terjadinya reaktifitas kimia selama proses uji fotokatalis. Aktivitas fotokatalis dapat terjadi jika energi foton yang dibawa oleh sinar matahari diserap oleh partikel C-Dots yang mempunyai energi lebih besar atau sama dengan celah pita material fotokatalis tersebut sehingga mampu mengeksitasi elektron pada material C-Dots membentuk pasangan elektron (e^-) dan *hole* (h^+). Proses ini dinamakan dengan fotoeksitasi. Elektron ini akan bereaksi dengan oksigen O_2 membentuk radikal bebas oksigen dan menghasilkan hidrogen peroksida H_2O_2 . *Hole* bereaksi dengan H_2O menghasilkan radikal bebas OH^- (Arutanti *et al.*, 2009). Persamaan reaksi yang terjadi saat proses fotokatalis menggunakan material C-Dots yaitu,



Semakin banyak radikal bebas yang terbentuk maka akan mempercepat proses degradasi dari larutan *methylene blue*. Persamaan reaksi di atas menunjukkan bahwa proses fotokatalis mampu mendegradasi larutan *methylene blue*, akan tetapi molekul yang dihasilkan dari proses fotokatalis larutan *methylene blue* bukan hanya berupa air (H₂O), tetapi terbentuk juga senyawa lain berupa asam nitrat (HNO₃), asam sulfat (H₂SO₄), serta asam klorida (HCl) yang tidak memiliki warna. Sedangkan gas karbon dioksida (CO₂) yang terbentuk akan menguap kembali ke udara (Aji *et al.*, 2016). Hal ini ditunjukkan pada reaksi dekomposisi *methylene blue* adalah sebagai berikut,



Berdasarkan reaksi tersebut *methylene blue* dapat terdegradasi jika bereaksi dengan oksigen. Pada proses fotokatalis dari larutan uji ini terdapat reaksi antara *hole* dengan oksigen, membentuk radikal bebas superoksida yang memiliki potensial redoks lebih besar dari oksigen sehingga mampu mendekomposisi larutan *methylene blue* jauh lebih cepat. Parameter yang digunakan untuk menguji mutu air hasil proses fotokatalis, yaitu tingkat rejeksi polutan dan derajat keasaman.

4.3 Analisis Standar Mutu Air

4.3.1. Tingkat Rejeksi Polutan

Tingkat rejeksi polutan diestimasi melalui spektrum absorbansi. Spektrum absorbansi merupakan nilai serapan energi cahaya oleh suatu sistem sebagai fungsi panjang gelombang dengan absorban maksimum dari suatu unsur atau senyawa.

Semakin kecil daerah serapan dari suatu larutan menunjukkan bahwa larutan tersebut semakin jernih. Spektrum absorbansi bergantung pada sifat dasar kimia bahan tersebut. Cahaya yang dimaksud yakni bersifat monokromatis dan mempunyai panjang gelombang tertentu. Beberapa atom hanya dapat menyerap sinar dengan panjang gelombang sesuai dengan unsur atom tersebut, sehingga memiliki sifat yang spesifik bagi suatu unsur atom.

Hubungan antara parameter intensitas absorpsi dan konsentrasi dapat diestimasi dari persamaan linier Lambert-Beer yang ditunjukkan pada persamaan 4.10 (Aji *et al.*, 2016),

$$I_t = I_0 e^{-(\alpha \ell C)}$$

$$\log \frac{I_0}{I_t} = \alpha \ell C = A \quad (4.10)$$

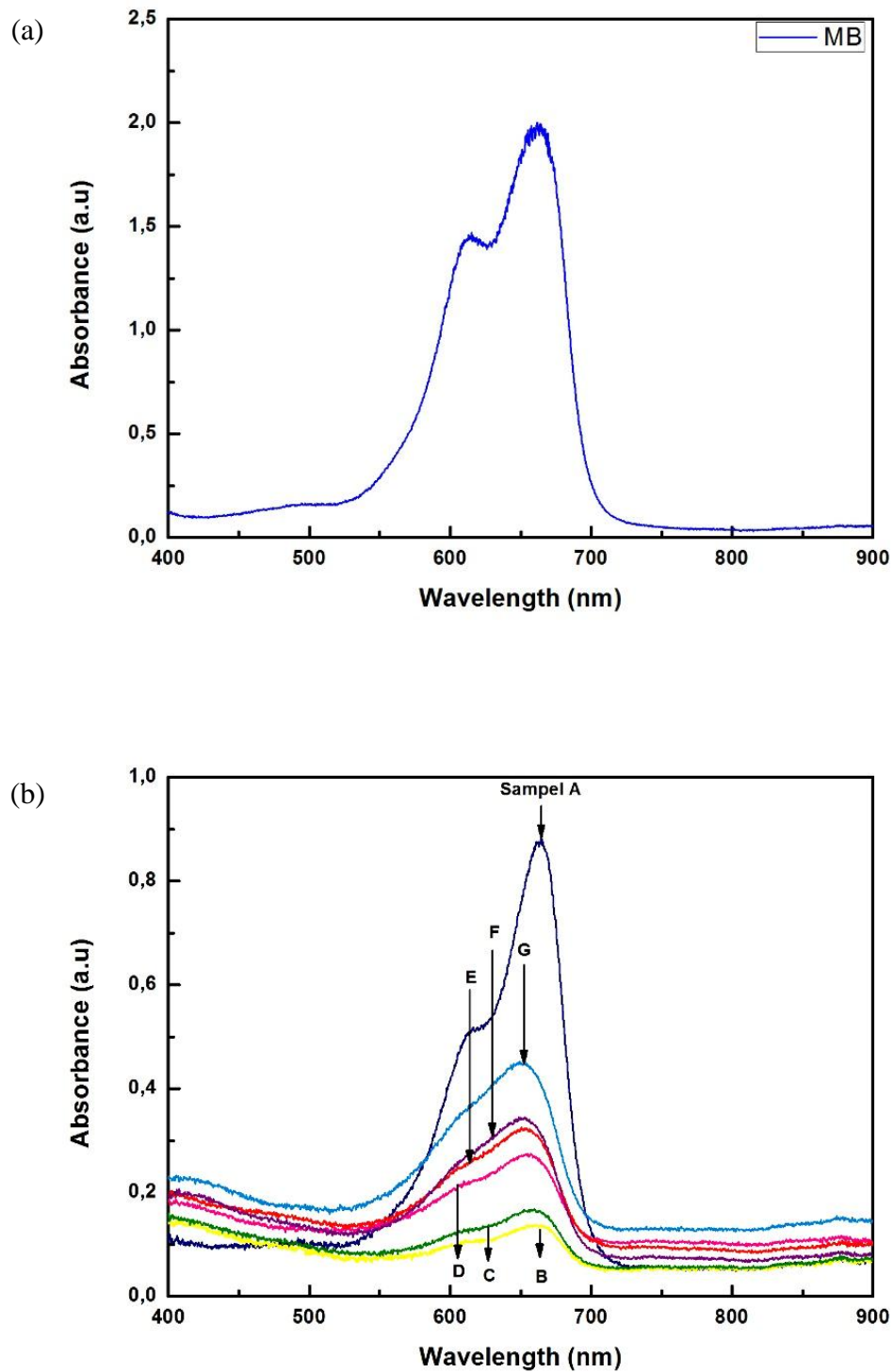
dengan koefisien absorpsi α , panjang lintasan ℓ , absorpsi A , I_0 dan I_t adalah intensitas cahaya datang dan diteruskan.

Larutan hasil uji fotokatalis yang akan diukur nilai absorbansinya dimasukkan dalam kuvet kemudian ditembakkan dengan sinar UV-Vis-NIR untuk mendapatkan intensitas cahaya yang mampu diserap dan diloloskan. Spektrum absorbansi yang diperoleh dari hasil uji kinerja fotokatalis dengan variasi fraksi C-Dots, ditunjukkan pada Gambar 4.8. Larutan *methylene blue* sebelum mengalami proses degradasi memiliki spektrum absorbansi yang ditunjukkan oleh Gambar 4.8a. Spektrum absorbansi *methylene blue* pada Gambar 4.8a menunjukkan serapan cahaya pada rentang panjang gelombang 600 nm hingga 700 nm. Hal ini bersesuaian dengan teori serapan maksimum *methylene blue* pada panjang

gelombang 668 nm (Whang *et al.*, 2009). Terbentuknya puncak spektrum dikarenakan adanya partikel *methylene blue* yang mampu menyerap sinar yang ditembakkan oleh spektrofotometer UV-Vis-NIR.

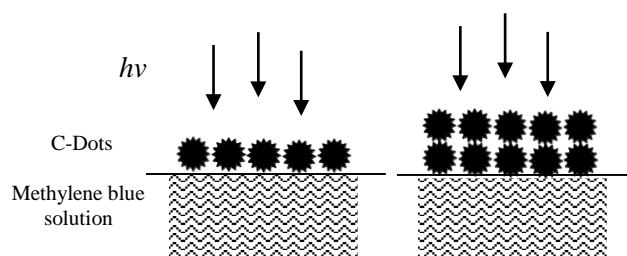
Gambar 4.8b merupakan spektrum absorbansi larutan hasil uji fotokatalis dengan variasi fraksi C-Dots selama 20 jam yang menunjukkan penurunan nilai puncak spektrum absorbansi. Degradasi intensitas spektrum absorbansi pada Gambar 4.8b merepresentasikan adanya penurunan konsentrasi *methylene blue*. Hal ini dikarenakan terjadi proses degradasi *methylene blue* selama uji fotokatalis. Penyebab dari *methylene blue* yang terdegradasi adalah adanya proses reaktivasi kimia saat uji kinerja fotokatalis yang menyebabkan partikel C-Dots mampu menjadi katalisator dan mendekomposisi larutan limbah sintetik *methylene blue*. Penurunan nilai puncak spektrum absorbansi dari larutan awal *methylene blue* menunjukkan penurunan kandungan partikel *methylene blue* selama proses fotokatalis.

Pada Gambar 4.8b, sampel A menunjukkan nilai puncak spektrum absorbansi yang paling tinggi dibandingkan dengan sampel yang lain setelah proses fotokatalis selama 20 jam. Sedangkan sampel yang dilapisi C-Dots yaitu dari sampel B-G, puncak spektrum tertinggi dimiliki oleh sampel G dan terendah dimiliki oleh sampel B, hal ini berarti sampel yang optimum untuk katalisator pada uji fotokatalis adalah sampel dengan fraksi C-Dots paling kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses fotokatalis sangat dipengaruhi oleh jumlah partikel C-Dots.



Gambar 4.8. Spektrum absorbansi (a) *methylene blue* dan (b) hasil uji fotokatalis dengan variasi fraksi C-Dots.

Ilustrasi material fotokatalis C-Dots dengan perbedaan fraksi (ketebalan) pada permukaan larutan *methylene blue*, ditunjukkan pada Gambar 4.9. Ketebalan dari C-Dots diatas permukaan *methylene blue* diibaratkan sebagai C-Dots yang berlapis. Proses fotokatalis terjadi saat foton dari sinar matahari dengan energi $h\nu$ menumbuk lapisan C-Dots dan menghasilkan pasangan elektron dan *hole*. Pasangan elektron dan *hole* ini merupakan agen utama dalam proses fotokatalis.



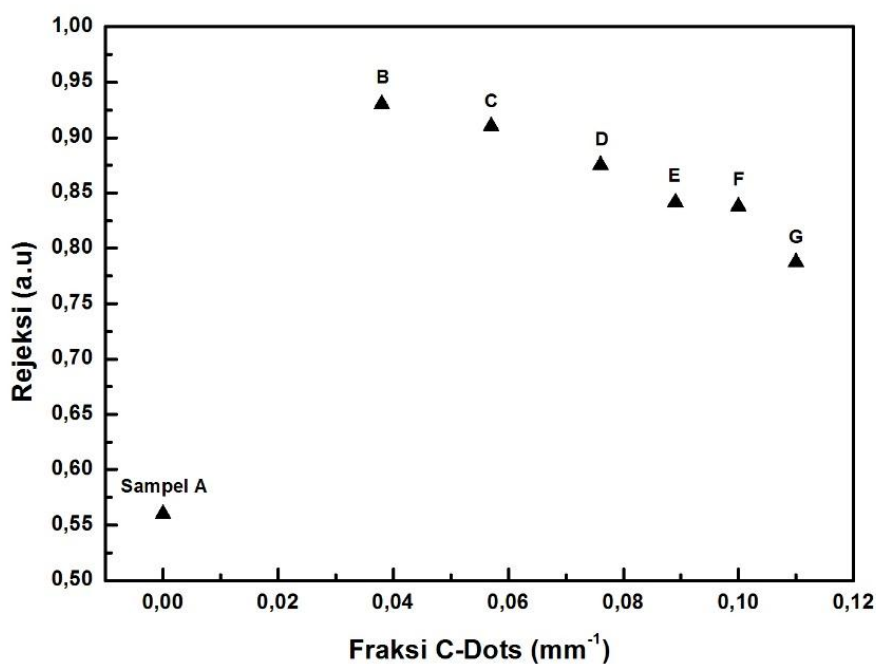
Gambar 4.9. Ilustrasi material fotokatalis C-Dots dengan perbedaan fraksi C-Dots di atas permukaan larutan *methylene blue* (Aji *et al.*, 2016).

Semakin tebal lapisan C-Dots membuat pasangan elektron dan *hole* yang terbentuk tidak dapat mengenai bidang kontak permukaan *methylene blue* secara langsung sehingga proses fotokatalis teramati lebih lambat, seperti yang dihasilkan pada spektrum absorbansi pada Gambar 4.8b.

Reduksi konsentrasi larutan *methylene blue* dari proses fotokatalis disebut sebagai rejeksi (R_j). Nilai R_j sebanding dengan jumlah partikel yang tidak terdegradasi pada proses fotokatalis, sedangkan konsentrasi partikel pada larutan dari hasil proses fotokatalis dikenal sebagai retensi (R_t). Nilai R_t merupakan perbandingan antara konsentrasi dari larutan hasil proses fotokatalis (C_f) dengan konsentrasi awal larutan (C_i). Hubungan dari nilai R_j dan R_t dinyatakan pada persamaan 4.11 (Aji, *et al.*, 2015).

$$R_j + R_t = 1 \quad \text{dengan} \quad R_t = \frac{C_f}{C_i} \quad (4.11)$$

Hubungan antara konsentrasi dan intensitas absorpsi dari persamaan Lambert-Beer menjadi dasar untuk mengestimasi nilai R_j dari intensitas spektrum absorptionsnya. Partikel *methylene blue* memiliki intensitas spektrum absorpsi yang khas pada panjang gelombang 668 nm (Whang, *et al.*, 2009). Distribusi nilai R_j dari hasil uji kinerja fotokatalis dengan variasi fraksi C-Dots, ditunjukkan pada Gambar 4.10.



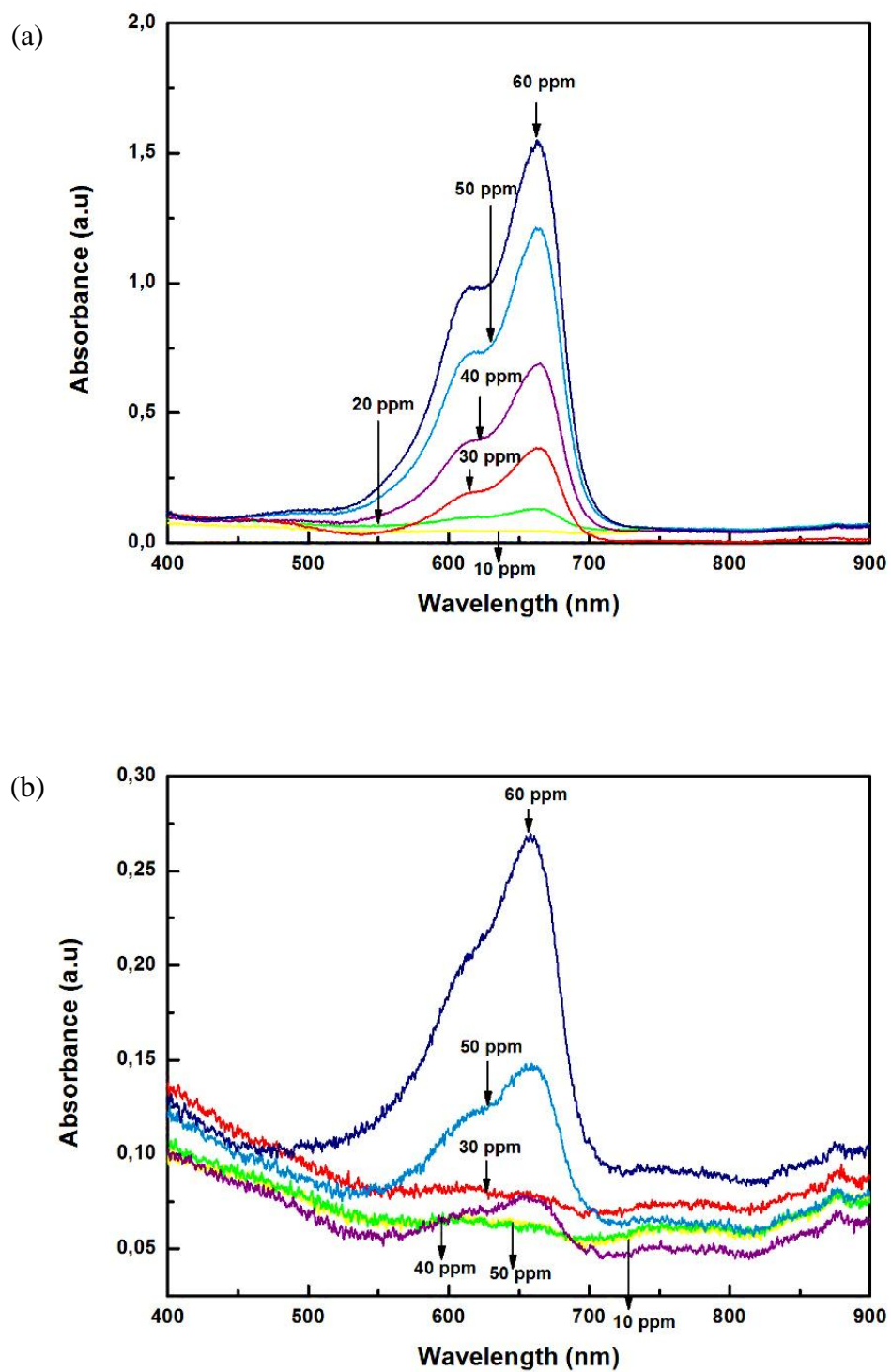
Gambar 4.10. Distribusi nilai rejeksi larutan *methylene blue* hasil uji fotokatalis dengan variasi fraksi C-Dots.

Rejeksi R_j larutan *methylene blue* meningkat pada fraksi C-Dots yang paling kecil, seperti yang ditunjukkan pada Sampel B sebesar 93%. Pada kondisi ini, banyak jumlah partikel yang terdegradasi sehingga konsentrasi partikel *methylene*

blue di dalam air semakin rendah. Pada Sampel A nilai rejeksinya hanya mencapai 56%, hal ini disebabkan pada Sampel A tidak dilapisi katalis C-Dots yang membantu dalam degradasi *methylene blue*. Saat fraksi C-Dots semakin meningkat, nilai rejeksi dari larutan *methylene blue* semakin menurun, hal ini disebabkan semakin tebal lapisan C-Dots membuat pasangan elektron dan *hole* yang terbentuk tidak dapat mengenai bidang kontak permukaan *methylene blue* secara langsung sehingga nilai rejeksinya kembali menurun. Berdasarkan nilai rejeksi dari larutan hasil uji fotokatalis dengan variasi fraksi selama 20 jam, tingkat rejeksi polutannya mencapai 93% yang merepresentasikan bahwa didalam larutan masih terdapat partikel *methylene blue* tetapi dalam jumlah kecil.

Spektrum absorbansi yang diperoleh dari hasil uji kinerja fotokatalis dengan variasi konsentrasi *methylene blue*, ditunjukkan pada Gambar 4.11. Gambar 4.11a merupakan spektrum absorbansi larutan hasil uji fotokatalis dengan variasi konsentrasi *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots, sedangkan Gambar 4.11b merupakan spektrum absorbansi larutan hasil uji fotokatalis dengan variasi konsentrasi *methylene blue* yang dilapisi C-Dots.

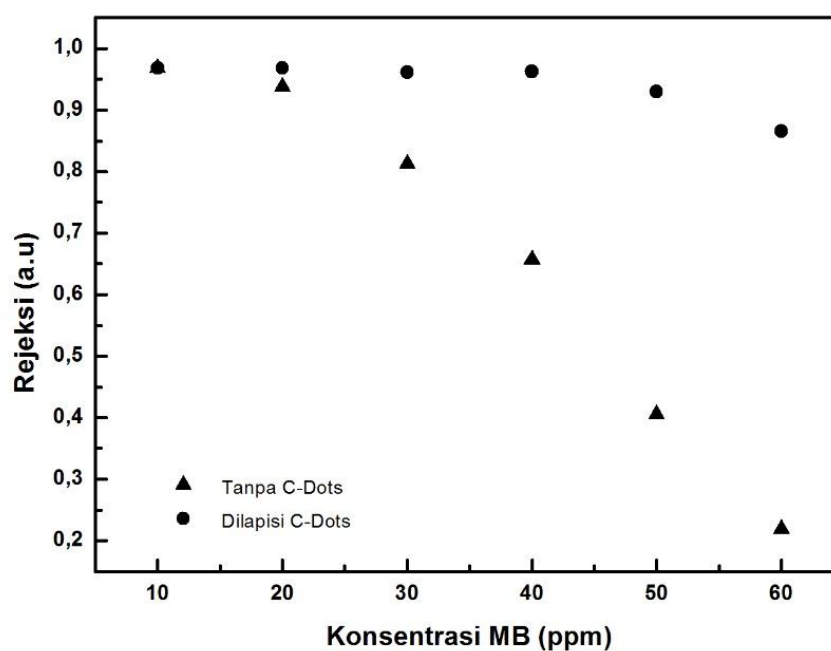
Pada Gambar 4.11a, spektrum absorbansi dari larutan hasil uji fotokatalis menunjukkan penurunan nilai puncak serapan, nilai degradasi tertinggi dimiliki oleh sampel dengan konsentrasi *methylene blue* 10 ppm. Sampel yang dilapisi C-Dots mampu mendegradasi *methylene blue* dari konsentrasi 10 hingga 60 ppm lebih cepat dibandingkan sampel tanpa dilapisi C-Dots, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.11. Semakin tinggi konsentrasi *methylene blue* maka laju degradasinya berjalan lebih lambat (Dini & Wardhani, 2014; Sakthivel *et al.*, 2003).



Gambar 4. 11. Spektrum absorbansi hasil uji fotokatalis dengan variasi konsentrasi *methylene blue* selama 20 jam (a) tanpa dilapisi C-Dots dan (b) dilapisi C-Dots.

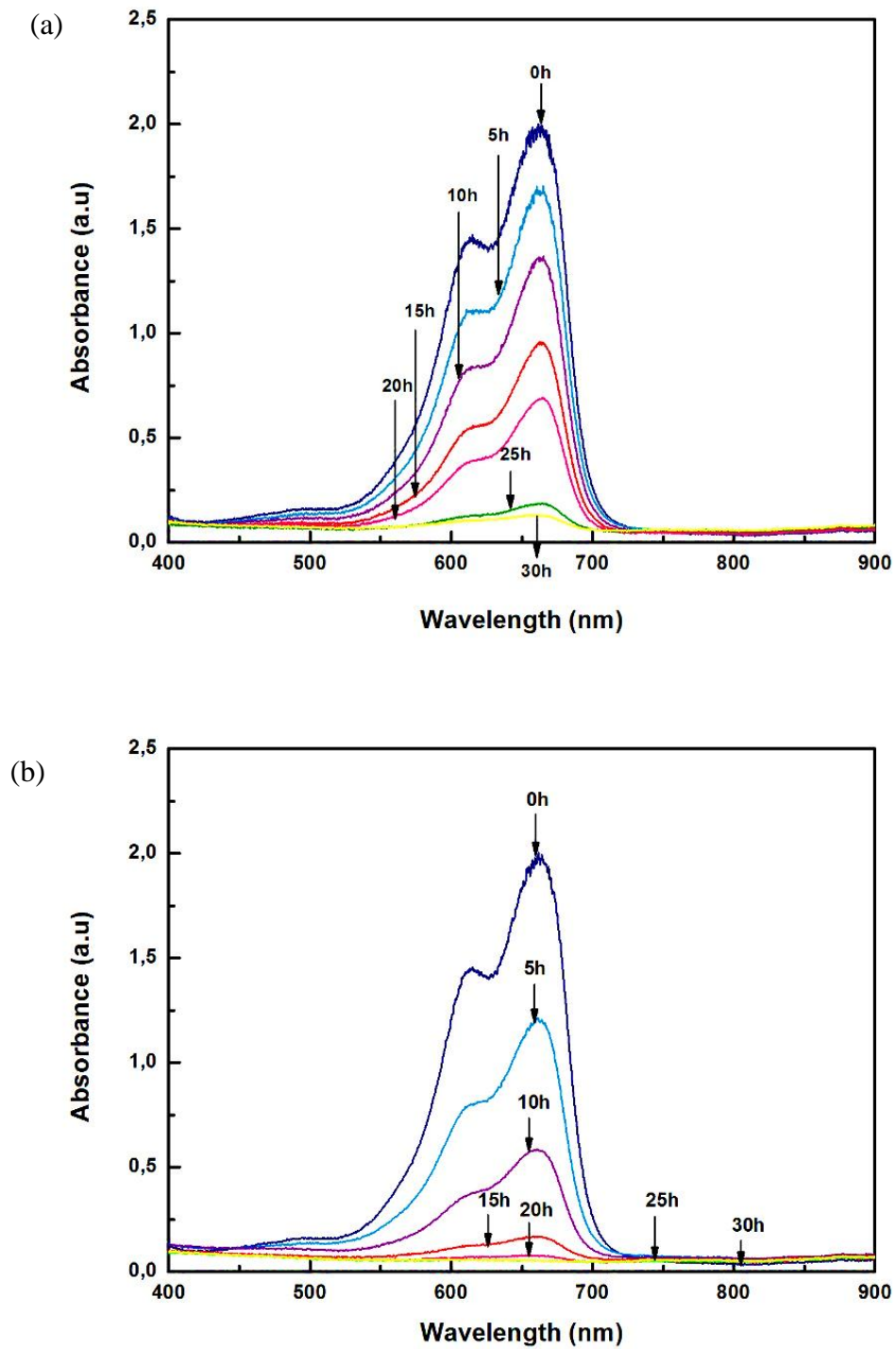
Laju degradasi berhubungan dengan pembentukan radikal bebas yang merupakan agen utama dalam proses degradasi, seperti yang ditunjukkan pada persamaan 4.1 hingga 4.6. Pada saat jumlah katalis C-Dots, luas permukaan penampang, dan waktu pemanasan yang tetap maka jumlah radikal OH^\cdot yang dihasilkan juga tetap sedangkan meningkatnya konsentrasi *methylene blue* menyebabkan jumlah partikel didalam larutan semakin banyak sehingga kurangnya jumlah radikal bebas OH^\cdot dalam mendegradasi partikel *methylene blue* membuat proses degradasi berjalan lambat.

Distribusi nilai R_j dari hasil uji kinerja fotokatalis dengan variasi konsentrasi *methylene blue* ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Distribusi nilai rejeksi larutan *methylene blue* hasil uji fotokatalis dengan variasi konsentrasi *methylene blue*.

Rejeksi R_j larutan *methylene blue* menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi *methylene blue* pada fraksi C-Dots tetap. Pada Gambar 4.12, nilai rejeksi tertinggi dimiliki oleh larutan dengan konsentrasi 10 ppm sebesar 96%. Pada kondisi ini, banyak jumlah partikel yang telah terdegradasi sehingga konsentrasi partikel *methylene blue* di dalam air semakin rendah. Saat konsentrasi *methylene blue* semakin meningkat, nilai rejeksi dari larutan *methylene blue* semakin menurun. Hal ini disebabkan semakin tinggi konsentrasi, semakin tinggi pula partikel *methylene blue* didalam larutan yang membuat radikal bebas yang terbentuk tidak dapat mendegradasi partikel *methylene blue* secara keseluruhan sehingga nilai rejeksinya kembali menurun yang merepresentasikan bahwa konsentrasi *methylene blue* didalam air masih tinggi. Hal berbeda yang ditunjukkan pada kurva adalah larutan yang dilapisi C-Dots lebih efektif dalam mendegradasi partikel *methylene blue*, karena terdapat radikal bebas yang membantu degradasi lebih cepat dibandingkan larutan tanpa katalis C-Dots, seperti pada konsentrasi 60 ppm, larutan yang dilapisi C-Dots memiliki nilai rejeksi sebesar 86%, sedangkan larutan tanpa dilapisi C-Dots hanya memiliki nilai rejeksi sebesar 21%. Berdasarkan spektrum absorbansi dan nilai rejeksi dari larutan hasil uji fotokatalis yang dilapisi C-Dots dengan variasi konsentrasi *methylene blue* selama 20 jam, tingkat rejeksi polutannya mencapai rentang 86%-96% yang merepresentasikan bahwa partikel *methylene blue* yang belum terdegradasi jumlahnya kecil.



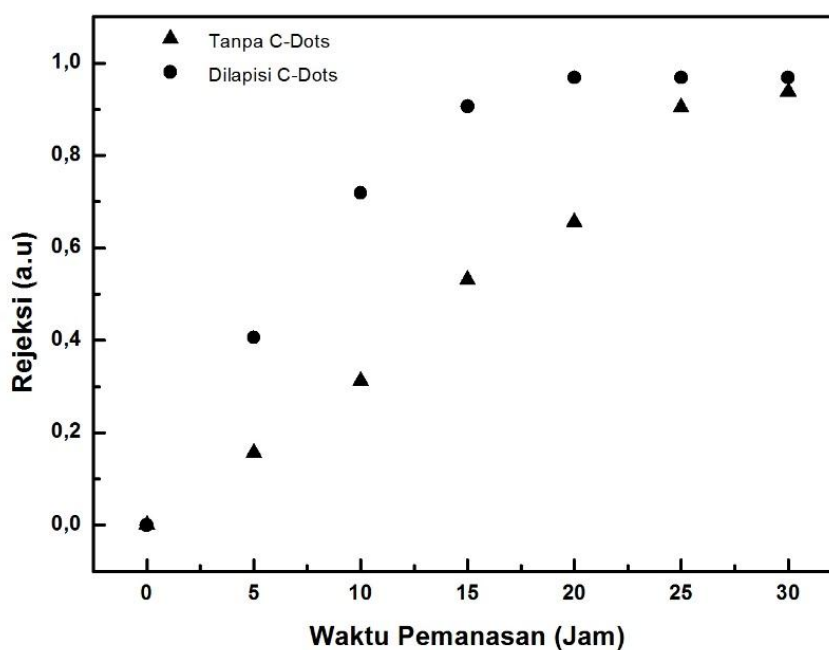
Gambar 4.13. Spektrum absorbansi hasil uji fotokatalis dengan variasi waktu pemanasan (a) tanpa dilapisi C-Dots dan (b) dilapisi C-Dots.

Spektrum absorbansi yang diperoleh dari hasil uji kinerja fotokatalis dengan variasi waktu pemanasan, ditunjukkan pada Gambar 4.13. Gambar 4.13a merupakan spektrum absorbansi larutan hasil uji fotokatalis dengan variasi waktu pemanasan tanpa dilapisi C-Dots. Gambar 4.13b merupakan spektrum absorbansi larutan hasil uji fotokatalis dengan variasi waktu pemanasan yang dilapisi C-Dots. Degradasi intensitas spektrum absorbansi pada Gambar 4.13 merepresentasikan adanya penurunan konsentrasi *methylene blue*. Lama waktu pemanasan merepresentasikan lama waktu kontak atau interaksi antara material fotokatalis dengan foton dari sinar matahari dalam menghasilkan radikal bebas dan interaksi antara radikal bebas dengan senyawa *methylene blue* dalam proses fotokatalis.

Pada gambar 4.13 menunjukkan bahwa degradasi intensitas *methylene blue* meningkat seiring dengan meningkatnya waktu pemanasan. Pada kurva spektrum absorbansi hasil uji fotokatalis tanpa dilapisi C-Dots selama waktu pemanasan 0-20 jam terjadi penurunan konsentrasi *methylene blue* yang cukup besar, sedangkan pada waktu pemanasan 25-30 jam degradasi yang diperoleh cenderung konstan, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13a. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pemanasan warna larutan akan semakin memudar, sehingga untuk mencapai larutan yang jernih menjadi lebih mudah. Semakin lama waktu pemanasan maka proses absorpsi akan berjalan kontinu hingga mencapai kondisi optimum sehingga degradasi cenderung stabil mendekati 100%. Berbeda dengan spektrum absorbansi hasil uji fotokatalis yang dilapisi C-Dots selama waktu pemanasan 0-15 jam terjadi penurunan konsentrasi *methylene blue* yang cukup besar, sedangkan pada waktu pemanasan 20-30 relatif konstan, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13b. Hal ini

membuktikan bahwa proses fotokatalis dengan dilapisi C-Dots terhadap larutan *methylene blue* mampu mendegradasi larutan *methylene blue* lebih cepat dibandingkan tanpa menggunakan C-Dots. Peningkatan degradasi tersebut dikarenakan saat proses fotokatalis, semakin lama waktu pemanasan energi foton dari sinar matahari yang menumbuk lapisan C-Dots mampu menghasilkan radikal bebas lebih banyak sehingga proses degradasi *methylene blue* berjalan lebih cepat.

Distribusi nilai R_j dari hasil uji kinerja fotokatalis dengan variasi waktu pemanasan, ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Distribusi nilai rejeksi larutan *methylene blue* hasil uji fotokatalis dengan variasi waktu pemanasan C-Dots.

Rejeksi R_j larutan *methylene blue* meningkat seiring dengan bertambahnya waktu pemanasan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.14. Pada kondisi ini, banyak jumlah partikel *methylene blue* yang terdegradasi sehingga konsentrasi partikel *methylene blue* di dalam air semakin rendah. Saat waktu pemanasan semakin meningkat, nilai rejeksi dari larutan *methylene blue* semakin meningkat. Hal ini disebabkan semakin lama waktu pemanasan membuat pasangan elektron dan *hole* yang terbentuk semakin banyak dan menghasilkan radikal bebas yang semakin banyak juga sehingga partikel *methylene blue* yang terdegradasi lebih banyak yang ditunjukkan dengan nilai rejeksinya semakin tinggi. Hal menarik yang ditunjukkan pada kurva adalah pada waktu pemanasan 30 jam larutan tanpa C-Dots maupun larutan yang dilapisi C-Dots memiliki nilai rejeksi yang hampir sama sebesar 93%-96%. Pada waktu pemanasan 20 hingga 30 jam larutan yang dilapisi C-Dots memiliki nilai rejeksi yang relatif kontinu yaitu 96 %. Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu pemanasan maka proses absorpsi akan berjalan kontinu hingga mencapai kondisi optimum sehingga degradasi cenderung stabil mendekati 100%.

Pada Gambar 4.14 terlihat bahwa larutan yang dilapisi C-Dots lebih cepat dalam mendegradasi partikel *methylene blue*, seperti pada waktu pemanasan 20 jam, larutan tanpa dilapisi C-Dots memiliki nilai rejeksi sebesar 65%, sedangkan larutan yang dilapisi C-Dots memiliki nilai rejeksi yang lebih tinggi yaitu sebesar 96%. Berdasarkan spektrum absorbansi dan nilai rejeksi dari larutan hasil uji fotokatalis yang dilapisi C-Dots dengan variasi waktu pemanasan, tingkat rejeksi polutannya mulai stabil saat waktu pemanasan 20 hingga 30 jam sebesar 96% yang

merepresentasikan bahwa partikel *methylene blue* yang belum terdegradasi didalam larutan jumlahnya sedikit.

4.3.2. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH (*power of Hydrogen*) didefinisikan sebagai negatif logaritma dari aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH yang normal memiliki nilai 7, sedangkan jika rentang nilai pH < 7 maka larutan tersebut bersifat asam, dan apabila nilai pH > 7 maka larutan tersebut bersifat basa. Nilai pH 0 menunjukkan tingkat keasaman yang tinggi, sedangkan nilai pH 14 menunjukkan tingkat kebasaan yang tinggi.

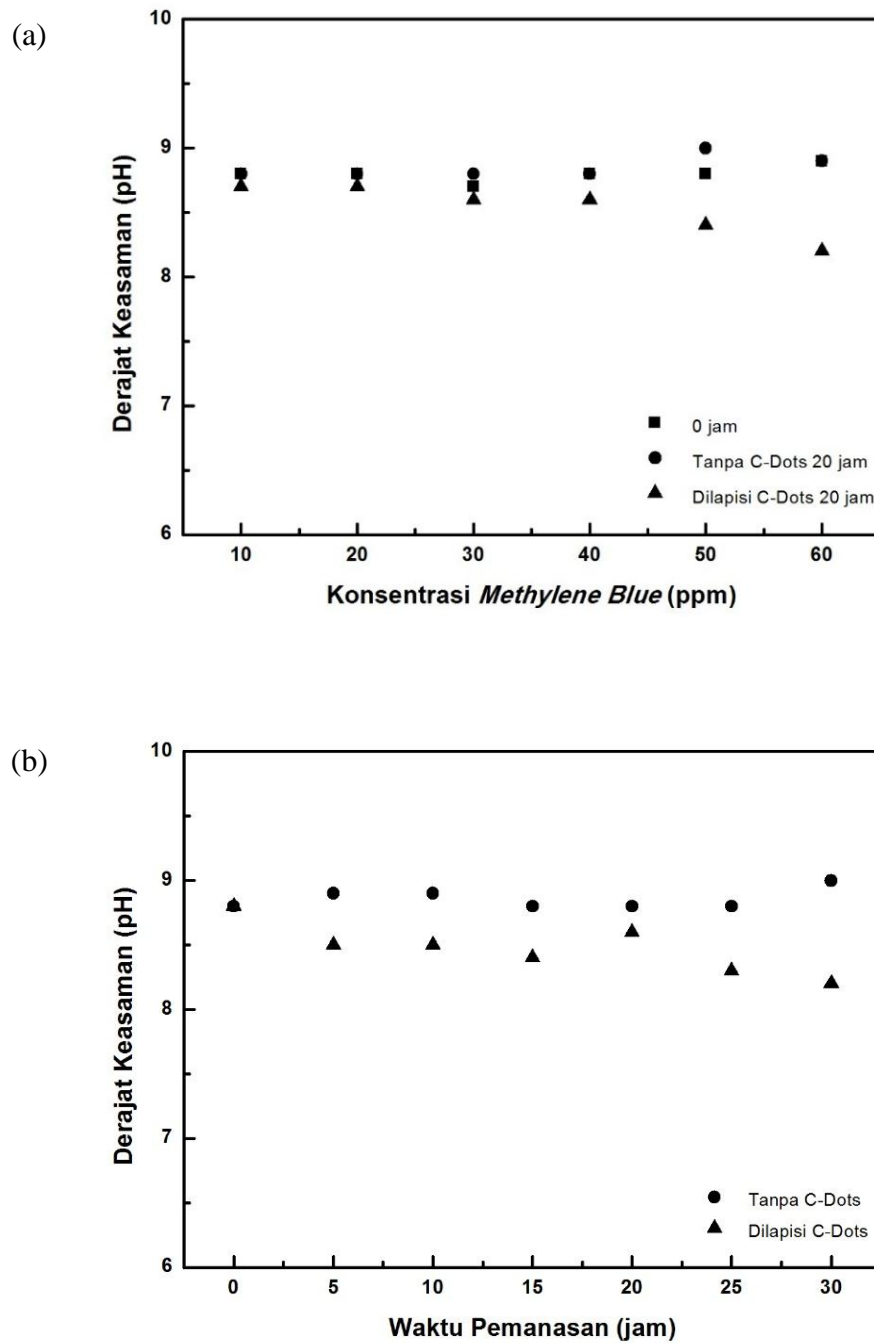
$$pH = -\log[H^+]$$

Pada prinsipnya pengukuran derajat keasaman (pH) didasarkan pada potensial elektrokimia yang terjadi pada larutan. Molekul-molekul suatu zat yang terdapat pada larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut elektrolit. Air murni merupakan elektrolit lemah, sebagian molekulnya terurai menjadi ion H^+ dan OH^- .



Berdasarkan persamaan tersebut menunjukkan bahwa satu ion H^+ dan satu ion OH^- berasal dari satu penguraian molekul H_2O . Konsentrasi ion H^+ dan ion OH^- yang sama menunjukkan bahwa larutan air tersebut merupakan larutan netral. Larutan yang mengandung konsentrasi ion H^+ jauh lebih besar dari konsentrasi ion

OH^- disebut larutan asam, sedangkan larutan yang mengandung konsentrasi ion H^+ jauh lebih kecil dari konsentrasi ion OH^- disebut larutan basa.



Gambar 4.15. Kurva hubungan antara derajat keasaman dengan (a) Konsentrasi *methylene blue* dan (b) Waktu pemanasan.

Pengukuran derajat keasaman pada larutan hasil uji fotokatalis menggunakan pH Meter Digital PH-009(I)A. Kurva hubungan antara derajat keasaman (pH) dengan konsentrasi *methylene blue* dan waktu pemanasan, ditunjukkan pada Gambar 4.15. Pada Gambar 4.15a menunjukkan bahwa larutan uji *methylene blue* memiliki derajat keasaman pada rentang 8,7-8,9. Larutan *methylene blue* yang telah mengalami proses fotokatalis selama 20 jam memiliki derajat keasamaan yang nilainya berubah yaitu dari 8,8 hingga 8,2. Hal ini menunjukkan bahwa pada proses fotokatalis mampu mengubah pH larutan. Hasil yang sama juga ditunjukkan pada Gambar 4.15b, semakin lama waktu pemanasan pH larutan yang dilapisi C-Dots memiliki nilai kadar pH, yaitu pada rentang 8,8-8,2.

Penurunan kadar pH tersebut disebabkan pada saat proses fotokatalis jumlah ion H^+ di dalam larutan semakin bertambah. Meningkatnya jumlah ion H^+ berkaitan dengan senyawa yang dihasilkan dari proses degradasi *methylene blue* yaitu berupa air (H_2O), asam sitrat (HNO_3), asam sulfat (H_2SO_4), dan asam klorida (HCl). Berdasarkan parameter standar mutu air untuk analisis derajat keasaman dari larutan hasil fotokatalis, pH yang didapatkan berada pada kondisi normal yaitu pada rentang 8,2-9 yang menunjukkan bahwa larutan tersebut masih aman untuk digunakan kembali pada kegiatan tertentu misalnya pertanian, karena berada pada rentang kategori air bersih yang memiliki pH sekitar 6-9 (PP No.20 Tahun 1990).

BAB 5

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan mengenai analisis standar mutu air hasil proses fotokatalis menggunakan material C-Dots dari minyak jelantah yang ditinjau dari aspek warna dan tingkat keasaman. Larutan uji *methylene blue* yang telah melalui proses fotokatalis mengalami degradasi warna dari warna biru pekat hingga larutan tersebut tidak berwarna (jernih). Hal ini menunjukkan bahwa material fotokatalis C-Dots dari minyak jelantah efektif dalam mendegradasi partikel *methylene blue*. Tingkat rejeksi polutan *methylene blue* mencapai nilai 93% hingga 96% yang merepresentasikan bahwa partikel *methylene blue* didalam larutan telah terdegradasi dengan baik. Hasil tersebut telah memenuhi standar mutu air secara fisika, yaitu larutan yang dihasilkan tidak berwarna (jernih).

Analisis derajat keasaman pada larutan hasil proses fotokatalis menunjukkan bahwa larutan berada pada kondisi basa. Proses fotokatalis ini mampu menurunkan kadar pH larutan uji *methylene blue*. Ditinjau dari kedua analisis standar mutu air tersebut air hasil proses fotokatalis berpotensi layak untuk digunakan kembali dalam kegiatan tertentu, seperti dalam perairan dan pertanian.

5.2 Saran

Mengacu pada hasil akhir pembahasan diatas, penelitian ini masih harus disempurnakan. Oleh karena itu, ada beberapa saran untuk penelitian ini yaitu pada penelitian selanjutnya disarankan agar dilakukan uji fotokatalis dengan pengaruh perbedaan pH larutan terhadap laju proses fotokatalis. Kemudian, pada analisis standar mutu air sebaiknya dilakukan karakterisasi mengenai kadar oksigen yang merupakan analisis standar mutu air yang dilihat secara mikroskopik, karena merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengetahui kandungan oksigen yang terlarut didalam larutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, M. P., Suciningtyas, S. A., Wiguna, P. A., Susanto, Rosita, N., & Sulhadi. (2016). Carbon Nanodots from Frying Oil as Catalyst for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Assisted Solar Light Irradiation. *American Journal of Applied Sciences*, 13(4), 432-438. doi:10.3844/ajassp.2016.432.438
- Aji, M. P., Wiguna, P. A., Rosita, N., Susanto, Savitri, M. I., Said, M. A., & Sulhadi. (2015). Multilayer Porous Composite from Waste Glass for Water Filtration. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(2), 170-176.
- Aji, M. P., Wiguna, P. A., Susanto, Rosita, N., Suciningtyas, S. A., & Sulhadi. (2016). Performance of Photocatalyst based Carbon Nanodots from Waste Frying Oil in Water Purification. *AIP Conference Proceedings*, 1725, 020001-1–020001-6. doi:10.1063/1.4945455
- Aji, M. P., Wiguna, P. A., Susanto, Wicaksono, R., & Sulhadi. (2015). Identification of Carbon Dots in Waste Cooking Oil. *Advanced Materials Research*, 1123, 402-405.
- Aliah, H., Aji, M. P., Masturi, Sustini, E., Budiman, M., & Abdullah, M. (2012). TiO₂ Nanoparticles-Coated Polypropylene Copolymer as Photocatalyst on Methylene Blue Photodegradation under Solar Exposure. *American Journal of Environmental Sciences* 8 (3), 280-290.
- Arutanti, O., Abdullah, M., Khairurrijal, & Mahfudz, H. (2009). Penjernihan Air Dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO₂). *Jurnal Nanosains & Nanoteknologi*, 53-55.
- Baker, S. N., & Baker, G. A. (2010). Luminescent Carbon Nanodots: Emergent Nanolights. *Angewandte Chemie International Edition*, 49(38), 6726-6744.
- Chhetri, A. B., Watts, K. C., & Islam, M. R. (2008). Waste Cooking Oil as an Alternate Feedstock for Biodiesel Production. *Energies*, 3-18.
- Dini, E. W., & Wardhani, S. (2014). Degradasi Metilen Biru menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit. *Chem. Prog*, 7(1), 29-33.
- Edwar, Z., Suyuthie, H., Yerizel, E., & Sulastri, D. (2011). Pengaruh Pemanasan terhadap Kejenuhan Asam Lemak Minyak Goreng Sawit dan Minyak Goreng Jagung. *J Indon Med Assoc*, 61, 248-252.
- Hajian, R., Shams, N., & Mohagheghian, M. (2009). Study on the Interaction between Doxorubicin and Deoxyribonucleic Acid with the use of Methylene Blue as a Probe. *J. Braz. Chem. Soc*, 20, 1399-1405.

- Hu, Y., Yang, J., Tian, J., Jia, L., & Yu, J.-S. (2014). Waste frying oil as a precursor for one-step synthesis of sulfur-doped carbon dots with pH-sensitive photoluminescence. *Carbon*, *77*, 775-782.
- Isnaeni, V. A., Arutanti, O., Sustini, E., Aliah, H., Khairurrijal, & Abdullah, M. (2011). A Novel System for Producing Photocatalytic Titanium Dioxide-Coated Fibers for Decomposing Organic Pollutants in Water. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, *00*, 1-10.
- Lestari, Y. D., Wardhani, S., & Khunur, M. M. (2015). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO₂-N/Zeolit dengan Sinar Matahari. *Kimia Student Journal*, *1*, 592-598.
- Li, C.-L., Ou, C.-M., Huang, C.-C., Wu, W.-C., Chen, Y.-P., Lin, T.-E., . . . Chang, H.-T. (2014). Carbon dots prepared from ginger exhibiting Carbon dots prepared from ginger exhibiting Carbon dots prepared from ginger exhibiting. *Journal of Materials Chemistry B*, *2*, 4564-2571.
- Li, H., Kang, Z., Liu, Y., & Lee, S.-T. (2012). Carbon nanodots: synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry*, *22*(46), 24230-24253.
- Lotfy, H. R., Misihairabgwi, J., & Mutwa, M. M. (2012). The Preparation of Activated Carbon from Agroforestry Waste for Wastewater Treatment. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, *6*, 149-156.
- Masturi, Silvia, Aji, M., Sustini, E., Khairurrijal, & Abdullah, M. (2012). Permeability, Strength and Filtration Performance for Uncoated and Titania-coated Clay Wastewater Filters. *American Journal of Environmental Sciences*, *8*, 79-94.
- Miclescu, A., & Wiklund, L. (2010). Methylene blue, an old drug with new indications? *J.Rom.Anest.Terap.Int*, *17*, 35-41.
- Noriko, N., Elfidasari, D., Perdana, A. T., Wulandari, N., & Wijayanti, W. (2012). Analisis Penggunaan dan Syarat Mutu Minyak Goreng pada Penjaja Makanan di Food Court UAI. *Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, *Vol. 1, No.3*, 147-154.
- Nosaka, Y., & Nosaka, A. Y. (2013). Identification and Roles of the Active Species Generated on Various Photocatalysts. Dalam *Photocatalysis and Water Purification: From Fundamentals to Recent Application, First Edition* (hal. 1-24). VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Wiley.
- Ong, S. W., Lin, J., & Seebauer, E. G. (2015). Control of Methylene Blue Photo-Oxidation Rate over Polycrystalline Anatase TiO₂ Thin Films via Carrier Concentration. *The Journal of Physical Chemistry*, 1-32.

- Petrik, L., Missengue, R., Fatoba, O., Tuffin, M., & Sachs, J. (2012). *SILVER / ZEOLITE NANO COMPOSITE-BASED CLAY FILTERS FOR WATER DISINFECTION*. South Africa: Water Research Commission.
- Sahu, S., Behera, B., Maiti, T. K., & Mohapatra, S. (2012). Simple one-step synthesis of highly luminescent carbon dots from orange juice: Application as excellent bio-imaging agents. *Electronic Supplementary Information*, 48(70), 8835-8837.
- Sakthivel, S., Neppolian, B., Shankar, V., Arabindoo, B., Palanichamy, M., & Murugesan, V. (2003). Photocatalytic Degradation of Azo Dye Comparison of Photocatalytic Efficiency of ZnO and TiO₂. *Sol. Energy Mater. Sol. C*, 77, 65-82.
- Sanli, H., Canakci, M., & Alptekin, E. (2011). *Characterization of Waste Frying Oils Obtained from Different Facilities*. Sweden: World Renewable Energy Congress.
- Suneel, S. D. (2014). *Nanotechnology*. Dipetik January 27, 2016, dari Nanotechnology:
http://www.gitam.edu/eresource/nano/nanotechnology/role_of_bottomup_and_topdown_a.htm
- Whang, T.-J., Huang, H.-Y., Hsieh, M.-T., & Chen, J.-J. (2009). Laser-Induced Silver Nanoparticles on Titanium Oxide for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue. *International Journal of Molecular Sciences*, 10, 4707-4718.
- Zhao, S., Lan, M., Zhu, X., Xue, H., Ng, T.-W., Meng, X., . . . Zhang, W. (2015). Green Synthesis of Bifunctional Fluorescent Carbon Dots from Garlic for Cellular Imaging and Free Radical Scavenging. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(31), 17054–17060.
- Zhu, C., Zhaia, J., & Dong, S. (2012). Bifunctional fluorescent carbon nanodots: green synthesis via soy milk and application as metal-free electrocatalysts for oxygen reduction. *Chem. Commun*, 48, 9367–9369.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1. Parameter Standar Mutu Air di Perairan Umum (PP No.20 Tahun 1990)

**Tabel 2.1. Parameter Standar Mutu Air di Perairan Umum
(PP No.20 Tahun 1990)**

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum			
			Golongan A	Golongan B	Golongan C	Golongan D
FISIKA						
1	Bau	-	-	-	-	-
2	Jumlah zat padat terlarut	Mg/L	1000	1000	1000	1000
3	Kekeruhan	Skala NTU	5			
4	Rasa	-				
5	Warna	Skala TCU	15			
6	Suhu	°C	Suhu udara			
7	Daya Hantar Listrik	Umhos/cm				2250
KIMIA Anorganik						
1	Air raksa	Mg/lit	0,001	0,001	0,002	0,005
2	Aluminium	Mg/lit	0,2	-		
3	Arsen	Mg/lit	0,005	0,05	1	1
4	Barium	Mg/lit	1	1		
5	Besi	Mg/lit	0,3	5		
6	Florida	Mg/lit	0,5	1,5	1,5	
7	Kadmium	Mg/lit	0,005	0,01	0,01	0,01
8	Kesadahan CaCO ₃	Mg/lit	500			
9	Klorida	Mg/lit	250	600	0,003	
10	Kromium valensi 6	Mg/lit	0,005	0,05	0,05	1
11	Mangan	Mg/lit	0,1	0,5		2
12	Natrium	Mg/lit	200			60
13	Nitrat sebagai N	Mg/lit	10	10		
14	Nitrit sebagai N	Mg/lit	1,0	1	0,06	

15	Perak	Mg/lt	0,05			
16	pH		6,5 – 8,5	5 – 9	6 – 9	5 – 9
17	Selenium	Mg/lt	0,01	0,01	0,05	0,05
18	Seng	Mg/lt	5	5	0,02	2
19	Sianida	Mg/lt	0,1	0,1	0,02	
20	Sulfat	Mg/lt	400	400		
21	Sulfida sebagai H ₂ S	Mg/lt	0,05	0,1	0,002	
22	Tembaga	Mg/lt	1,0	1	0,02	0,1
23	Timbal	Mg/lt	0,05	0,01	0,03	1
24	Oksigen terlarut (DO)	Mg/lt	-	>=6	>3	
25	Nikel	Mg/lt	-			0,5
26	SAR (Sodium Absortion Ratio)	Mg/lt	-			1,5 – 2,5
	Kimia Organik					
1	Aldrin dan dieldrin	Mg/lt	0,0007	0,017		
2	Benzona	Mg/lt	0,01			
3	Benzo (a) Pyrene	Mg/lt	0,00001			
4	Chlordane (total isomer)	Mg/lt	0,0003			
5	Chlordane	Mg/lt	0,03	0,003		
6	2,4 D	Mg/lt	0,10			
7	DDT	Mg/lt	0,03	0,042	0,002	
8	Detergent	Mg/lt	0,5			
9	1,2 Dichloroethane	Mg/lt	0,01			
10	1,1 Dichloroethane	Mg/lt	0,0003			
11	Heptachlor heptachlor epoxide	Mg/lt	0,003	0,018		
12	Hexachlorobenzene	Mg/lt	0,00001			
13	Lindane	Mg/lt	0,004	0,056		
14	Metoxychlor	Mg/lt	0,03	0,035		
15	Pentachlorophenol	Mg/lt	0,01			
16	Pestisida total	Mg/lt	0,1			
17	2,4,6 Trichlorophenol	Mg/lt	0,01			
18	Zat Organik (KMnO ₄)	Mg/lt	10			
19	Endrin	Mg/lt	-	0,001	0,004	
20	Fenol	Mg/lt	-	0,002	0,001	
21	Karbon kloroform ekstrak	Mg/lt	-	0,05		
22	Minyak dan lemak	Mg/lt	-	Nihil	1	
23	Organofosfat dan carbanat	Mg/lt	-	0,1	0,1	

24	PCD	Mg/l	-	Nihil		
25	Senyawa aktif biru metilen	Mg/l	-	0,5	0,2	
26	Toxaphene	Mg/l	-	0,005		
27	BHC	Mg/l	-		0,21	
Mikrobiologik						
1	Koliform tinja	Jml/100ml	0	2000		
2	Total koliform	Jml/100ml	3	10000		

Keterangan :

Golongan A merupakan air untuk air minum tanpa pengolahan terlebih dahulu.

Golongan B merupakan air yang dipakai sebagai bahan baku air minum melalui suatu pengolahan.

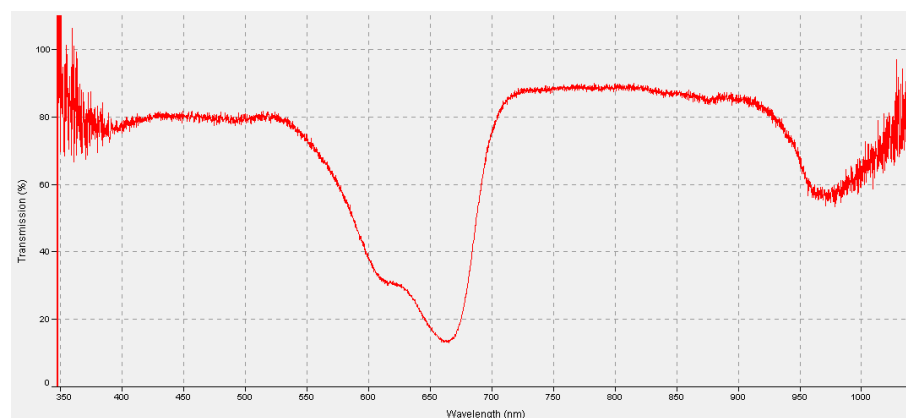
Golongan C merupakan air untuk perikanan dan peternakan.

Golongan D merupakan air untuk pertanian dan usaha perkotaan, industri dan PLTA.

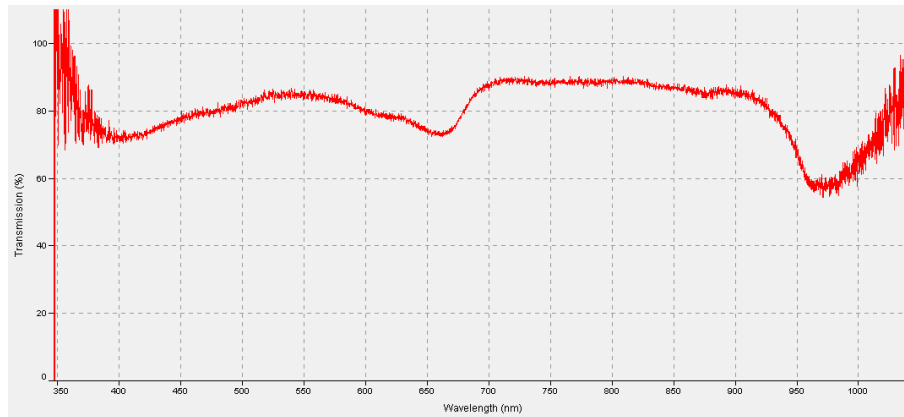
Lampiran 2. Hasil Pengukuran Spektrum Absorbansi Larutan *Methylene*

Blue Hasil Uji Fotokatalis

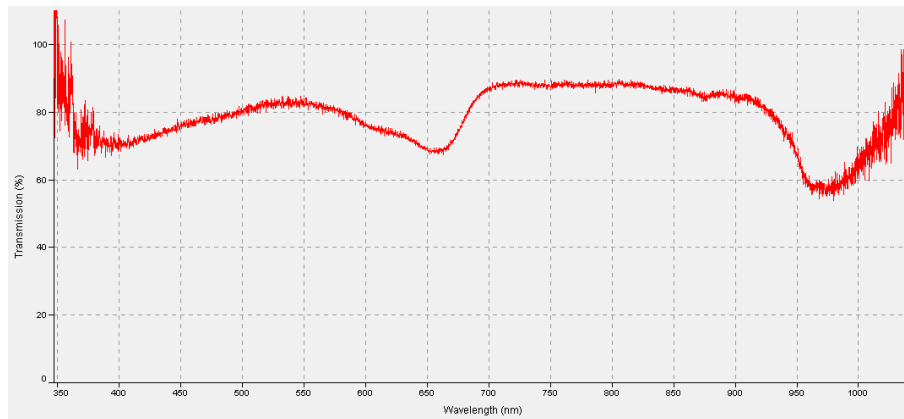
1.1 Variasi Fraksi C-Dots.



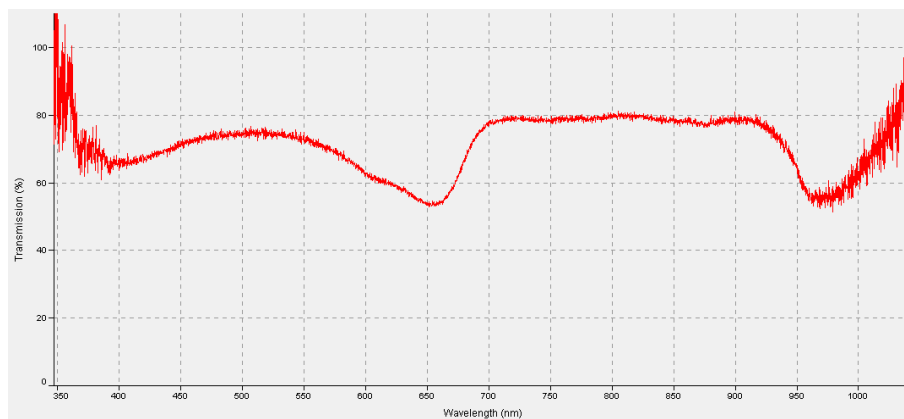
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots selama 20 jam.



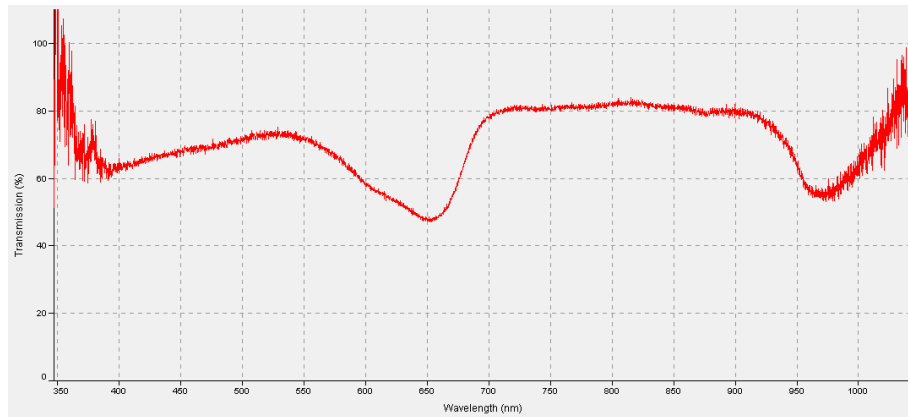
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* dengan dilapisi fraksi C-Dots 0,038/mm selama 20 jam.



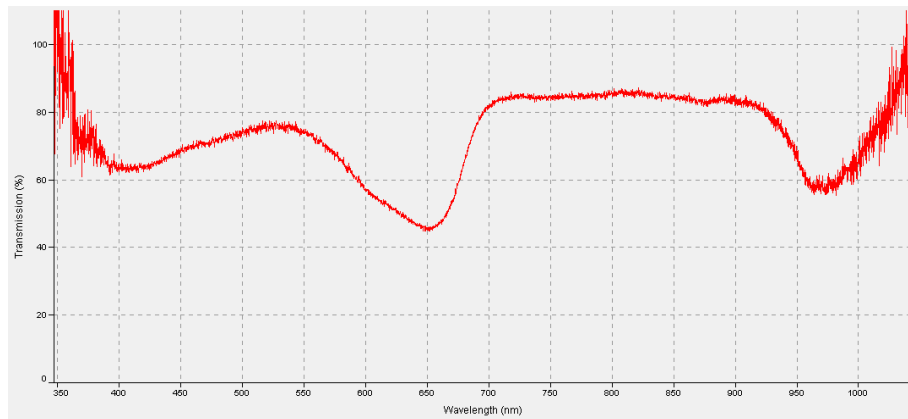
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* dengan dilapisi fraksi C-Dots 0,057/mm selama 20 jam.



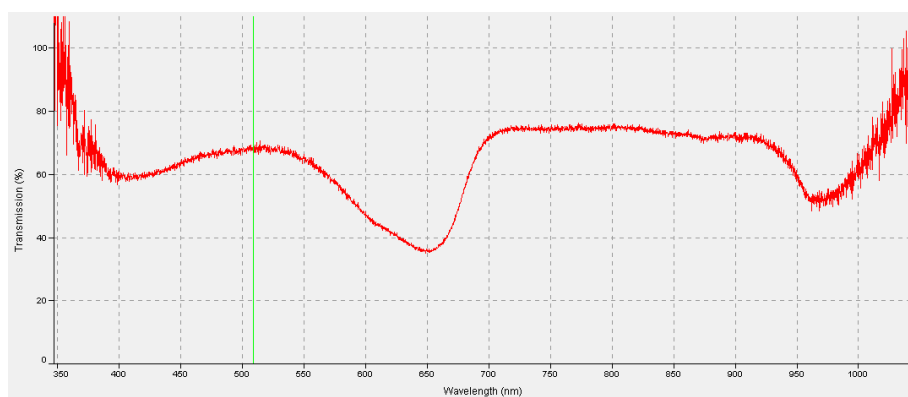
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* dengan dilapisi fraksi C-Dots 0,076/mm selama 20 jam.



Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* dengan dilapisi fraksi C-Dots 0,089/mm selama 20 jam.

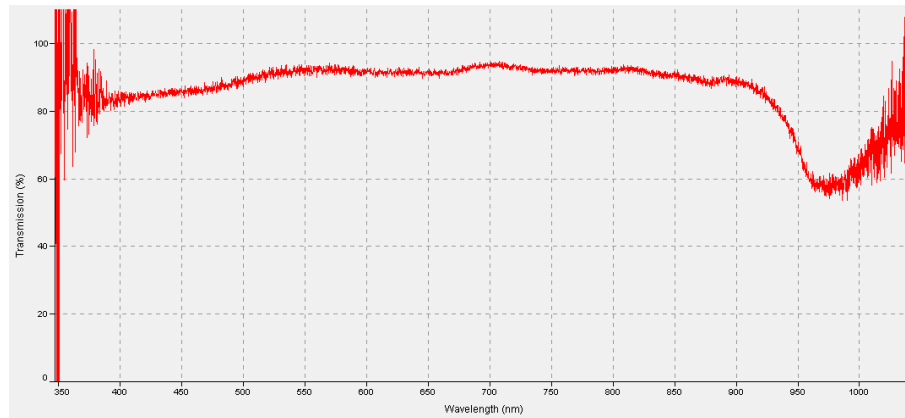


Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* dengan dilapisi fraksi C-Dots 0,010/mm selama 20 jam.

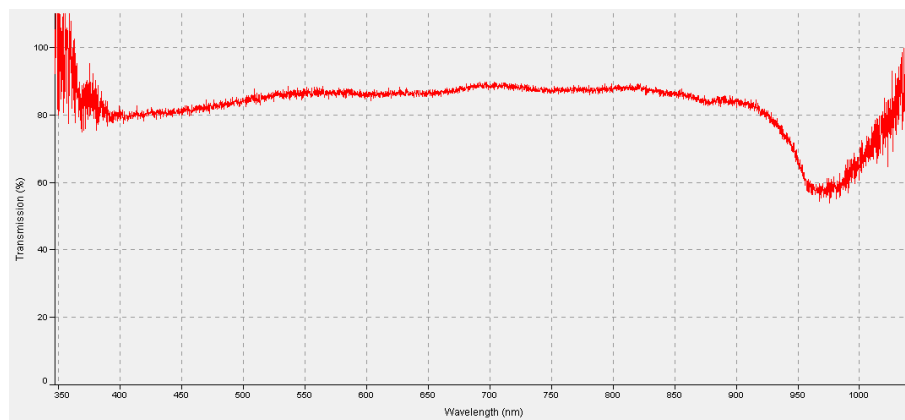


Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* dengan dilapisi fraksi C-Dots 0,011/mm selama 20 jam.

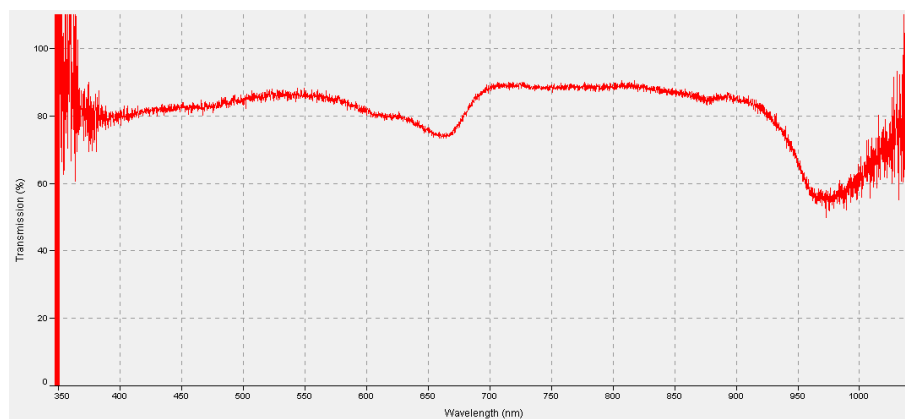
1.2 Variasi Konsentrasi *Methylene Blue*



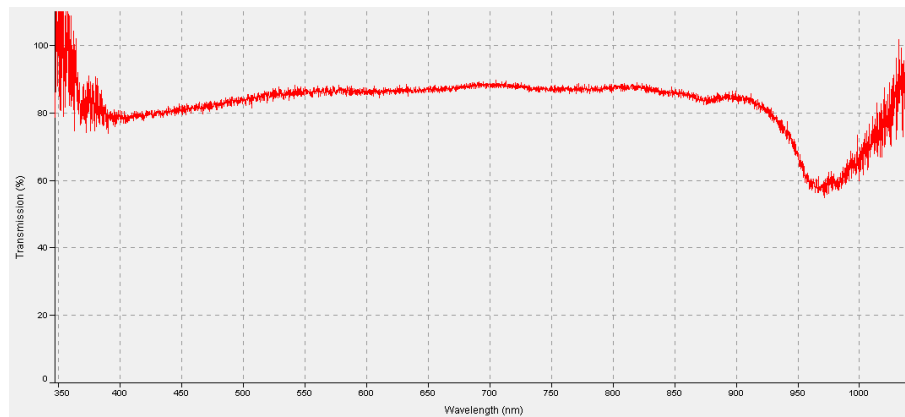
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 10 ppm selama 20 jam.



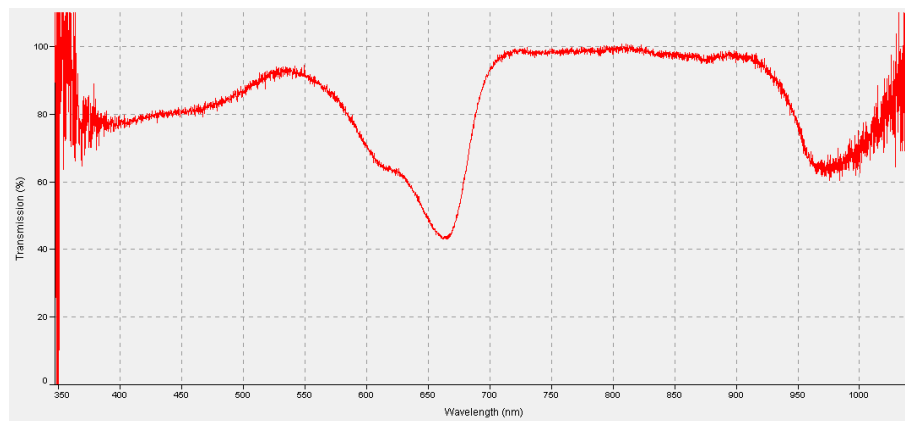
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* yang dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 10 ppm selama 20 jam.



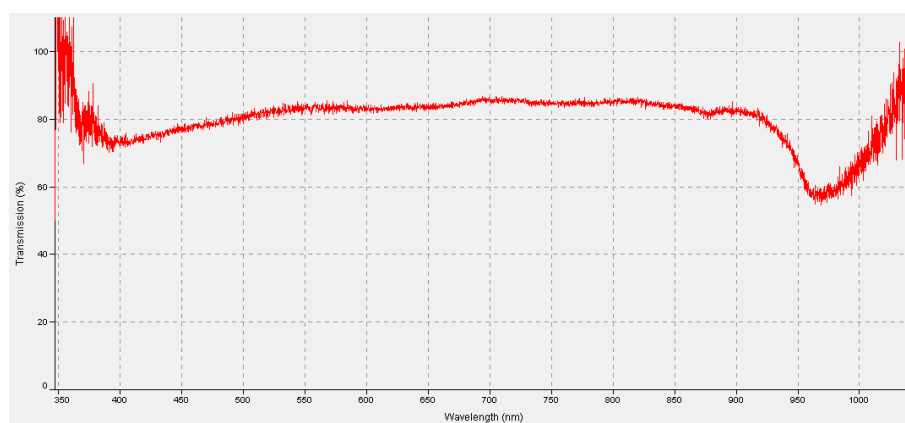
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 20 ppm selama 20 jam.



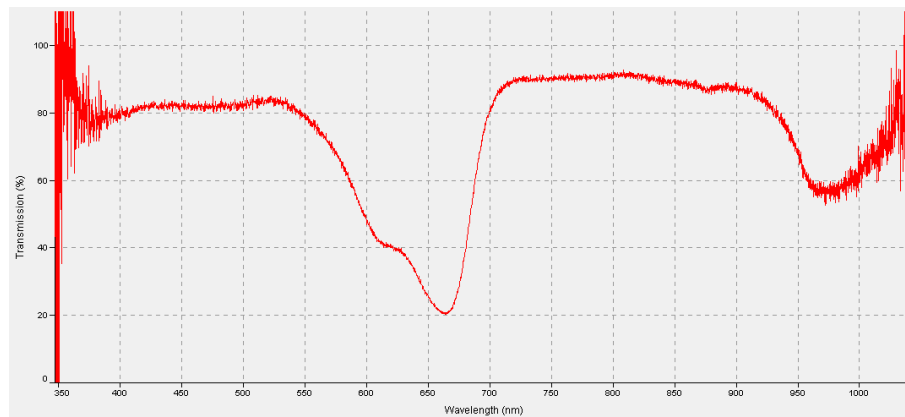
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* dengan konsentrasi MB 20 ppm selama 20 jam.



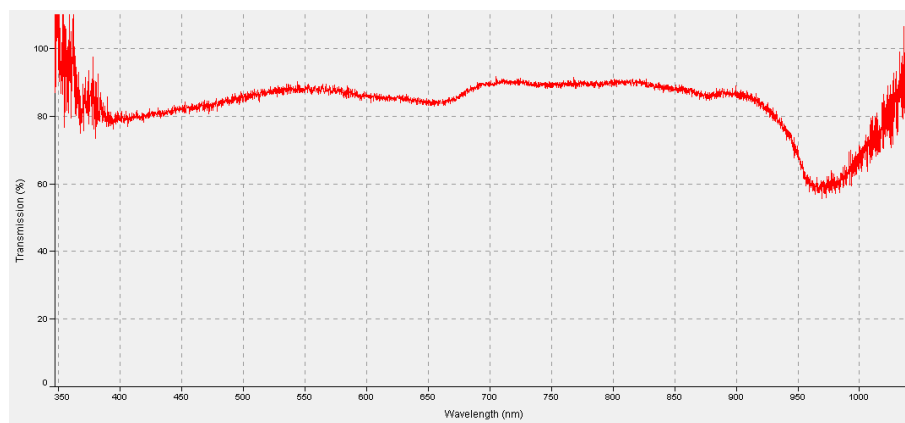
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 30 ppm selama 20 jam.



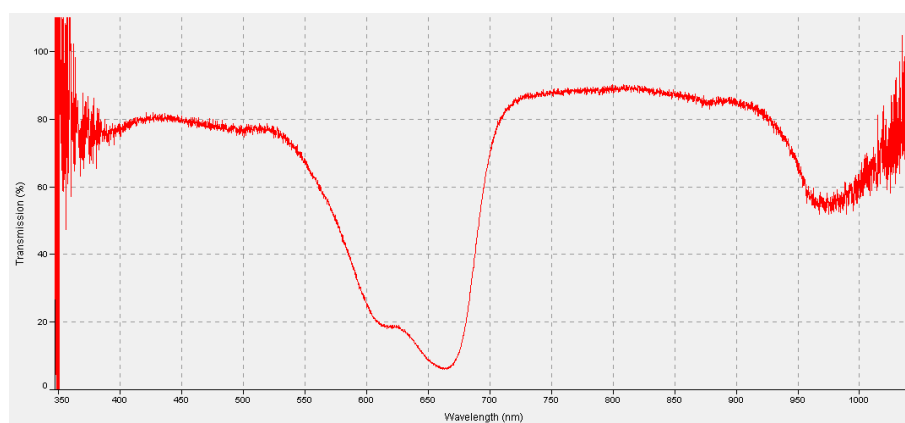
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* yang dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 30 ppm selama 20 jam.



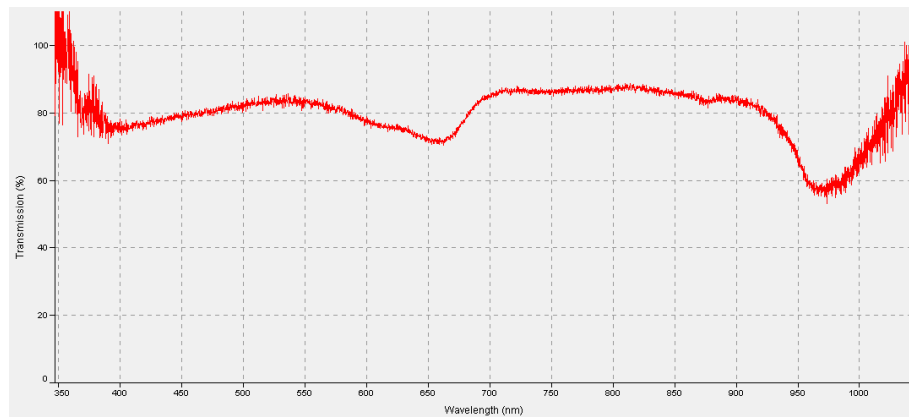
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 40 ppm selama 20 jam.



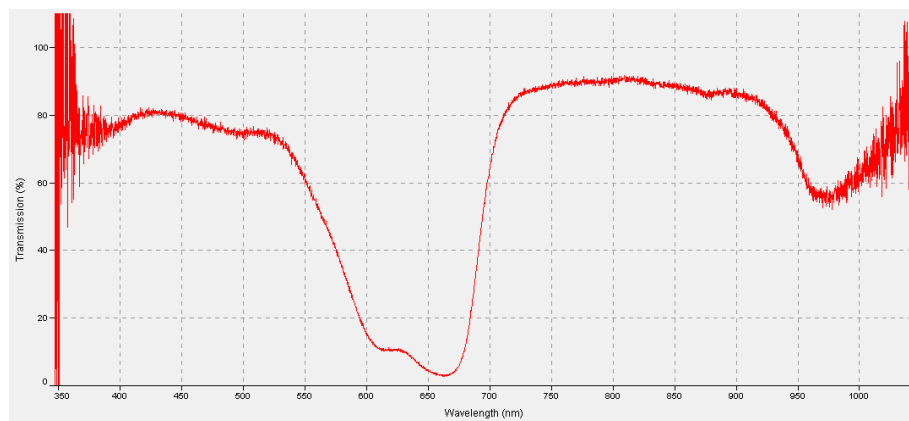
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* yang dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 40 ppm selama 20 jam.



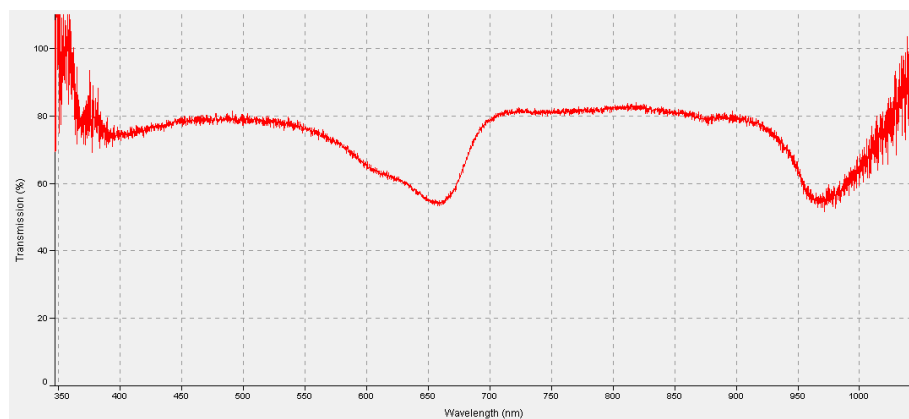
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 50 ppm selama 20 jam.



Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* yang dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 50 ppm selama 20 jam.

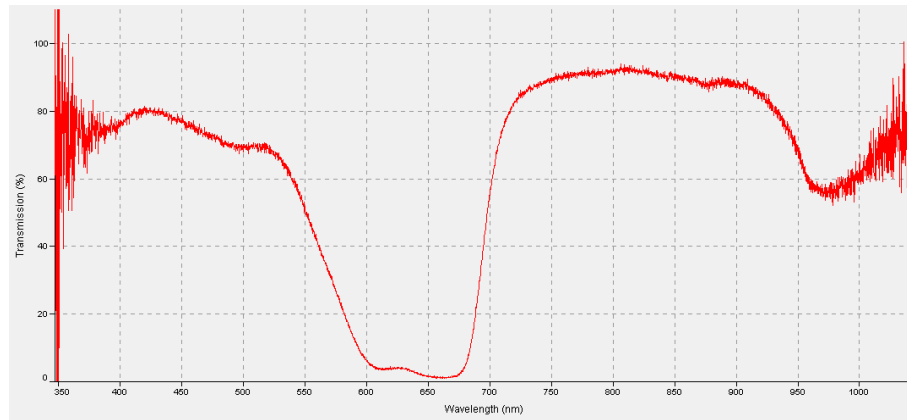


Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 60 ppm selama 20 jam.

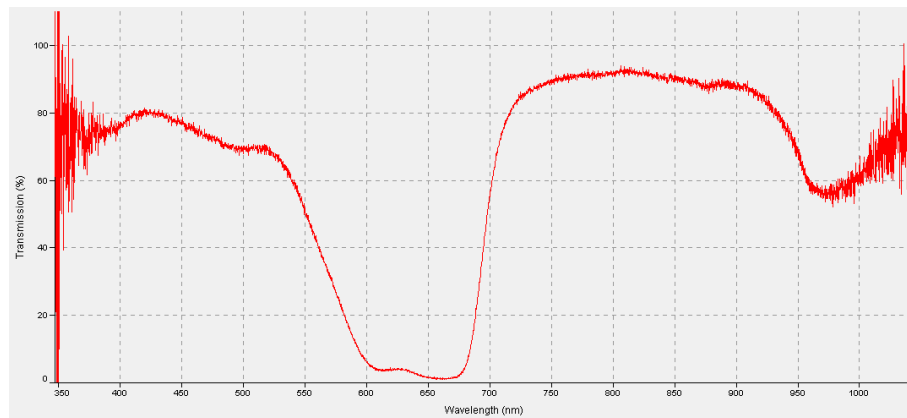


Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* yang dilapisi C-Dots dengan konsentrasi MB 60 ppm selama 20 jam.

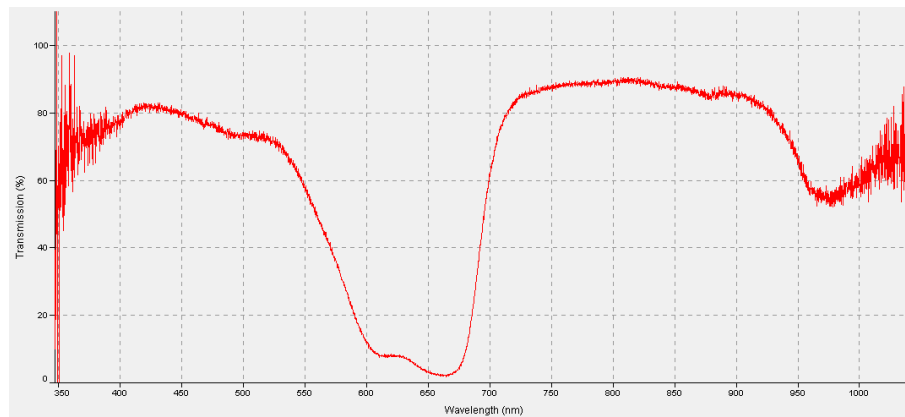
1.3 Variasi Waktu Pemanasan



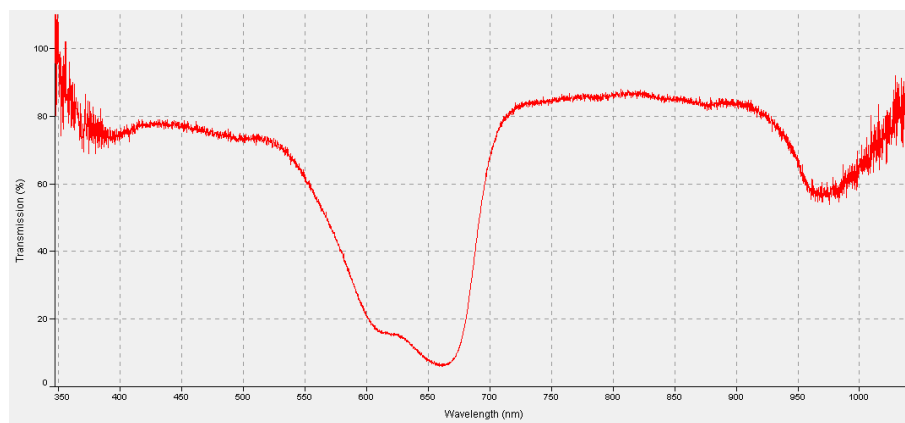
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* 40 ppm tanpa dilapisi C-Dots selama 0 jam



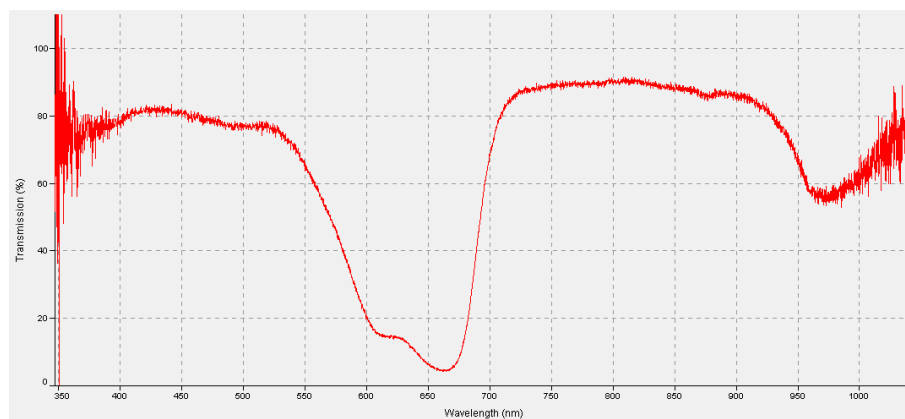
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* 40 ppm yang dilapisi C-Dots selama 0 jam



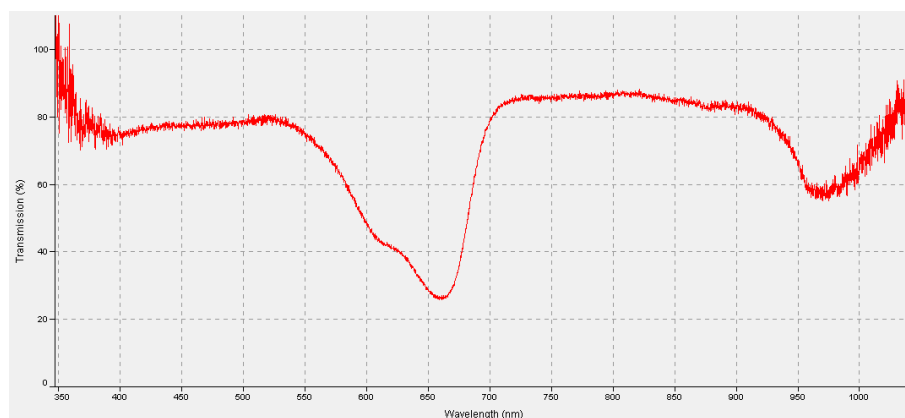
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots 40 ppm selama 5 jam



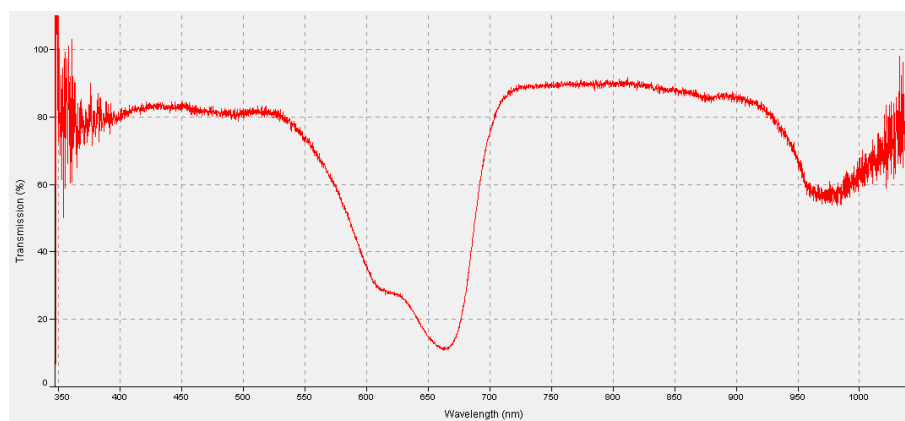
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* 40 ppm yang dilapisi C-Dots selama 5 jam



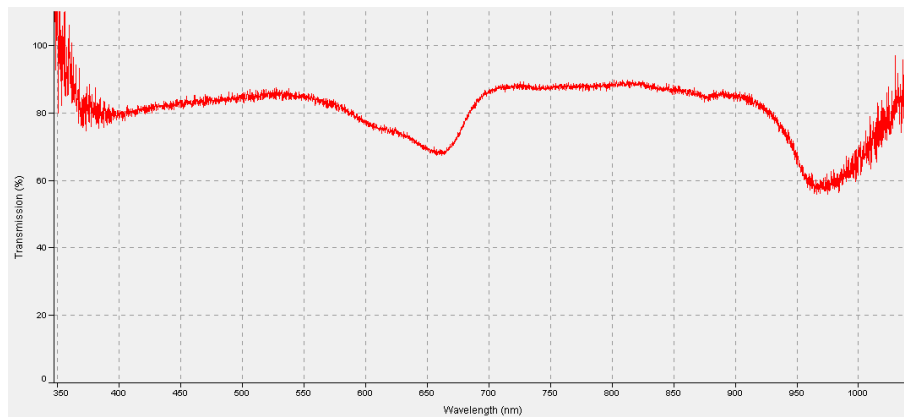
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots 40 ppm selama 10 jam



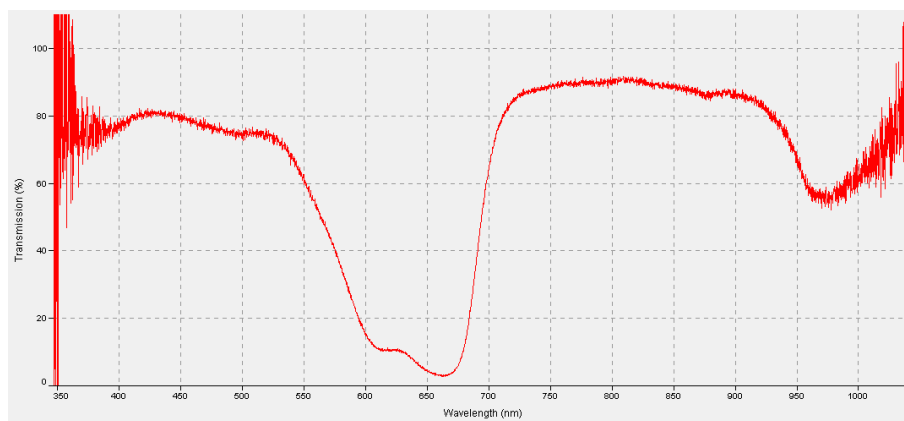
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* 40 ppm yang dilapisi C-Dots selama 10 jam



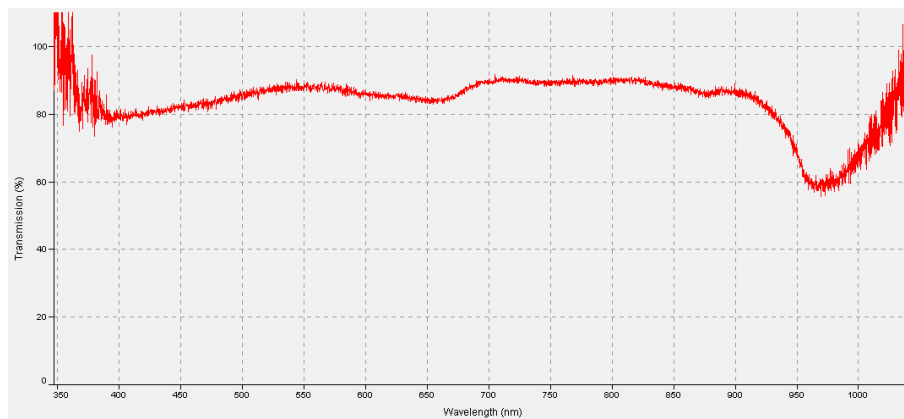
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots 40 ppm selama 15 jam



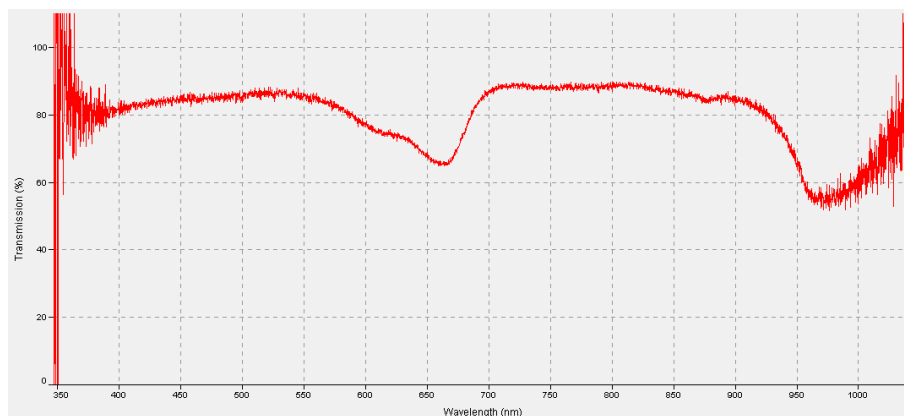
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* 40 ppm yang dilapisi C-Dots selama 15 jam



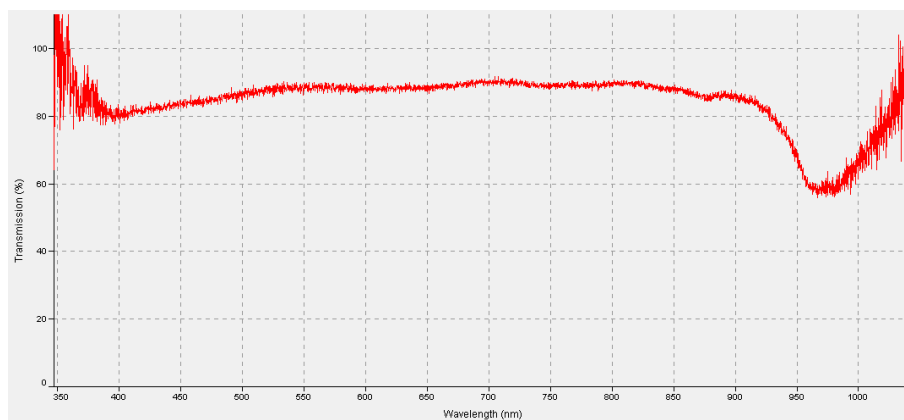
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots 40 ppm selama 20 jam



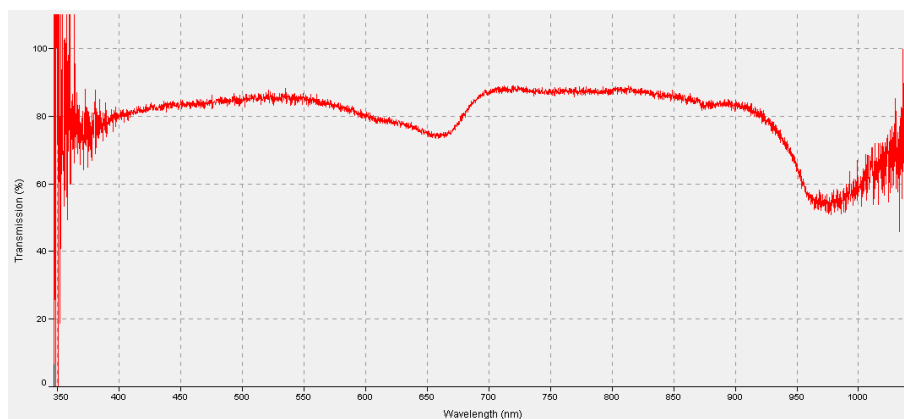
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* 40 ppm yang dilapisi C-Dots selama 20 jam



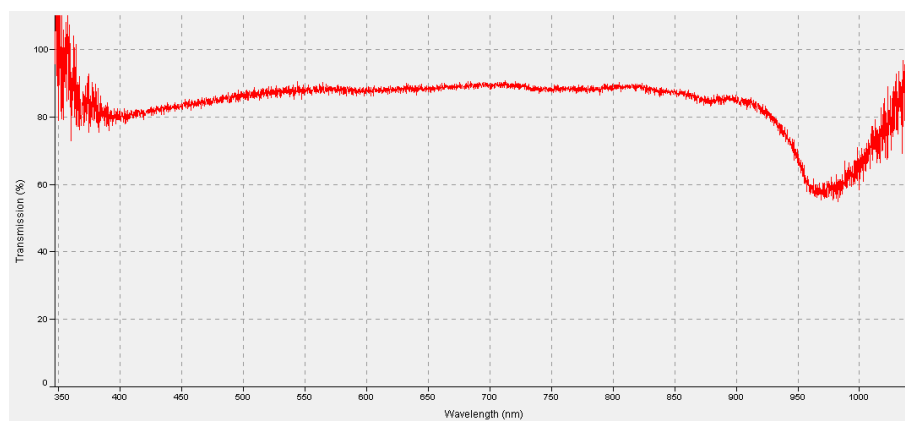
Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots 40 ppm selama 25 jam



Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* 40 ppm yang dilapisi C-Dots selama 25 jam



Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* tanpa dilapisi C-Dots 40 ppm selama 30 jam



Spektrum absorbansi larutan *methylene blue* 40 ppm yang dilapisi C-Dots selama 30 jam

Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian

3.1. Sintesis C-Dots



Minyak Goreng
Sebelum
pemanasan



Minyak dipanaskan dalam
Furnace T 300 2 jam



Minyak Goreng
Setelah pemanasan

3.2. Uji Fotokatalis



Serbuk *Methylene*
Blue



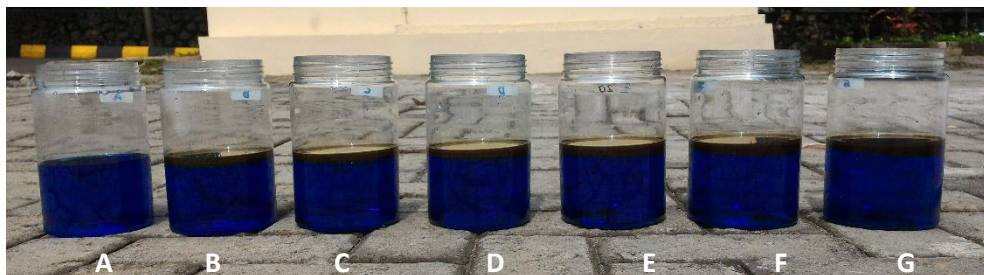
Larutan *Methylene*
Blue



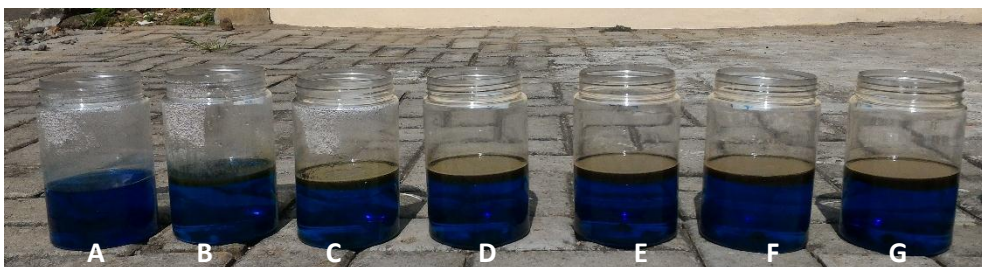
Pengukuran Fraksi
(ketebalan)
Lapisan C-Dots



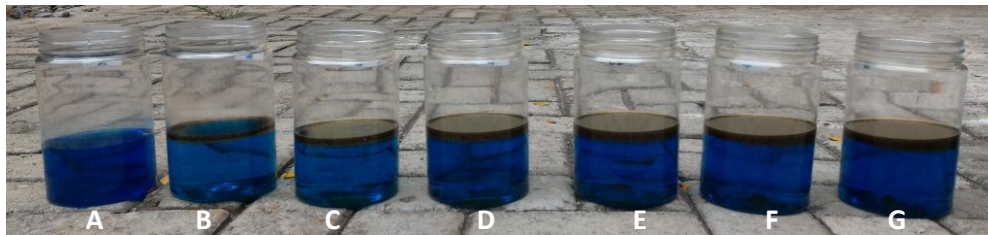
Environment Tools untuk
mengukur intensitas cahaya
matahari, kelembaban, dan
temperatur lingkungan



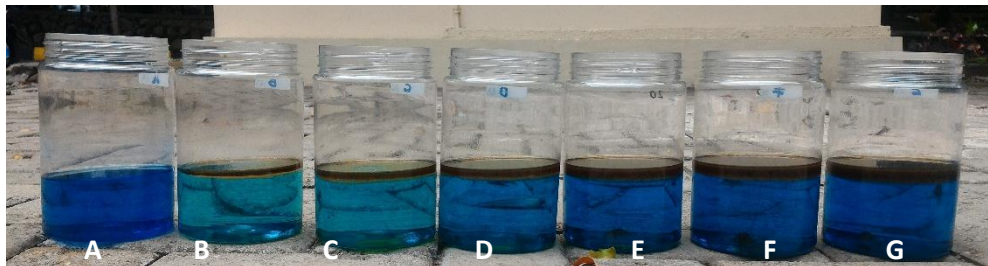
Proses Uji Fotokatalis Variasi Fraksi C-Dots saat 0 jam



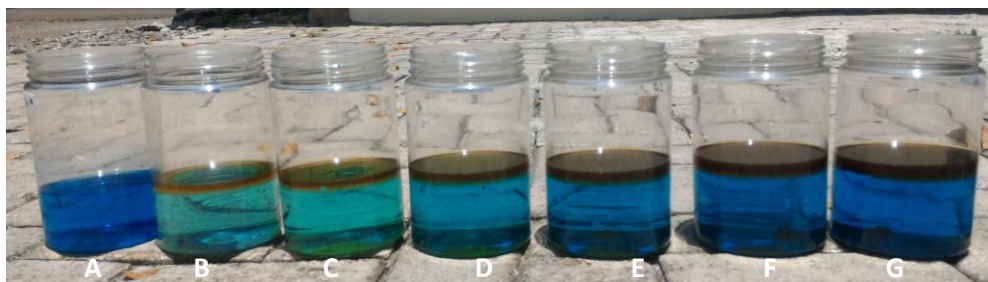
Proses Uji Fotokatalis Variasi Fraksi C-Dots saat 5 jam



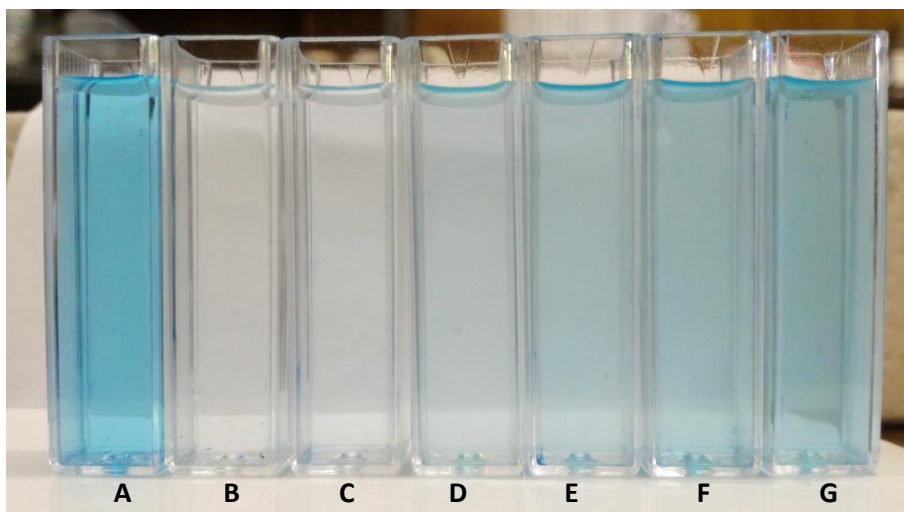
Proses Uji Fotokatalis Variasi Fraksi C-Dots saat 10 jam



Proses Uji Fotokatalis Variasi Fraksi C-Dots saat 15 jam



Proses Uji Fotokatalis Variasi Fraksi C-Dots saat 20 jam

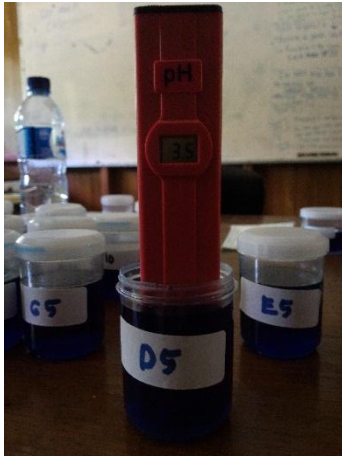


Larutan Hasil Uji Fotokatalis Variasi Fraksi C-Dots selama 20 jam

3.3. Karakterisasi Hasil Uji Fotokatalis



Pengukuran Spektrum
Absorbansi larutan hasil
uji fotokatalis



Pengukuran kadar pH
larutan hasil uji fotokatalis