



**ANALISIS INTERAKSI *CARBON NANODOTS* DARI
DAUR ULANG SAMPAH PLASTIK *POLYPROPYLENE*
DENGAN ION LOGAM BERAT**

Skripsi

disusun sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika

Oleh

Eko Anik Rahayu
4211414004

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

2018

PERSETUJUAN PEMBIMBING

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

Semarang, 14 November 2018

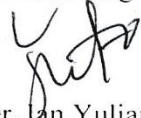
Pembimbing I



Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si.

NIP 198108152003121003

Pembimbing II



Dr. Lan Yulianti, S.Si. M.Eng.

NIP 197707012005012001

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, 14 November 2018



Eko Anik Rahayu

NIM 4211414004

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Analisis Interaksi *Carbon Dots* dari Daur Ulang Sampah Plastik *Polypropylene* dengan Ion Logam Berat.

Disusun oleh

Eko Anik Rahayu

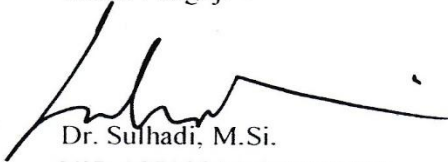
4211414004

Telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Skripsi FMIPA UNNES pada tanggal 14 November 2018.



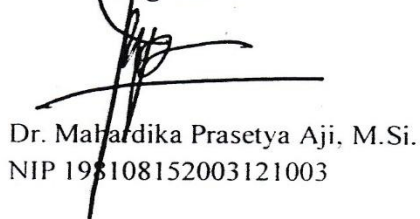
Dr. Sugarmín. M.Si.
NIP. 196601231992031003

Ketua Penguji



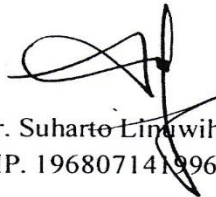
Dr. Sulhadi, M.Si.
NIP. 197108161998021001

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama



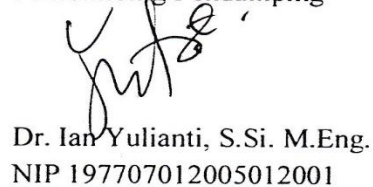
Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si.
NIP 198108152003121003

Sekretaris



Dr. Suharto Linduwih, M.Si.
NIP. 196807141996031005

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping



Dr. Ian Yulianti, S.Si. M.Eng.
NIP 197707012005012001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah”. (HR. Turmudzi)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha Mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”. (Al-Baqarah: 216)

Orang yang berhenti belajar adalah orang yang lanjut usia, walaupun umurnya masih muda. Namun, orang yang tidak pernah berhenti belajar, maka akan selamanya menjadi pemuda (Henry Ford).

PERSEMBAHAN

Ibu dan Bapak

Fisika 2014

Sahabatku

Applied Physics Laboratory

PRAKATA

Bismillahirrohmanirrohim

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Swt yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarganya, sahabat, dan orang-orang yang mengikuti risalah beliau hingga akhir zaman.

Alhamdulillah, setelah melalui perjuangan dengan berbagai kendala, akhirnya penulis diijinkan-Nya untuk menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul **“Analisis Interaksi *Carbon Nanodots* dari Daur Ulang Sampah Plastik *Polypropylene* dengan Ion Logam Berat”** dengan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk melengkapi kurikulum dan menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata Satu pada Jurusan Fisika Universitas Negeri Semarang.

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

1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum. selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Sudarmin, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Suharto Linuwih, M.Si. selaku Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

4. Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si. sebagai dosen pembimbing I yang telah membimbing dengan penuh kesabaran serta telah menanamkan pola pikir logis dalam penelitian ini, memberikan arahan kepada penulis serta meluangkan waktu untuk selalu memberikan masukan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.
5. Dr. Ian Yulianti, S.Si. M.Eng. sebagai dosen pembimbing II yang telah mendampingi dengan penuh kesabaran dan penuh perhatian serta meluangkan waktu untuk selalu memberikan masukan, motivasi, dan saran selama penyusunan skripsi.
6. Dr. Sugianto, M.Si. sebagai dosen wali yang telah memberikan motivasi selama masa perkuliahan.
7. Roudhotul Muttaqin, S.Si. dan Nathalia, S.Pd. teknisi serta analis Laboratorium Fisika Universitas Negeri Semarang yang telah membantu jalannya penelitian.
8. Ibu Sri Lestari dan Bapak Hani Markaban atas do'a yang selalu dipanjatkan, semangat yang selalu diberikan, kesabaran yang selalu tercurahkan, dan dukungan moril maupun material yang tak henti-hentinya diberikan.
9. Keluarga di *Applied Physics Laboratory*: Ita, Nila, Ishwara, Intan, Mas Aan, Mbak Nisa, Mas Adi, Mas Devin, Dek Fina, Dek Ika, Dek Tari, Dek Jeny, Dek Arum terimakasih untuk kebersamaannya menjadi teman diskusi dan berkeluh kesah selama ini.
10. Teman-teman Fisika 2014 atas motivasi dan dukungan selama menjalani perkuliahan dan penelitian.
11. Teman-teman Kost Al-Maaidah: Fitri, Aziz, Selly terimakasih atas motivasinya.

12. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang membantu menyelesaikan skripsi ini. Semoga amal dan budi baiknya mendapatkan balasa dari Allah SWT.

Penulis juga memohon maaf apabila dalam penyusunan skripsi ini ada beberapa kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan yang dimiliki penulis. Sebagai akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan pembaca sekalian, dan juga penulis mengharapkan saran dan kritik demi menyempurnakan kajian ini. Semoga penelitian yang telah dilakukan dapat menjadikan sumbangsih bagi kemajuan dunia riset Indonesia.

Amin.

Semarang, 14 November 2018

Penulis

ABSTRAK

Rahayu, Eko Anik. 2018. Analisis Interaksi *Carbon Nanodots* dari Daur Ulang Sampah Plastik *Polypropylene* dengan Ion Logam Berat. Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Dr. Mahardika Prasetya Aji, M.Si. dan Pembimbing Pendamping Dr. Ian Yulianti, S.Si. M.Eng.

Kata Kunci : C-Dots, *Polypropylene*, Interaksi, Ion Logam Berat

Keberadaan ion logam dalam air dapat menyebabkan permasalahan kesehatan yang serius bagi manusia mengingat ion logam berat bersifat racun. Oleh karena itu, perlu adanya upaya deteksi keberadaan ion logam berat di dalam air. Saat ini, banyak penelitian deteksi ion logam berat menggunakan C-Dots karena bersifat tidak beracun dan memiliki kelarutan yang baik dalam air. Selain itu, C-Dots mempunyai gugus khas karboksil yang bermuatan negatif sehingga dapat berinteraksi dengan ion logam berat yang bermuatan positif. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis interaksi antara C-Dots dengan ion logam berat di dalam air sehingga dapat diketahui potensi C-Dots sebagai pendeteksi ion logam berat. C-Dots disintesis dari daur ulang sampah plastik *polypropylene* (PP) dengan variasi massa 0.25 g, 0.50 g, 0.75 g, dan 1.00 g. Tahap sintesis C-Dots menggunakan *furnace* dengan temperatur 200°C selama 2,5 jam. C-Dots tersebut kemudian diujikan dengan ion logam berat FeSO₄, PbNO₃, CoCl₂, Ni(NO₂)₃. Hasil menunjukkan bahwa setelah pencampuran antara C-Dots dengan ion logam berat mengalami perubahan warna yang semula larutan tidak berwarna (bening) menjadi pekat (keruh). Perubahan warna menunjukkan adanya interaksi antara C-Dots dengan ion logam berat. Selain itu diperkuat dengan adanya perubahan intensitas dan panjang gelombang pada spektrum absorpsi dari spektrofotometer UV-Vis-NIR dan spektrum emisi dari spektroskopi fotoluminesensi. Perubahan spektrum absorpsi terlihat bahwa semakin banyak massa C-Dots intensitas semakin naik dan melebar untuk setiap ion logam berat. Perubahan spektrum emisi untuk setiap ion logam berat semakin turun seiring bertambahnya massa C-Dots. Perubahan intensitas dan panjang gelombang tersebut didukung dengan adanya spektrum transmitansi dari spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk memperkuat indentifikasi interaksi antara C-Dots dengan ion logam berat. Pada spektrum transmitansi terdapat perubahan intensitas dan pergeseran bilangan gelombang yang menunjukkan adanya interaksi. Gugus karboksil pada C-Dots mengalami pergeseran dari bilangan gelombang 1033 cm⁻¹ ke 1016 cm⁻¹ setelah penambahan ion logam berat yang menunjukkan adanya interaksi antara C-Dots dengan ion logam berat. Interaksi yang terjadi antara C-Dots dari daur ulang sampah plastik dengan ion logam berat adalah interaksi ionik. Hasil tersebut menunjukkan adanya interaksi C-Dots dari daur ulang sampah plastik PP dengan ion logam berat yang berpotensi sebagai pendeteksi ion logam berat. Namun, perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan memvariasikan konsentrasi ion logam berat untuk mengetahui batas deteksi ion logam berat.

DAFTAR ISI

	Halaman
PERSETUJUAN PEMBIMBING	ii
PERNYATAAN	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Logam Berat	7
2.2. <i>Carbon Nanodots (C-Dots)</i>	9
2.2.1. Sifat Optik C-Dots	13
2.3. Jenis interaksi	14
2.3.1. Ikatan Ion	14
2.3.2. Ikatan Kovalen	15
2.3.3. Ikatan Logam	17

BAB III METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Alur Penelitian.....	19
3.2. Tahap Penelitian.....	21
3.2.1. Sintesis C-Dots.....	21
3.2.2. Persiapan Sampel.....	21
3.2.3. Analisis Interaksi Ion Logam.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1. Spektrum Absorpsi.....	26
4.2. Spektrum Fotoluminisensi.....	34
4.3. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR).....	41
BAB V PENUTUP	
5.1. Simpulan.....	47
5.2. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1. Klasifikasi karbon dots (CDs).....	10
2.2 Ikatan pada C-Dots	11
2.3 Gugus fungsi pada C-Dots	12
2.4 Ikatan Ion	14
2.5 Ikatan Kovalen	16
2.6 Ikatan Logam	17
3.1 Diagram Alir Penelitian	20
4.1 Larutan: (a). etanol dengan dispersi partikel C-Dots, (b). FeSO ₄ , (c). PbNO ₃ , (d). CoCl ₂ , dan (e). Ni(NO ₂) ₃	23
4.2 (a). Larutan etanol, (b). Larutan ion logam, dan (c). Larutan etanol yang telah dicampur dengan larutan ion logam	26
4.3 Spektrum absorpsi larutan etanol dengan variasi massa awal dispersi C-Dots	27
4.4 Spektrum absorpsi larutan etanol dengan dispersi C-Dots dan larutan ion logam: (a). PbNO ₃ , (b). FeSO ₄ , (c). CoCl ₂ , dan (d). Ni(NO ₂) ₃	30
4.5 (a.) Perubahan intensitas dan (b.) pergeseran panjang gelombang spektrum abropsi akibat interaksi C-Dots dengan ion logam.	32
4.6 Spektrum absorpsi dengan massa C-Dots 0.50 g terhadap berbagai ion logam berat.	33
4.7 Spektrum emisi larutan etanol dengan dispersi C-Dots.	34
4.8 Spektrum emisi larutan etanol dengan dispersi C-Dots dan larutan ion logam: (a). PbNO ₃ , (b). FeSO ₄ , (c). CoCl ₂ , dan (d). Ni(NO ₂) ₃	37
4.9 (a.) Perubahan intensitas dan (b.) pergeseran panjang gelombang spektrum emisi akibat interaksi C-Dots dengan ion logam.	39
4.10 Spektrum emisi dengan massa C-Dots 0.50 g terhadap berbagai ion logam berat.	41
4.11 FTIR larutan etanol dengan dispersi C-Dots dan larutan ion logam: (a). PbNO ₃ , (b). FeSO ₄ , (c). CoCl ₂ , dan (d). Ni(NO ₂) ₃	43
4.12 Ilustrasi interaksi partikel C-Dots terhadap ion-ion logam.....	46

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Larutan C-Dots yang dicampur dengan beragam larutan ion logam 25

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil pengukuran Spektroskopi UV-Vis-NIR	56
Lampiran 2. Tabel Spektrum Absorpsi	63
Lampiran 3. Tabel Spektrum Emisi	64
Lampiran 4. Hasil analisis <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	65
Lampiran 5. Dokumen Penelitian	68
Lampiran 6. Dokumentasi Karakterisasi Sampel	70
Lampiran 7. Surat Tugas Pembimbing	85

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Logam berat merupakan logam yang mempunyai massa jenis lebih dari 5 g/cm³ (Kumar *et al.*, 2015). Keberadaan logam berat di lingkungan air menjadi masalah yang sangat serius bagi lingkungan. Sifatnya yang beracun dapat membahayakan kesehatan manusia sekaligus berdampak negatif bagi organisme di dalamnya. Apabila manusia mengonsumsi organisme yang terkontaminasi logam berat menyebabkan gangguan kesehatan seperti gangguan syaraf otak pada anak-anak, gangguan ginjal akut, dan dapat menyebabkan kematian (Cahyono *et al.*, 2014). Logam berat seperti kadmium, kromium, tembaga, timbal, perak dan seng umumnya ditemukan pada polutan dalam suatu ekosistem (Hong *et al.*, 2011). Kontaminasi logam berat di lingkungan tersebut disebabkan meningkatnya penggunaan aplikasi industri, pertanian, dan medis (Fatimah *et al.*, 2014).

Upaya pengendalian dan pengelolaan limbah logam berat terus dilakukan untuk mereduksi logam berat dengan beragam metode seperti pengendapan, koagulasi, flokulasi, *ion exchange*, elektrokimia, dan biosorbition (Afrianita *et al.*, 2013). Langkah awal dalam pengelolaan limbah logam berat di air adalah indentifikasi keberadaan logam berat. Beberapa prinsip yang digunakan untuk

deteksi logam berat adalah menganalisis spektrofotometri absorbansi atom, spektrofotometri massa, spektrofotometri emisi atom, dan spektrofotometri UV-Vis (Li *et al.*, 2013). Metode tersebut memberikan hasil sensitivitas dan selektivitas yang baik namun memerlukan biaya yang mahal, butuh waktu lama dan sulit digunakan. Sedangkan untuk metode spektrofotometri UV-Vis mampu mendeteksi keberadaan ion logam berat. Ion logam berat dapat merespon gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh spektrofotometri UV-Vis sehingga spektrum serapan dapat diperoleh (Praktik, 2012). Bahan dasar yang digunakan untuk mendeteksi ion logam berat yaitu gliserin (Simpson *et al.*, 2017), biji wijen (Roshni *et al.*, 2017), jamur *Cunninghamella sp* (Nayak., 2018), *Bacillus* (Kalpana *et al.*, 2018), citric acid (Eranjaneya *et al.*, 2018), dan *carbon nanodots* (Simpson *et al.*, 2018).

Carbon nanodots (C-Dots) merupakan material baru karbon nanopartikel yang saat ini menjadi kajian yang menarik bagi peneliti (Zuo *et al.*, 2016). C-Dots memiliki sifat toksik yang rendah, biokompatibilitas tinggi, terlarut dalam air, stabilitas optik, permukaannya mudah dimodifikasi, dan luminesensi yang tinggi (Shin *et al.*, 2015 & Gao, *et al.*, 2016). Berdasarkan sifat-sifatnya yang unggul tersebut C-Dots mempunyai banyak aplikasi di antaranya dalam bidang *bioimaging*, fotokatalis, optoelektronik, sel surya, konversi energi, *light-emitting diode*, dan deteksi logam berat (Li *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2016; Wu *et al.*, 2013; Ding *et al.*, 2016; Maryani *et al.*, 2017).

Saat ini, C-Dots berhasil diaplikasikan untuk mendeteksi ion logam berat dalam larutan berair (Simpson *et al.*, 2017; Devi *et al.*, 2018; Fang *et al.*, 2018; Hoyos *et al.*, 2018; Khan *et al.*, 2017; Li *et al.*, 2018; Yu *et al.*, 2018). Roshni *et al.*, (2017) telah berhasil mensintesis biji wijen menjadi C-Dots untuk mengetahui selektivitas deteksi logam Fe(III) dengan mengamati fluoresensinya. Xu *et al.*, (2017) mensintesis C-Dots jenis baru (CD-Fla) dari ekstrak flavonoid daun Ginkgo biloba untuk mengetahui selektivitas deteksi Pb²⁺ dengan fluoresensi yang tinggi. Chen *et al.*, (2017) melakukan penelitian tentang fluoresensi C-Dots dari asam sitrat atau urea sebagai sumber karbon untuk deteksi ion logam Cu²⁺.

Selain dari bahan organik, C-Dots dapat disintesis dari beberapa jenis plastik, seperti *polyvinyl chloride* (Francis *et al.*, 2018), *polystyrene* (Ramanan *et al.*, 2017), *polyethylene terephthalate* (Aghaee *et al.*, 2014), dan *polypropylene* (Aji *et al.*, 2018). Plastik mempunyai kandungan polimer utama yaitu senyawa karbon sehingga dengan melalui pemanasan terbentuk rantai karbon yang dihasilkan dari proses polimerisasi dan karbonisasi. C-Dots tersusun atas bagian inti dan permukaan yang terdiri dari molekul-molekul ligan. Pada umumnya inti C-Dots terdiri dari karbon yang berstruktur amorf dan nanokristal serta pada bagian inti berisi karbon yang berstruktur grafit. Kemudian permukaan C-Dots tersusun atas gugus fungsi khas karboksilat. Proses deteksi terjadi karena adanya interaksi antara gugus karboksilat yang terdapat pada permukaan C-Dots dengan ion logam, Aji *et al.*, (2018) telah melaporkan bahwa permukaan C-Dots yang

disintesis dari PP mempunyai gugus fungsi karboksilat sehingga dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan ion logam.

Penelitian ini berfokus pada aplikasi C-Dots untuk analisis interaksi ion logam berat dalam lingkungan air dengan memanfaatkan senyawa karbon yang terdapat di dalam material plastik PP (Aji *et al.*, 2018). Plastik jenis PP merupakan salah satu jenis sampah yang hanya dapat digunakan sekali pakai dan menyebabkan penumpukan sampah. Aplikasi C-Dots dari limbah plastik PP untuk analisis interaksi ion logam berat menjadi kajian yang sangat menarik karena mempunyai solusi yang menjanjikan bagi lingkungan dan makhluk hidup. Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, interaksi C-Dots dengan ion logam berat menggunakan spektrum absorpsi dan emisi untuk mengetahui interaksi C-Dots terhadap ion logam berat. Hasil penelitian ini diharapkan mampu membantu mengidentifikasi keberadaan logam berat sebelum melakukan upaya pengendalian dan pengelolaan limbah logam berat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan pada bagian pendahuluan fokus permasalahan yang dikajian dalam penelitian ini berupa analisis interaksi C-Dots dari daur ulang sampah plastik *polypropylene* (PP) terhadap ion logam berat.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Ion logam yang digunakan adalah logam timbal nitrat ($PbNO_3$) memiliki toksik tinggi, kobalt (II) klorida ($CoCl_2$) dan nikel (III) nitrit ($Ni(NO_2)_3$) memiliki toksik sedang, besi (II) sulfat ($FeSO_4$) memiliki toksik rendah.
2. Analisis interaksi yang dilakukan dalam penelitian ini dibatasi dengan menggunakan hasil pengukuran spektrofotometer UV-Vis-NIR, spektrofotometer luminesensi (PL), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu untuk mengetahui adanya interaksi C-Dots dari daur ulang sampah plastik *polypropylene* (PP) terhadap ion logam berat.

1.5. Manfaat Penelitian

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

1. Memberikan informasi tentang adanya interaksi C-Dots dari daur ulang sampah plastik *polypropylene* (PP) terhadap ion logam berat.
2. Dapat dijadikan sebuah referensi pembelajaran untuk penelitian selanjutnya.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi disusun dan dibagi menjadi tiga bagian untuk memudahkan pemahaman tentang struktur dan isi skripsi. Penulisan ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian pendahuluan skripsi, bagian isi skripsi, dan bagian akhir 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 bab 1 yang meliputi pendahuluan, berisi latar belakang, permasalahan, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi; bab 2 yang berisi landasan teori yaitu teori-teori pendukung penelitian; bab 3 memuat 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 terakhir bab 5 yaitu 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 II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Logam Berat

Logam berat banyak dihasilkan dari berbagai aktivitas manusia, seperti penggunaan bahan bakar fosil, pertambangan, industri, penggunaan pestisida secara berlebihan, dan penggunaan pupuk. Tingkat toksisitas logam berat bergantung pada elemen logam dan bioavailabilitas di tanah. Bioavailabilitas logam berat merupakan fungsi dari faktor abiotik seperti konsentrasi logam, kelembaban, dan pH tanah serta faktor biotik seperti kehadiran bakteri (Kumar *et al.*, 2016).

Meningkatnya perkembangan sektor industri di Indonesia merupakan sarana untuk memperbaiki taraf hidup rakyat, tetapi dilain pihak muncul masalah pencemaran air akibat limbah cair industri yang dibuang kedalam badan air. Adanya pencemaran air dapat merusak kelestarian lingkungan, keseimbangan sumber daya alam dan berkembangbiaknya bibit penyakit sehingga air tersebut tidak dapat dikonsumsi.

Pencemaran logam berat terhadap lingkungan merupakan suatu proses yang erat hubungannya dengan penggunaan logam tersebut oleh manusia. Pada awalnya penggunaan logam sebagai alat, belum diketahui pengaruh pencemaran pada lingkungan. Proses oksidasi dari logam yang menyebabkan perkaratan sebetulnya merupakan tanda-tanda adanya pencemaran.

Limbah cair dari berbagai industri seperti industri pupuk, pengecoran logam, pelapisan logam, pestisida, industri cat, umumnya menggunakan senyawa-senyawa logam. Disamping itu, limbah dari kawasan pertanian (pemakaian pupuk dan pestisida) juga memberikan kontribusi terhadap pencemaran logam.

Beberapa metode dalam mengolah limbah cair yang mengandung cemaran logam adalah perlakuan dengan pengendapan, koagulasi atau flokulasi, foltrasi, proses membran, pertukaran ion, proses biologis, dan reaksi-reaksi kimia. Dalam penerapannya setiap metode memiliki keunggulan dan keterbatasan masing-masing dari aspek teknis, ekonomis, dan dampak lainnya.

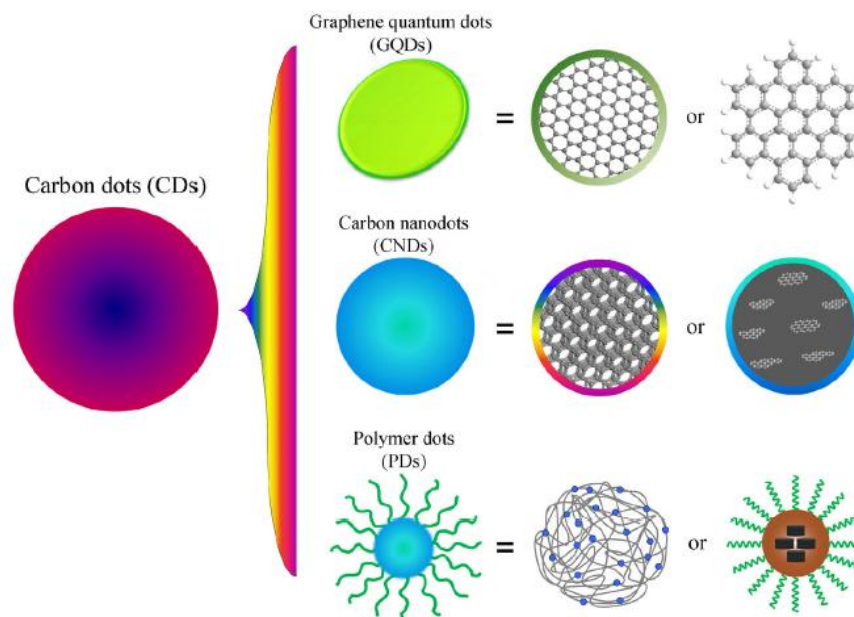
Logam dapat juga menyebabkan timbulnya bahaya pada makhluk hidup. Hal ini terjadi jika sejumlah logam mencemari lingkungan. Logam-logam tersebut berbahaya jika ditemukan dalam konsentrasi tinggi dalam lingkungan (air tanah dan udara) karena logam tersebut memiliki sifat yang merusak jaringan tubuh makhluk hidup. Logam tidak dapat terurai didalam tubuh manusia dan mencemari lingkungan sehingga menyebabkan resiko yang sangat besar bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Gumpu *et al.*, 2015). Pencemaran lingkungan oleh logam-logam berbahaya dapat terjadi jika orang atau pabrik yang menggunakan logam tersebut untuk proses produksinya tidak memperhatikan keselamatan lingkungan.

Berdasarkan sifat toksisitasnya, logam berat dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok, yaitu:

1. Bersifat toksisitas tinggi terdiri dari unsur merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), tembaga (Cu), dan timah (Zn).
2. Bersifat toksisitas sedang terdiri dari unsur kromium (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co).
3. Bersifat toksisitas rendah terdiri dari unsur mangan (Mn) dan besi (Fe).

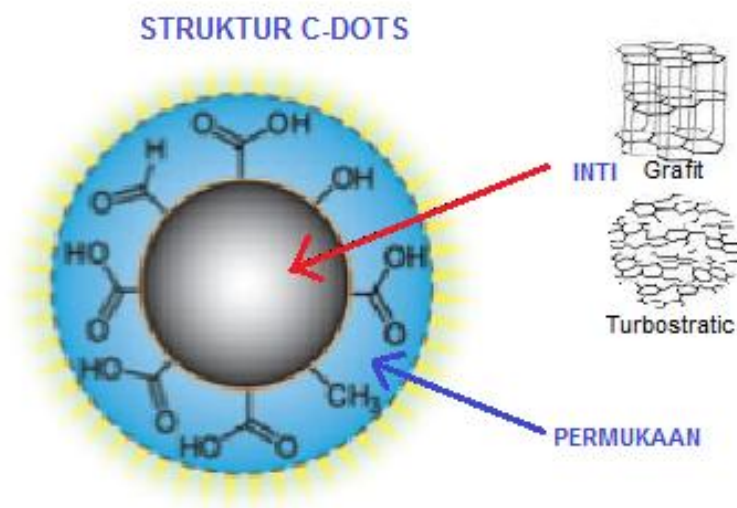
2.2. Carbon Nanodots (C-Dots)

Carbon dots (C-Dots) merupakan sebuah istilah yang luas untuk variasi material karbon berukuran nano. Secara kasar, semua material nano yang berbahan dasar karbon dapat dinamakan C-Dots. C-Dots mempunyai bentuk satu dimensi dengan ukuran kurang dari 10 nm dan memiliki sifat fluoresensi. Struktur C-Dots terdiri dari karbon sp^2 atau sp^3 dan grup nitrogen atau oksigen atau agregasi polimerik. C-Dots merupakan salah satu kelas material karbon dots (CDs). Pada umumnya CDs diklasifikasikan menjadi tiga golongan yaitu Graphene Quantum Dots (GQDs), Carbon Nanodots (C-Dots) dan Polimer Dots (PDs). Ketiga material tersebut merupakan material yang berbahan dasar karbon yang dapat disintesis dengan menggunakan metode pemanasan sederhana (Roshni *et al.*, 2017). Adapun klasifikasi carbon dots dapat dilihat pada Gambar 2.1.



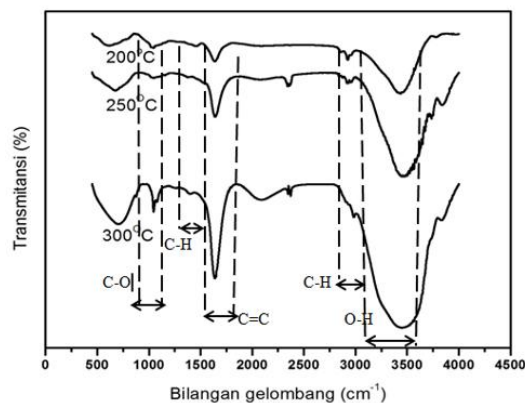
Gambar 2.1. Klasifikasi karbon dots (CDs).

C-Dots memiliki berbagai keunggulan sifat seperti pancaran fotoluminesensi yang tinggi, mudah larut dalam air, tidak beracun serta keberadaanya yang sangat melimpah di alam (Li *et al.*, 2012). Di samping itu, bahan dasar pembuatan material ini sangat melimpah dan murah. Sekarang C-Dots telah menarik perhatian para peneliti secara luas disebabkan kuatnya perpendaran (fluoresensi) yang dimiliki. Berdasarkan keunggulan sifatnya, kajian intensif mengenai C-Dots terus berkembang sangat cepat hingga saat ini.



Gambar 2.2. Ikatan pada C-Dots (Zhu *et al.*, 2014)

Permukaan C-dots terdapat ikatan ONH-COONH dengan jumlah yang banyak sehingga C-Dots mudah terdispersi di dalam air seperti pada Gambar 2.2. Ikatan yang terdapat pada C-Dots terdiri dari beberapa gugus fungsi yang saling berikatan sehingga membentuk C-Dots dengan karakteristik yang berbeda dari karbon biasa. Gugus fungsi yang terdapat pada C-Dots menciptakan ikatan ONH-COONH. Selain itu, gugus fungsi pada C-Dots dapat terdeteksi pada C-Dots yang masih terperangkap di dalam agregat pada karbon yang masih besar. Gugus fungsi yang terdapat pada C-Dots ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Gugus fungsi pada C-Dots (Aji *et al.*, 2018)

Dalam klasifikasi material, C-Dots digolongkan dalam jenis material optik yang dapat berpendar (*fluorescent carbon material*) (Peng *et al.*, 2017; Tuerhong *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2017). Kedepannya, C-Dots berpotensi menjadi material logam alternatif berbasis kuantum dots karena struktur dan komposisinya yang unik (Tuerhong *et al.*, 2017). Secara alami C-Dots dilaporkan memiliki elektron yang berperan sebagai aseptor dan pendonor, sehingga C-Dots berpotensi sebagai aplikasi dalam bidang optronik, katalis, dan sensor (Wang *et al.*, 2014). Sebagai material semikonduktor, C-Dots berpotensi sebagai katalisator karena memiliki tingkat aktifitas fotokatalis yang baik (Duo *et al.*, 2016). Selain itu, kandungan khas gugus karboksilat pada permukaan memungkinkan terjadi interaksi dengan ion logam dan dapat menstabilkan nanopartikel logam (Zhang *et al.*, 2016).

2.2.1. Sifat Optik C-Dots

Sifat absorpsi merupakan fenomena penyerapan cahaya dari suatu material yang ditandai dengan adanya transisi elektron dari keadaan energi rendah ke energi yang lebih tinggi. Mekanisme transisi elektron yang umumnya terjadi pada material C-Dots yaitu transisi elektron pada *Highest Occupied Molecular* (HOMO) dan *Lowest Unccupied Orbital* (LUMO) berupa transisi elektron $\pi \rightarrow \pi^*$ dan $n \rightarrow \pi^*$ (Namdari *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2014). Biasanya terukur pada panjang gelombang 230-320 nm. Ikatan karbon akan terukur pada panjang gelombang 230 nm sedangkan ikatan transisi lainnya pada 300 nm (Namdari *et al.*, 2017).

Untuk sifat pendaran atau fluoresensi, C-Dots apabila dibandingkan dengan material berpendar alami lainnya menunjukkan karakteristik pendaran yang tidak berkelap-kelip (fotostabilitas). Kemampuan fotostabilitas ini menunjukkan adanya molekul tunggal yang terjebak dalam kurun waktu yang lama (Namdari *et al.*, 2017).

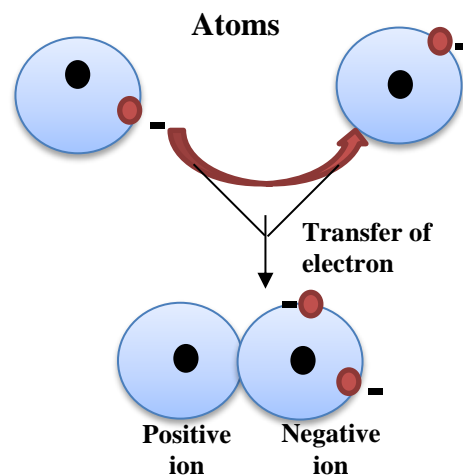
Berdasarkan penelitian Dewi *et al.*, (2016) C-Dots memiliki rentang puncak spektrum absorpsi pada daerah 398-430 nm dan spektrum emisi pada daerah 360-550 nm. Zhang *et al.*, (2016) menunjukkan puncak spektrum emisi terukur pada daerah 280-440 nm. He *et al.*, (2017) melaporkan dengan menggunakan metode *microwave*, puncak spektrum absorpsi C-Dots terukur pada daerah 250-350 nm. Hal serupa dilaporkan oleh Huo *et al.*, (2017) bahwa puncak spektrum absorpsi C-

Dots terukur pada daerah 300-500 nm dan puncak spektrum emisi pada daerah 400-600 nm.

2.3. Jenis interaksi

2.3.1. Ikatan Ion

Ikatan kimia yang terbentuk akibat gaya tarik menarik antara ion bermuatan positif (kation) dengan ion bermuatan negatif (anion) disebut sebagai ikatan ion. Jika atom-atom logam berdekatan dengan atom bukan logam akan terjadi perpindahan elektron valensi dari atom logam ke atom bukan logam. Akibatnya atom logam membentuk kation sedangkan atom bukan logam membentuk anion. Antara anion dan kation yang berlawanan muatan akan saling tarik menarik dan terbentuklah ikatan ion (ikatan elektrovalen) seperti ditunjukkan Gambar 2.2.



Gambar 2.4. Ikatan Ion

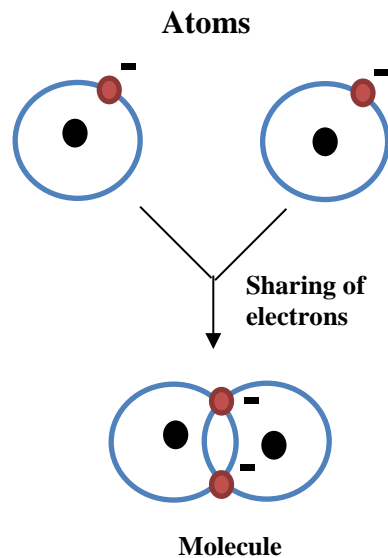
Ikatan ion merupakan ikatan yang relatif kuat. Selain itu ikatan ion juga memiliki sifat-sifat yang lain, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Memiliki titik didih dan titik leleh yang tinggi. Ion positif dan negatif dalam kristal senyawa ion tidak bebas bergerak karena terikat oleh gaya elektrostatik yang kuat. Diperlukan suhu yang tinggi agar ion-ion memperoleh energi kinetik yang cukup untuk mengatasi gaya elektrostatik.
2. Keras tetapi rapuh. Bersifat keras karena ion-ion positif dan negatif terikat kuat ke segala arah oleh gaya elektrostatik. Bersifat rapuh dikarenakan lapisan-lapisan dapat bergeser jika dikenakan gaya luar, ion sejenis dapat berada satu di atas yang lainnya sehingga timbul tolak-menolak yang sangat kuat dan menyebabkan terjadinya pemisahan.
3. Larut dalam pelarut air, tetapi umumnya tidak larut dalam pelarut organik.
4. Tidak menghantarkan listrik dalam fasa padat tetapi menghantarkan listrik dalam fasa cair. Zat dikatakan dapat menghantarkan listrik apabila terdapat ion-ion yang dapat bergerak bebas membawa muatan listrik

2.3.2. Ikatan Kovalen

Ikatan kovalen adalah ikatan yang terjadi karena pemakaian pasangan elektron secara bersamaan oleh dua atom yang berikatan. Ikatan kovalen terjadi akibat ketidakmampuan salah satu atom yang akan berikatan untuk melepaskan elektron, yang dalam pembentukannya, masing-masing atom mempunyai orbital

pada kulit terluar yang berisi elektron tunggal. Dan kedua orbital tersebut, kemudian dipakai secara bersama oleh kedua atom seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. Ikatan kovalen terbentuk oleh sesama unsur non logam.



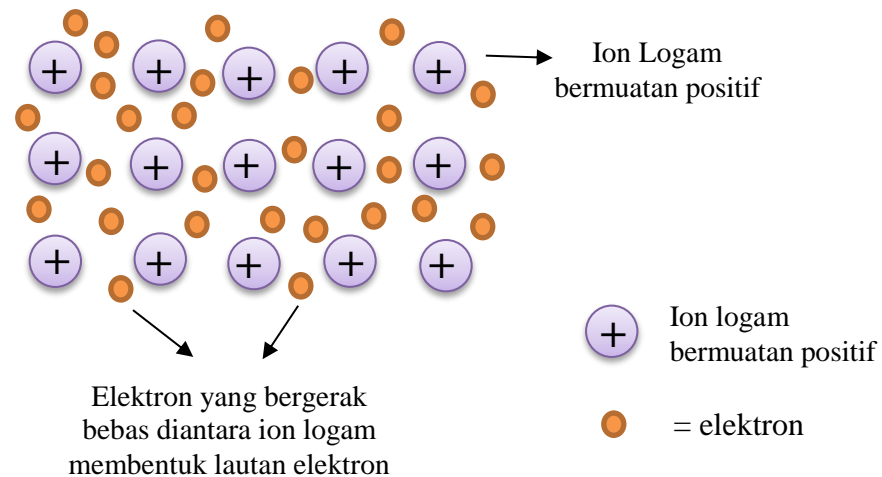
Gambar 2.5. Ikatan Kovalen

Pembentukan ikatan kovalen terbentuk dari atom-atom unsur yang memiliki afinitas elektron tinggi serta berbeda keelektronegatifitasnya lebih kecil dibandingkan ikatan ion. Atom non logam cenderung untuk menerima elektron sehingga jika setiap non logam berikatan maka ikatan yang terbentuk dapat dilakukan dengan cara mempersekutukan elektronnya dan membentuk pasangan elektron yang dipakai secara bersama-sama. Pembentukan ikatan kovalen dengan cara pemakaian bersama pasangan elektron tersebut harus sesuai dengan

konfigurasi elektron pada unsur gas mulia yaitu 8 elektron (kecuali He berjumlah 2 elektron).

2.3.3. Ikatan Logam

Gaya tarik menarik seperti pada molekul-molekul polar dapat juga terjadi antara muatan positif dari ion-ion logam dengan muatan negatif dari elektron-elektron yang bergerak bebas seperti ditunjukkan Gambar 2.4. Interaksi inilah yang dikenal sebagai ikatan logam. Unsur-unsur logam menunjukkan sifat-sifat yang khas, seperti umumnya berupa zat padat pada suhu kamar, dapat ditempa dan merupakan penghantar listrik dan panas yang baik.



Gamabr 2.6. Ikatan Logam

Sifat-sifat tersebut dapat dimaklumi setelah melibatkan bagaimana atom-atom logam dalam membentuk ikatan logam. Elektron valensi dalam logam terdelokalisasi, membaaur membentuk awan elektron yang menyelimuti ion-ion positif logam yang telah melepaskan sebagian elektron valensinya. Akibatnya terjadi interaksi antara kedua muatan (elektron bermuatan negatif dengan ion logam yang bermuatan positif) yang berlawanan dan membentuk ikatan logam. Gaya tarik menarik ini cukup kuat sehingga pada umumnya unsur logam mempunyai titik didih dan titik leleh yang tinggi.

Kekuatan ikatan logam dipengaruhi oleh jari-jari atom, semakin besar jari-jari atom menyebabkan ikatan logam semakin lemah. Dan jumlah elektron valensi, semakin banyak elektron valensinya ikatan logam semakin kuat. Logam-logam yang mempunyai elektron s ikatannya paling lemah dan logam-logam dengan elektron d ikatan logamnya paling kuat.

BAB V

PENUTUP

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa analisis interaksi antara C-Dots dari daur ulang sampah plastik *polypropylene* dengan ion logam berat ditunjukkan dengan adanya perubahan warna larutan, perubahan intensitas, panjang gelombang dari spektrum absorpsi dan emisi. Interaksi yang terjadi akibat C-Dots dari daur ulang sampah plastik *polypropylene* dengan ion logam berat adalah interaksi ionik.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil karakterisasi serta uraian pembahasan dalam bab sebelumnya maka penelitian terkait interaksi C-Dots dari daur ulang sampah plastik *polypropylene* (PP) terhadap ion logam perlu adanya penyempurnaan. Beberapa saran yang perlu dilakukan untuk menyempurnakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan melibatkan lebih banyak ion logam berat, karena mekanisme interaksi sampai saat ini masih menjadi perdebatan dan untuk melihat lebih jelas ion logam manakah yang lebih selektif dan sensitif.

2. Perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan variasi konsentrasi ion logam untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ion logam berat terhadap perubahan intensitas dan pergeseran panjang gelombang dari spektrum absorpsi serta spektrum emisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aaron, S., Pandey, R.R., Chusuei, C.C., Ghosh, K., Patel, R., Wanekaya, A. 2017. Fabrication Characterization and Potential Applications of Carbon Nanoparticles in The Detection og Heavy Metal Ions in Aqueous Media. *Carbon*.
- Afrianita, Reri., Dewilda, Yommi., Rahayu Monica. 2013. Studi Penentuan Kondisi Optimum *Fly Ash* sebagai Adsorben dalam Menyisihkan Logam Berat Kromium (Cr). *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. 10 (2): 104-110.
- Aghae, E. M., Alimohammadi, M., Nabizadeh, R., Naseri, S., Mahvi, A. H., Yagmaeian, K., Aslani, H., Nazmara, S., Mahmoudi, B., Ghani, M. 2014. Effects of Storage Time and Temperature on The Antimony and Some Trace Element Release from Polyethylene Terephthalate (PET) into The Bottled Drinking Water. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. 12 (1): 133.
- Aji, M. P., Wati, A. L., Priyanto, A., Karunawan, J., Nuryadin, B. W., Wibowo, E., Marwoto, P., Sulhadi. 2018. Polymer Carbon Dots from Plastics Waste Upcycling. *Environmental Nanotechnology, Monitoring And Management*. 9 (2018): 136-140.
- Cahyono, Handaru. B., dan Ariani, Nurul. M. 2014. Reduksi Tembaga dalam Limbah Cair Proses *Etching Printing Circuit Board* (PCB) dengan Proses Elektrokimia. *Jurnal Riset Industri*. 8 (2): 101-121.
- Chen, D., Xu, Min., Wu, W., Li, S. 2017. Multi-Color Fluorescent Carbon Dots for Wavelength-Selective and Ultrasensitive Cu^{2+} Sensing. *Journal of Alloys and Compounds*. 701: 75-81.
- Devi, S., Kaur, A., Sakar, S., Vohra. S., Tyagi, S. 2018. Synthesis and Characterization of Highly Luminescent N-doped Carbon Quantum Dots for Metal Ion Sensing. *Integrated Ferroelectrics*. 186: 32-39.
- Dewi, A. R. C., *et al.* 2016. Absorbance Spectrum Carbon Nanodots (C-Dots) Daun Tembakau. *Seminar Nasional Fisika SNF 2016*.

- Ding, H., Yu, S. B., Wei, J. S., Xiong, H. M. 2016. Full-Color Light-Emitting Carbon Dots With A Surface-State-Controlled Luminescence Mechanism. *ACS Nano*. 10: 484-491.
- Duo, F., Wang, Y., Fan, C., Zhang, X., Wang, Y. 2016. Enhanced Visible Light Photocatalytic Activity and Stability of CQDs/BiOBr Composites: The Upconversion Effect of CQDs. *Journal of Alloys and Compounds*. 685: 34-41.
- Eranjaneya. H., Prashanth. S. A., Siddaramanna. A., malingappa. P., Chandrappa. G. T. 2018. Citric Acid Assisted Synthesis of Manganese Tungstate Nanoparticles for Simultaneous Electrochemical Sensing of Heavy Metal Ions. *Materials Science in Semiconductor Processing*. 86: 85-92.
- Fang, B., Wang. P., Zhu, Y., Wang, C., Zhang, G., Zheng, X., Ding, C., Gu, J., Cao, F. 2018. Basophilic Green Fluorescent Carbon Nanoparticles Derived from Benzoxazine for The Detection of Cr(VI) in A Strongly Alkaline Environment. *RSC Advances*. 8: 7377.
- Fatimah, Siti., dan Haris, Abdul. 2014. Pengaruh Dopan Zink Oksida pada TiO₂ terhadap Penurunan Kadar Limbah Fenol dan Cr(VI) secara Simultan dengan Metode Fotokatalisis. *Jurnal Kimia Sains & Aplikasi*. 17 (3): 86-89.
- Francis, E., Zhai, L., Kim, H. C., Ramachandran, R., Amarendra, G., Balerao, G.M., Nandakumar, K., Varughese, K. T., Kim, J., Tomas, S. 2018. Morphology Correlated Free Volume Studiet of Multi-Walled Carbon Nanotube Plasticized Poly(vinyl chloride) Nanoparticles: Positronium Probes and Electrical Properties. *Polymer*.
- Gao, Z., Lin, Z., Chen, X., Zhong, H., Huang, Z. 2016. A Fluorescent Probe Based on N-doped Carbon Dots for Highly Sensitive Detection Of Hg²⁺ in Aqueous Solutions. *Analytical Methods*. 8: 2297-2304.
- Gerbino. E., Mobili. P., Tymczyszyn. E., Fausto. R., Gómez-Zavaglia. A. 2011. FTIR Spectroscopy Structural Analysis of The Interaction Between *Lactobacillus* Kefir S-layers and Metal Ions. *Journal of Molecular Structure*. 987: 186-192.
- Gumpu, M. B., Sethuraman, S., Krishnan, U. M., Rayappan, J. B. B. 2015. A Review on Detection of Heavy Metal Ions in Water – An Electrochemical Approach. *Sensors and Actuators B*. 213: 515-533.

- He, G., *et al.* 2017. Microwave Formation and Photoluminescence Mechanism of Multi-state Nitrogen Doped Carbon Dots. *Applied Surface Science*. 422: 257-265.
- Hong, K. S., *et al.* 2011. Removal of Heavy Metal Ions by Using Calcium Carbonate Extracted from Starfish Treated by Protease and Amylase. *J Anal Sci Technol*. 2 (2): 75-82.
- Hoyos, L .E. S., Sanches-Mendieta, V., Lopez, M. A. C., Trujillo-Reyes, J., Vilchis-Nestor, A. R. 2018. Plasmonic and Fluorescent Sensors of Metal Ions in Water Based on Biogenic Gold Nanoparticles. *Arabian Journal of Chemistry*.
- Huo, X., *et al.* 2017. Modified Facile Synthesis of Water-soluble Carbon Dots for Zhinghly Sensitive and Selective Detection of Chlorogenic Acid Based on Inner Filter Effect. *Specrokimia Aca Part A: Molekullar and Biomolekular Spectroscopy*. 189: 15-19.
- Ilyasa, A. T., Susatyo, E. B., Prasetya, A. T. 2016. Penurunan Kadar Ion Pb²⁺ dan Cd²⁺ Pada Kerang dengan Menggunakan Filtrat Kulit Nanas. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 5 (3).
- Ju. J., Chen. W. 2014. Synthesis of Highly Fluorecent Nitrogen-doped Graphene Quantum Dots for Sensitive, Label-free Detection of Fe (III) in Aqueous Media. *Biosens Bioelectron*. 58: 219-225.
- Kalpana. R., Angelaalincy. J. M., Kamatchirajan., Viswanath. B., Vasantha. V. S., Ashokkumar. B., Ganesh. V., Varalakshmi. P. 2018. Exopolysaccharide from *Bacillus cereus* VK1: Enhancement, Characterization and Its Potential Application in Heavy Metal Removal. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. 171: 327-334.
- Khan, U., Niaz, A., Shah, A., Zaman, M. I., Zia, M. A., Iftikhar, F. J., Nisar, J., Ahmed, M. N., Akhter, M. S., Shah, A.H. 2018. Thiamine Functionalized Silver Nanoparticles for The Highly Selective and Sensitive Colorimetric Detection of Hg²⁺ Ions. *New Journal of Chemistry*.
- Kumar, Amit., Sumanta, K., Sahu, K. 2016. Green Synthesis of Carbon Dots from Ocimum Sanctum for Effective Fluorecent Sensing Pb²⁺ Ions and Live Cell Imaging. *Sensor and Actuators B*. 242 (2017): 679-686.

- Kumar, S. K., *et al.* 2015. Microalgae – A Promising Tool for Heavy Metal Remediation. *Ecotoxicol Environ Saf.* 113: 329-352.
- Kumar, V., & Yadav, S.K. 2009. Plant-mediated Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles and Their Applications. *Journal of Chemical Technology and Biothechnology.* 84: 151-157.
- Li, Haitao., *et al.* 2012. Carbon Nanodots: Synthesis, Properties and Applications. *Journal of Materials Chemistry.*
- Li, L., Jia, C., Wang, F., Fan, H., Jiao, W., Shao, Z. 2018. Facile Synthesis of Magnetic Fluorescent Nanoparticles: Adsorption and Selective Detection of Hg(II) in Water. *Journal of Materials Chemistry C.*
- Li, Ming., Gou, Honglei., Al-Ogaidi, I., Wu, N. 2013. Nanostructured Sensors for Detection of Heavy Metal: A Review. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering.*
- Li, S., Zhou, S., Xu, H., Xiao, L., Wang, Y., Shen, H., Yuan, Q. 2016. Luminescent Properties and Nanofibrous Membrane. *J Mater Sci.* 51: 6801-6811.
- Li, X., Rui, M., Song, J., Shen, Z., Zeng, H. 2015. Carbon And Graphene Quantum Dots for Optoelectronic and Energy Devices: A Review. *Advanced Functional Materials.* 25: 4929-4947.
- Ma, L., Liu, K., Yin, M., Chang, J., Geng, Y., Pan, K. 2017. Fluorescent Nanofibrous Membrane (FNFM) for the Detection of Mercuric Ion (II) with High Sensitivity and Selectivity. *Sens Actuators B Chem.* 238: 120-127.
- Maryani, D., Firdaus, M. L., Nurhamidah. 2017. Biosintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Buah *Passiflora flavicarva* (Markisa) Untuk Mendeteksi Logam Berat. *Alotrop Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia.* 1: 49-54.
- Namdari, P., *et al.* 2017. Synthesis, Properties and Biomedical applications of Carbon-based Quantum Dots: An Update Review. *Biomedicine and Pharmacotherapy.* 87: 209-222.

- Nayak. Neeti. 2018. Detection of Heavy Metal Indifferent Soil Samples and Their Bioremediation with the Help of Fungus *Cunninghalella sp.* *Research & Reviews: A Journal of Biotechnology*. 8 (1): 16-23.
- Ng, Y. H., Chin, S. F., Pang, S. C., Ng, S. M. 2018. Utilising The Interface Interaction on Tris(hydroxymethyl)aminomethane-capped Carbon Dots to Enhance The Sensitivity and Selectivity Towards The Detection of Co(II) Ions. *Sensors and Actuators B*.
- Njoki. M. A., Mercy. G., Nyagah. G., Gachanja. A. 2016. Fourier Transform Infrared Spektrophotometric Analysis of Functional Group Found in *Ricinus Communis L.* and *Cucurbita Maxima Lam.* Roots, Stems, and Leaves as Heavy Metal Adsorbents. *International Journal of Science, Environment*. 5 (3): 861-871.
- Praktik, S. M., VAndana, B. P. 2012. Spectrophotometric Method for Determination of Fe(II) And Zn(II) in Multivitamin Soft Gel Capsule. *International Journal of Pharmacy Research And Analysis*. 2: 2248-7781.
- Prasasti, D., Juari, S., Sudiono, S. 2012. Studi Kapasitas Adsorpsi-reduksi Ion Au(III) pada Asam Humat Hasil Isolasi dari Tanah Gambut Rawa Pening. *Jurnal Ilmiah Kefarmasian*. 2 (2): 141-151.
- Raj, S., and Shankara, D. R. 2016. Curcumin Based Biocompatible Nanofibers for Lead Ion Detection. *Sens Actuators B Chem*. 226: 318-325.
- Ramanan, V., Siddaiah, B., Raji K., Ramamurthy. P. 2017. Green Synthesis of Multifunctionalizes, Nitrogen-doped, Highly Fluorescent Carbon Dots from Waste Expanded *Polystyrene* and Its Applications in The Fluorimetric Detection of Au Ions in Aqueous Media. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*.
- Roshni, & Divya, Ottoor. 2017. One-Step Microwave-Assisted Green Synthesis of Luminescent N-doped Carbon Dots from Sesame Seeds for Selective Sensing of Fe(III). *Current Science*. 112 (2).
- Shen, C., Su, L., Zhang, J., Li, X., Lou, Q., Shan, C. 2017. Carbon Nanodots as Dual-mode Nanosensors for Selective Detection of Hydrogen Peroxide. *Nanoscale Research Letters*. 12- 447.

- Shin, X., Zhou, W., Ma, D., Bridges, D., Ma, Y., Hu, A. 2015. Electrospinning of Nanofibers and Their Applications for Energy Devices. *Jurnal Of Nanomaterials*. (2015): 1-20.
- Simpson. A., Pandey. R. R., Chusuei. C. C., Ghosh. K., Patrl. R., Wanekaya. A. K. 2018. Fabrication Characteri zation and Potential Applications of Carbon Nanoparticles in The Detection of Heavy Metal Ions in Aqueous Media. *Carbon*. 127: 122-130.
- Terra, Idelma. A. A., Mercante, Luiza. A., Andre, Rafaela. S., Correa, Daniel. S. 2017. Fluorescent and Colorimetric Electrospun Nanofibers for Heavy-Metal Sensing. *Biosensors*. 7(61): 1-14.
- Tuerhong, M., XU, Y., & YIN, X.-B. 2017. Review on Carbon Dots and Their Applications. *Chinese Journal of Analytical Chemistry*. 45 (1): 139–150.
- Wang, H., Sun, P., Cong, S., Wu, J., Gao, L., Wang, Y., Dai, X., Yi, Q., Zou, G. 2016. Nitrogen-Doped Carbon Dots for “Green” Quantum Dots Solar Cells. *Nanoscale Research Letters*. 11: 27-32.
- Wang, Y., & Hu, A. 2014. Carbon Quantum Dots: Synthesis, Properties, and Applications. *Journal of Materials Chemistry C*. 2: 34.
- Wu, C., Chiu, D. T. 2013. Highly Fluorescent Semiconducting Polymer Dots for Biology and Medicine. *AngewAndie Chemie International Edition*. 52: 3086-3109.
- Wu, W. C., Lai, H. J. 2016. Preparation of Thermo- responsive Electrospun Nanofibers Containing Rhodamine-based Fluorescent Sensor for Cu²⁺ Detection. *J Polym*. 23.
- Wu, X., Song, Y., Yan, X., Zhu, C., Ma, Y., Du, D., Lin, Y. 2017. Carbon Quantum Dots as Fluorescence Resonance Energy Transfer Sensors for Organophosphate Pesticides Determination. *Biosensors and Bioelectronics*. 94: 292-297.
- Xu, Jing., Jie, X., Xie, F., Yang, H., Wei, Weili, Xia, Z. 2017. Flavonoid Moiety-Incorporated Carbon Dots for Ultrasensitive and Highly Selective Fluorecence Detection and Removal Of Pb²⁺. *Nano Research*.

- Yu, L., Zhang, L., Ren, G., Li, S., Zhu, B., Chai, F., Qu, F., Wang, C., Su, Z. 2018. Multicolorful Fluorescent-nanoprobe Composed of Au Nanocluster and Carbon Dots for Colorimetric and Fluorescent Sensing Hg^{2+} and Cr^{6+} . *Sensor and Actuators B*.
- Zhang, Jie., Chen, Yao., Tan, Jing., Yue, Dongmei. 2016. The Synthesis of Rhodium/Carbon Dots Nanoparticles and Its Hydrogenation Application. *Applied Surface Science*. 396: 1138-1145.
- Zhang, Y., Cui, P., Zhang, F., Wang, Y., Yang, Y. 2016. Fluorescent Probes for “Off-on” Highly Sensitive Detection of Hg^{2+} and L-cysteine Based on Nitrogen-doped Carbon Dots. *Talanta*. 152: 288-300.
- Zhao, H., Ji, X., Wang, X., Wang, N., Ni, R., Ren, J. 2015. An Ultra-sensitive Acetylcholinesterase Biosensor Based on Reduced Graphene Oxide-Au Nanoparticles for Organophosphorus Pesticides Detection. *Biosensor and Bioelectronics*. 65: 23-30.
- Zhu, S., Song, Y., Zhao, X., Shao, X., Zhang, J., Yang, B. 2014. The Photoluminescence Mechanism in Carbon Dots (Graphene Quantum Dots, Carbon Nanodots and Polymer Dots): Current state and Future Perspective. *Nano Research*.
- Zuo, P., Lu, X., Guo, Y., He, H. 2016. A Review on Syntheses, Properties, Characterization and Bioanalytical Applications of Fluorescent Carbon Dots. *Microchim Acta*. 183: 519-542.