

**SINTESIS GRAFENA DARI BATUBARA SERTA POTENSINYA DALAM
ADSORPSI LOGAM TIMBAL (II)**

***SYNTHESIS OF GRAPHENE FROM COAL AND ITS POTENTIAL IN
THE ADSORPTION OF LEAD METALS (II)***

SULFITRIANI NAHRUN

H012181004



**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**SINTESIS GRAFENA DARI BATUBARA SERTA POTENSINYA DALAM
ADSORPSI LOGAM TIMBAL (II)**

***SYNTHESIS OF GRAPHENE FROM COAL AND ITS POTENTIAL IN
THE ADSORPTION OF LEAD METALS (II)***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi Kimia

Disusun dan diajukan oleh :

SULFITRIANI NAHRUN

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

**SINTESIS GRAFENA DARI BATUBARA SERTA POTENSINYA DALAM ADSORPSI
LOGAM TIMBAL (II)**

Disusun dan diajukan oleh

SULFITRIANI NAHRUN
NOMOR POKOK: H012181004

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 25 Oktober 2022

Dan dinyatakan memenuhi syarat

Menyetujui:
Komisi penasehat

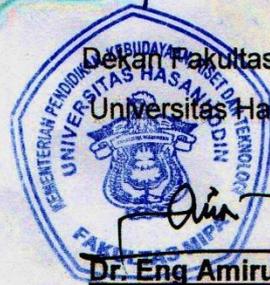
Dr. Maming, M.Si

Ketua Program Studi
Magister Kimia

Dr. Hasnah Natsir, M.Si

Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si

Dekan Fakultas MIPA
Universitas Hasanuddin



Dr. Eng Amiruddin, M.Si

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SULFITRIANI NAHRUN
NIM : H012181004
Program Studi : Kimia
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Sintesis Grafena Dari Batubara Serta Potensinya Dalam Adsorpsi Logam
Timbal (II)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan
alihan tulisan orang lain, bahwa Tesis yang saya tulis ini benar benar
merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian
atau keseluruhan Tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia
menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 07 Desember 2022

Yang menyatakan


Sulfitriani Nahrun

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah yang telah memberikan rahmat dan hidayah, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini, yang berjudul “**Sintesis Grafena Oksida Dan Grafena Dari Batubara Serta Potensinya Dalam Adsorpsi Logam Timbal (Ii)**” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains. Sholawat dan salam kepada Nabi besar Muhammad S.A.W.

Kepada kedua orang tua saya yang sangat tercinta, ayahanda **Drs. H. Nahrin** dan ibunda **Hj. Jumriah** tidak pernah berhenti dan lelah memberikan dukungan, terima kasih untuk setiap semangat dan doa yang senantiasa diberikan kepada penulis. Terima kasih juga kepada Kakak kandung tercinta **Muh. Mulyadi Nahrin** dan **Muh. Supardi Nahrin**, yang selalu memberikan motivasi, semoga Allah senantiasa melindungi dan memberikan jalan keberkahan, Aamiin.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan penulisan tesis ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih, khususnya kepada **Dr. Maming, M.Si dan Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si** selaku dosen pembimbing, yang dengan penuh kesabaran dan keikhlasan memberikan bimbingan serta pengarahan dalam menyelesaikan penelitian ini.

Penulis juga tak lupa mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Alm. Dr. Nursiah La Nafie M.Sc., Dr. Djabal Nur Basir, S.Si, M.Si Dr. Abdul Karim, M.Si., dan Drs. Syahrudin Kasim, M.Si.**, selaku komisi penilai, yang telah memberikan masukan demi penyempurnaan penulisan tesis.
2. **Dr. Hasnah Natsir, M.Si**, selaku ketua program studi ilmu kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, yang telah memberikan motivasi dan bantuan,
3. Dekan Fakultas MIPA, Ketua Jurusan Kimia FMIPA, dan seluruh dosen Kimia pascasarjana Universitas Hasanuddin, yang telah membagi ilmunya, serta seluruh staf Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin, yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan dan penyusunan tesis,
4. Pak **Irsan** selaku staff Program Studi S2 Kimia, yang selalu membantu dalam penyelesaian administrasi.
5. Kepada laboran yang selalu ada untuk membantu jika saya dalam masalah selama penelitian ini.
6. Teman sekaligus sahabatku Firstianavi Oktarianti yang selalu ada dan selalu memberikan suport serta selalu menemani dalam penelitianku.
7. Teman-teman yang termasuk dalam Himpunan Mahasiswa Pasca Sarjana Kimia Unhas dan teman-teman seperjuangan Kimia Pascasarjana angkatan 2018: (**Rafsanjany Ramadhan, Yusriadi, Marinda, Nada Pertiwi, Nurul Khaerah, Andi Fikrah A, Mifta Huljannah, Asriani Hayatun, Nur Afni, Felly Cytæ E. A, Septaria Yolán K, Nur Awalia, Adji Permatasari, Musrifa Tahar**), serta **Nuritasari dan Samriani** yang selalu memberikan semangat dan dukungan selama perkuliahan ataupun penelitian
8. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama menyelesaikan penelitian

Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak sempurna dan banyak kekurangan, baik materi maupun teknik penulisannya. Oleh karena itu, penulis berharap saran dan kritikan yang bersifat membangun dari pembaca, dan semoga dapat memberikan manfaat bagi siapa saja dalam pengembangan ilmu pengetahuan bidang anorganik terkhusus grafena.

Terima kasih

Makassar, Desember 2022

penulis

Sulfitriani Nahrin

ABSTRAK

Sulfitriani Nahrin: Sintesis Grafena Dari Batubara Serta Potensinya Dalam Adsorpsi Logam Timbal (II)

(dibimbing oleh: Dr. Maming, M.Si dan Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si)

Grafena adalah bahan yang sangat kuat dan dapat disintesis dari batubara yang tersedia secara luas tetapi tidak digunakan sepenuhnya. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis graphene dari batubara menggunakan metode Hummers. Logam berat beracun dan beracun, sehingga adanya kelebihan logam berat di lingkungan dapat merusak ekosistem. Logam berat dapat dihilangkan dengan menggunakan metode adsorpsi isothermic. Adsorben yang digunakan adalah grafena yang berbasis karbon dan memiliki potensi tinggi untuk menghilangkan polutan logam berat. Dari hasil uji kelompok fungsi graphene menggunakan FTIR, menunjukkan bahwa serapan pada panjang gelombang 1624,06 cm^{-1} adalah ikatan C = C aromatik. Hasil tes dengan XRD menunjukkan bahwa graphene pada sudut 2θ pada 22,84 ° dengan jarak d 3,89 Å cenderung memiliki fase amorf. Dan hasil adsorbent dengan larutan ion logam Pb dan adsorpsi dilakukan dengan menggunakan beberapa parameter, yaitu variasi waktu kontak dan konsentrasi adsorpsi dan pengukuran dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer cahaya tampak. Penyerapan optimal terjadi selama waktu sintesis dapat menyerap logam timbal (Pb^{2+}) dengan eektivitas penyerapan pada waktu kontak optimum 20 menit dan konsentrasi logam Pb^{2+} 100 ppm adalah sebesar 4,7972 mg/g.

Kata Kunci : Batubara, Grafena, Adsorpsi, Ion Logam Timbal (Pb)

ABSTRACT

Sulfitriani Nahrin: Synthesis Of Graphene From Coal And Its Potential In The Adsorption Of Lead Metals (II)

(supervised by: Dr. Maming, M.Si and Dr. Sci. Muhammad Zakir, M.Si)

Graphene is a very strong material and can be synthesized from coal that is widely available but not utilized to its fullest. The study aims to synthesize graphene from coal using the Hummers method. Heavy metals are toxic and toxic, so the presence of excess heavy metals in the environment can damage ecosystems. Heavy metals can be removed by using the isothermic adsorption method. Adsorbents used are graphene which is carbon-based and has a high potential to remove heavy metal pollutants. From the results of the graphene function group test using FTIR, showed that the uptake at a wavelength of 1624.06 cm^{-1} is an aromatic C = C bond. Test results with XRD showed that graphene at an angle of 2θ at 22.84° with a d-spacing of 3.89 \AA tended to have an amorph phase. And the results of adsorbent with a solution of metal ions Pb and adsorption conducted using several parameters, namely variations in contact time and concentration of adsorption and measurements are taken using visible light spectrophotometers. Optimal absorption occurred during the synthesis time to absorb lead metal (Pb^{2+}) with the absorption effectiveness at the optimum contact time of 20 minutes and the concentration of 100 ppm Pb^{2+} metal was 4.7972 mg/g .

Keywords: Coal, Graphene, Adsorption, Lead Metal Ions (Pb)

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengajuan.....	ii
Halaman Pengesahan.....	iii
Pernyataan Keaslian.....	iv
Prakata.....	v
Abstrak.....	vi
Abstract.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar.....	x
Daftar Lampiran.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Manfaat.....	4
BAB II TINJUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Logam Timbal (Pb)	5
2.2 Pemanfaatan Logam Timbal (Pb)	6
2.3 Sumber-sumber Logam Timbal (Pb)	6
2.4 Toksisitas Logam Timbal (Pb)	7
2.5 Grafena.....	8
2.6 Grafena Oksida.....	11
2.7 Sintesis Grafena oksida.....	12
2.8 Liquid-Phase Exfoliation (LE)	14
2.9 Batubara.....	14
2.10 Adsorpsi.....	16
2.11 Kerangka Berpikir.....	22
2.12 Hipotesis.....	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Metode Penelitian.....	25

3.1.1 Alat dan Bahan.....	25
3.2 Prosedur Kerja.....	26
3.3 Karakterisasi Material Batubara, Grafena Oksida dan Grafena.....	26
3.3.1 Pengujian dengan XRD.....	27
3.3.2 Pengujian dengan FTIR.....	27
3.3.3 Pengujian dengan SEM.....	27
3.4 Pengujian grafena oksida sebagai adsorben pada logam timbal (II)	27
3.4.1 Penentuan waktu kontak optimum grafena oksida sebagai adsoben logam timbal (II)	27
3.4.2 Penetuan konsentrasi optimum grafena oksida dalam penyerapan logam timbal (II)	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Pembuatan Grafena.....	29
4.4.1 Sintesis grafena oksida dari batubara.....	29
4.4.2 Sintesis grafena.....	31
4.2 Karateristik Batubara, Grafena Oksida dan Grafena.....	32
4.2.1 Pengujian dengan XRD.....	32
4.2.2 Pengujian dengan FTIR.....	33
4.2.3 Pengujian dengan SEM... ..	36
4.3 Pengujian grafena sebagai adsorben logam timbal (II).....	37
4.3.1 Pengaruh waktu kontak terhadap proses adsorpsi.....	37
4.3.2 Pengaruh konsentrasi larutan terhadap proses adsorpsi.....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	43
5.1 Kesimpulan.....	43
5.2 Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Nilai d-spacing XRD dari (a) Batubara, (b) grafen oksida, dan (c) Grafena	33
Perbandingan gugus fungsi dari (a) Batubara, (b) grafen oksida, dan (c) Grafena	35
Pengaruh Waktu Kontak Grafena terhadap ion Logam Timbal (Pb).	38
Pengaruh konsentrasi ion Logam Timbal (Pb) dengan waktu kontak optimum 25 menit	39
Spektrum FT-IR Grafena (a), Grafena+ion Pb^{2+} selama 20 menit (b), Grafena +ion Pb^{2+} 100 ppm (c)	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Struktur Grafena	9
Struktur Grafena Oksida	11
Kerangka Pikir	23
Skema Pembentukan Gugus Fungsi Pada Grafena Oksida	30
Ilustrasi Sintesis Grafena Oksida dan Batubara	30
Ilustrasi Sintesis Grafena dari Batubara	31
Perbandingan difaktogram XRD dari (a) Batubara, (b) grafen oksida, dan (c) Grafena	32
Perbandingan spektra FT-IR dari (a) Batubara, (b) grafena oksida, dan (c) Grafena	34
Perbandingan morfologi dari (a) Batubara, (b) grafena oksida, dan (c) Grafena.	36
Pengaruh Waktu Kontak Grafena terhadap ion Logam Timbal (Pb).	38
Pengaruh konsentrasi ion Logam Timbal (Pb) waktu kontak optimum grafena.	40
Spektrum FT-IR Grafena (a), Grafena+ion Pb^{2+} selama 20 menit (b), Grafena +ion Pb^{2+} 100 ppm (c)	41
Struktur Grafena Oksida dengan logam Pb (II)	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Sintesis Grafena	48
Pengujian Grafena sebagai adsorben pada logam Pb dengan variasi waktu kontak	49
Pengujian Grafena sebagai adsorben pada logam Pb dengan variasi Konsentrasi Logam dengan waktu kontak optimum	50
Pembuatan Larutan Baku Kerja 1000 ppm	51
Kurva Larutan Standar	54
Perhitungan Jumlah penurunan Ion Pb^{2+} dalam larutan dengan variasi waktu kontak dan variasi konsentrasi serta presentasi penyisihan logam	55
Dokumentasi	59
Sintesis Grafena	48

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Arti
GO	Grafena Oksida
XRD	X-ray Diffraction
FTIR	Fourier Transform Infrared
SEM	Scanning Electron Microscope

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hampir semua makhluk hidup di muka bumi ini memerlukan air, dari mikroorganisme sampai mamalia. Tanpa air tiada kehidupan di muka bumi ini. Di Indonesia akses terhadap air bersih masih menjadi masalah. Sebagian besar air tawar yang digunakan salah satunya bersumber dari danau. Faktor menurunnya kualitas air disebabkan oleh dua faktor, yaitu faktor alam dan faktor manusia yang mengakibatkan tercemarnya air, saat ini tak dapat dipungkiri telah banyak yang tercemar akibat bahan buangan yang mengandung logam berat seperti logam timbal (Pb) (Puspitasari, 2009).

Pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukkannya. Masukan tersebut sering disebut dengan istilah unsur pencemar (polutan) yang pada prakteknya masukan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin (Yuliasuti, 2009).

Bahan-bahan buangan ini yang nantinya menjadi limbah dan mencemari lingkungan dalam jumlah yang sulit di kontrol secara tepat. Di Indonesia, sumber pencemar dapat berasal dari limbah rumah tangga, perusahaan-perusahaan, pertambangan, industri dan lain-lain. Zat-zat pencemar lebih didominasi oleh bahan buangan logam berat salah satunya adalah Timbal (Julhim, 2013).

Adanya logam berat di perairan berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu sulit terurai, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi menjadi dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, sedangkan jenis kedua adalah logam berat non esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum

diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun seperti Pb (Ika dkk, 2012).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi ion logam dalam limbah cair diantaranya adalah pengendapan, penukar ion dengan menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang paling umum dipakai karena memiliki konsep yang lebih sederhana dan juga ekonomis. Proses adsorpsi yang paling berperan adalah adsorben. Dalam hal ini telah dikembangkan metode adsorpsi dengan menggunakan grafena oksida

Grafena, berupa lembar molekuler dari grafit memiliki aplikasi potensial di berbagai bidang ilmu material untuk pengembangan nanokomposit, sensor, superkapasitor, penyimpan hidrogen dan perangkat optoelektronik, grafena berperan dalam pengembangan aplikasi karena sifat elektronik, optik, mekanik, dan termalnya yang luar biasa, sehingga grafena telah dipelajari lebih lanjut, termasuk pengembangan sifat penting pengikatan grafena dalam matriks polimer dengan dispersi seragam dan kontrol antarmuka yang baik (Kumar, 2006).

Dalam pembuatan grafena oksida dan grafena, bahan utama berupa grafit alam merupakan bahan tambang yang tidak terbarukan. Selain itu, penggunaan grafit sintetis yang memiliki kualitas baik juga memiliki harga yang tinggi, sehingga diperlukan pencarian bahan baku sumber karbon selain grafit yang efisien.

Batubara dapat menjadi sumber yang baik untuk menggantikan grafit karena strukturnya yang cukup kompleks, mengandung karbon kristalin berukuran angstrom atau nanometer dengan cacat (defect) yang dihubungkan oleh karbon amorf alifatik (V. Purwandari et al., 2020).

Kumar (2014) telah mensintesis Grafena-Oksida (GO) dari batubara bituminous dengan metode modifikasi Hummers (Nanocomposites, 2014), (Powell & Beall, 2015) juga mensintesis grafena yang berasal dari sumber karbon batubara kualitas rendah yaitu lignit dengan Humic Acid (HA).

Metode Hummers memberikan beberapa keuntungan seperti mampu menghasilkan GO dalam jumlah besar, sederhana, mudah ditangani dan hemat biaya. Oleh karena itu, metode ini adalah cara yang paling menjanjikan untuk membuat grafena dalam jumlah besar (Vivi Purwandari, 2020).

Batubara yang bersal dari PT vale belum pernah dilaporkan sebagai sumber untuk mensintesis grafena. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis

grafena dari batubara PT vale dengan metode modifikasi Hummers dan grafena yang dihasilkan dikarakterisasi dengan XRD, SEM, FT.IR.

Grafena oksida juga telah diaplikasikan sebagai adsorben. (Jihong et al., 2018) menggunakan grafena oksida sebagai adsorben terhadap Fe_3O_4 dimana diperoleh mikrosfer komposit grafena Fe_3O_4 stabil dan cocok untuk aplikasi pembawa obat. (Gadipelli & Guo, 2015) meneliti tentang grafit sebagai adsorben dalam penemuan gas langka. (Ali et al., 2019) adsorben berbasis grafena untuk remediasi polutan berbahaya dari air limbah.

Interaksi antara logam transisi dan non transisi terhadap grafena oksida belum banyak dipelajari dengan menggunakan spektroskopi serapan atom (SSA). Sehingga penggunaan grafena sangat menarik untuk dikaji terus-menerus dikarenakan sifatnya yang unik dan tidak dimiliki oleh material lainnya.

Berdasarkan pemaparan diatas maka dilakukan penelitian pembuatan adsorben *grafena* dari batubara untuk adsorpsi timbal (II).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Apakah metode Hummers dapat digunakan untuk mensintesis grafena oksida dan grafena dari batubara PT Vale?
2. Bagaimana kemampuan grafena oksida dalam adsorpsi Timbal (II) dengan variasi waktu dan konsentrasi?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mensintesis dan karakteristik grafena oksida dan grafena dari batubara PT Vale dengan metode Hummers.
2. Mengetahui kemampuan grafena oksida dalam adsorpsi logam timbal (II) dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi larutan

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai sumber informasi bahwa Batu Bara dapat digunakan sebagai bahan baku dalam mensintesis grafena.
2. Menjadi bahan masukan bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Timbal (Pb)

logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat nonesensial. Logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, Ni, dan sebagainya. Logam berat tidak esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain.

2.2 Pemanfaatan Logam Timbal (Pb)

Timbal banyak dimanfaatkan oleh manusia seperti sebagai bahan pembuat baterai, amunisi, produk logam (logam lembaran, solder, dan pipa), perlengkapan medis (penangkal radiasi dan alat bedah), cat, keramik, peralatan kegiatan ilmiah/praktek (papan sirkuit/CB untuk komputer) untuk campuran minyak bahan-bahan untuk meningkatkan nilai oktan (Julhim, 2013).

Timbal (Pb) yang juga sering disebut timah hitam (*lead*) merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan organisme lainnya. Kegiatan industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran Pb misalnya industri baterai, bahan bakar, kabel, pipa serta industri kimia. Selain itu juga sumber Pb dapat berasal dari sisa pembakaran pada kendaraan bermotor dan proses penambangan. Semua sisa buangan yang mengandung Pb dapat masuk ke dalam lingkungan perairan dan menimbulkan pencemaran (Syaiful, 2009).

2.3 Sumber-sumber Logam Timbal (Pb)

Beberapa zat kimia berbahaya dan beracun yang mencemari lingkungan antara lain logam berat, pestisida, bahan radioaktif, senyawa nitrat, nitrit, amoniak, dan lain-lain. Beberapa logam berat tersebut adalah timbal (*Pb*) dan nikel (*Ni*). Timbal (*Pb*) dengan nama lain timah hitam (*lead*) merupakan salah satu logam berat berbahaya bagi kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya. Industri yang berpotensi sebagai sumber pencemaran timbal adalah semua industri yang memakai timbal sebagai bahan baku maupun bahan penolong, misalnya industri pengecoran maupun pemurnian, industri *battery*, industri bahan bakar, industri kabel, serta industri kimia yang menggunakan bahan pewarna. Selain itu, sumber timbal dapat berasal dari sisa pembakaran kendaraan bermotor dan proses penambangan. Semua sisa buangan yang mengandung timbal menimbulkan pencemaran lingkungan (Sutrisno, 2009).

Logam berat terdapat di seluruh lapisan alam, namun dalam konsentrasi yang sangat rendah. Pada tingkat kadar yang rendah ini, beberapa logam berat umumnya dibutuhkan oleh organisme hidup untuk pertumbuhan dan perkembangan hidupnya. Namun sebaliknya bila kadarnya meningkat, logam berat berubah sifat menjadi racun. Peningkatan kadar logam berat dalam air laut terjadi karena masuknya limbah yang mengandung logam berat ke lingkungan laut. Limbah yang banyak mengandung logam berat biasanya berasal dari kegiatan industri, pertambangan, pemukiman dan pertanian. (Maslukah, 2006).

Penurunan kualitas air ini diakibatkan oleh adanya zat pencemar, baik berupa komponen-komponen organik maupun anorganik. Komponen-komponen anorganik, diantaranya adalah logam berat yang berbahaya. Beberapa logam berat tersebut banyak digunakan dalam berbagai keperluan sehari-hari, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Penggunaan logam-logam berat tersebut dalam berbagai keperluan sehari-hari, baik secara langsung maupun tidak langsung, atau sengaja maupun tidak sengaja, telah mencemari lingkungan. Beberapa logam berat yang berbahaya dan sering mencemari lingkungan terutama adalah merkuri (Hg), timbal/timah hitam (Pb), arsenik (As), tembaga (Cu), kadmium (Cd), khromium (Cr), dan nikel (Ni). Logam-logam berat tersebut diketahui dapat mengumpul di dalam tubuh organisme, dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi (Siaka, 2018).

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang diakibatkan bila logam ini diberikan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Meskipun semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan pada makhluk hidup, namun sebagian dari logam berat tersebut tetap dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil. Bila kebutuhan yang sangat sedikit itu tidak dipenuhi, maka dapat berakibat fatal bagi kelangsungan hidup organisme. Faktor yang menyebabkan logam tersebut dikelompokkan ke dalam zat pencemar yaitu logam berat tidak dapat terurai melalui biodegradasi seperti pencemar organik, logam berat dapat terakumulasi dalam lingkungan terutama sedimen sungai dan laut, karena dapat terikat dengan senyawa organik dan anorganik, melalui proses adsorpsi dan pembentukan senyawa kompleks (Ika dkk, 2010).

Kandungan logam berat yang menumpuk pada air dan sedimen akan masuk ke dalam sistem rantai makanan dan berpengaruh pada kehidupan organisme. Logam berat ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh. Daya racun yang dimiliki akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim, sehingga proses metabolisme tubuh terputus. Lebih jauh lagi, logam berat ini akan bertindak sebagai alergen, mutagen, atau karsinogen bagi manusia. Jalur masuknya adalah melalui kulit, pernafasan, dan pencernaan. Masing-masing logam berat tersebut memiliki dampak negatif terhadap manusia jika dikonsumsi dalam jumlah yang besar dalam waktu yang lama.(Ika dkk.2010).

2.4 Toksisitas Logam Timbal

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi menjadi dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun, contoh logam berat ini adalah Fe. Keberadaan besi dalam air laut juga dapat bersumber dari perkaratan kapal-kapal laut dan tiang-tiang pancang pelabuhan yang mudah berkarat. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat non esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun seperti Pb. Secara alamiah timbal dapat masuk ke

dalam badan perairan melalui pengkristalan timbal di udara dengan bantuan air hujan (Ika, 2010).

Selain dalam tubuh organisme, logam berat juga dapat terakumulasi dalam padatan yang ada dalam perairan seperti sedimen. Sedimen adalah lapisan bawah yang melapisi sungai, danau, *reservoir*, teluk, muara, dan lautan. Pada umumnya logam-logam berat yang terdekomposisi pada sedimen tidak terlalu berbahaya bagi makhluk hidup perairan, tetapi oleh adanya pengaruh kondisi akuatik yang bersifat dinamis seperti perubahan pH, akan menyebabkan logam-logam yang terendapkan dalam sedimen terionisasi ke perairan. Hal inilah yang merupakan bahan pencemar dan akan memberikan sifat toksik terhadap organisme hidup bila ada dalam jumlah yang berlebih (Siaka, 2008).

2.5 Grafena

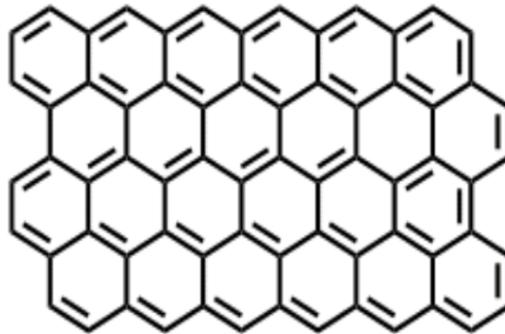
Menurut (Gao, 2013), istilah grafena pertama kali diperkenalkan oleh Bohem, pada tahun 1986 dan berasal dari kombinasi kata “grafit” dan akhiran “an” yang mengacu pada aromatik polisiklik hidrokarbon.

Kristal grafena yang berdiri bebas tidak ditemukan sampai pada tahun 2004 oleh Dr. Andre K. Geim dan Dr. Konstantin S. Novoselov dari Universitas of Manchester, mereka berhasil menemukannya dari pengelupasan grafit pirolitik yang sangat teratur (Septiana, 2017)..

Material grafena pertama kali berhasil disintesis oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov pada tahun 2004. Geim dan Novoselov mensintesis *graphene* dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* hingga skala nanometer menggunakan selotip. Lapisan-lapisan grafena yang diikat oleh ikatan *van der Waals* terkelupas menjadi satu lembar grafena yang teramati menggantung pada substrat silikon oksida. Metode sintesis yang dilakukan oleh Andre K. Geim dan Konstantin Novoselov ini dinamakan metode *mechanical exfoliation*. Berkat penemuannya tersebut Geim dan Novoselov mendapatkan penghargaan Nobel pada tahun 2010 (Septiana, 2017).

Grafena merupakan material yang sangat berkembang saat ini. Grafena menjadi sangat menarik untuk dikaji oleh para peneliti dari berbagai bidang ilmu baik Fisika, Kimia, Biologi maupun Teknik material. Pada dasarnya grafena adalah allotropi karbon yang menjadi struktur dasar untuk pembentukan material berbasis karbon seperti grafit (stacked grafena), *Carbon Nanotube/CNT*

(beberapa layer graphene yang digulung melingkar terhadap aksial) dan *Fullerence* (Junaidi & Susanti, 2014).



Gambar 2.1 Struktur Grafena (Sumber: Rahmawati, 2017)

Grafena merupakan lembaran atom dua dimensi yang mempunyai sifat elektronik, mekanik dan termal. Metode yang praktis dan termurah dalam menghasilkan *graphene oxide* (GO) adalah dengan mensintesisnya dari serbuk grafit (Aziz dkk., 2017).

Grafena merupakan material yang sangat kuat, sangat ringan, memiliki sifat mekanik yang sangat baik, serta *graphene* memiliki konduktivitas yang juga baik (Changzou, 2017).

Berdasarkan sifatnya yang unik ini, grafena telah banyak digunakan secara luas dalam pengembangan material nanokomposit untuk aplikasi yang berbeda seperti superkapasitor (Zhao dkk., 2012), sensor (Ang dkk., 2008), solar panel (X. Wang dkk., 2008), dan sebagai adsorben (X. Wang dkk., 2008). Meski telah banyak penelitian mengenai aplikasi grafena, di Indonesia masih belum banyak dilakukan pengembangan material ini.

Sedangkan grafena oksida (GO) merupakan hasil sintesis dari bahan *graphite oxide* melalui proses ultrasonikasi. Grafena banyak dikembangkan karena memiliki keistimewaan dan keunggulan dalam sifat yang dimilikinya, seperti sifat listrik, mekanik, optik dan termal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Peres, 2010), keunggulan yang dimiliki dalam sifat kelistrikannya yaitu grafena memiliki mobilitas pembawa muatan mencapai $15000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ pada suhu 300 K dan $\sim 60000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ pada suhu 4 K (Novoselov, 2004).

Grafena memiliki jarak antar atom sebesar 0,142 nm dan memiliki sifat yang unggul. Sifat-sifat tersebut diantaranya adalah mobilitas elektron yang tinggi mencapai $200.000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$, konduktivitas listrik yang tinggi ($0,96 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{ Cm}^{-1}$), konduktivitas termal yang tinggi (5000 W/mK), transparansi optik yang baik

(97,7%), serta memiliki kekuatan tarik 1 TPa atau 200 kali lebih keras dari baja dan 20 kali lebih keras dari berlian (Terrones dkk., 2010).

Dengan kemampuan yang demikian graphene telah menarik perhatian dibidang akademik dan industri dan juga merupakan salah satu material yang menjadi harapan bagi perkembangan teknologi dibidang elektronik, medis, pesawat terbang, ataupun automotif. Meskipun dengan sifat– sifat yang begitu menjanjikan di bidang industri, di Indonesia masih belum banyak penelitian yang mengembangkan Grafena sebagai material alternatif (Ilhami dkk., 2014).

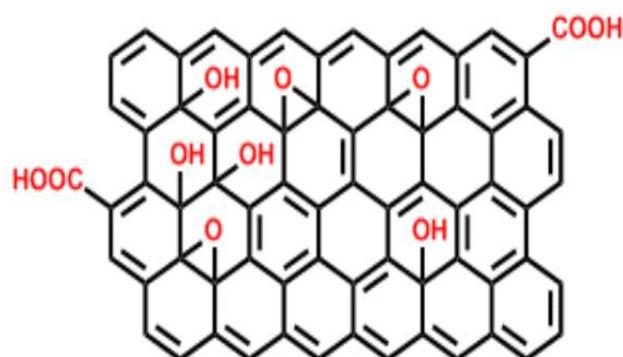
Menurut (Li dkk., 2014), terdapat dua masalah utama dalam usaha memperoleh *grafena*. Masalah pertama adalah tentang bagaimana dapat menghasilkan lembaran Grafena pada skala yang cukup. Seperti telah diketahui bahwa *graphite*, meskipun harganya murah dan tersedia dalam jumlah banyak, *graphite* tidak mudah terkelupas untuk menghasilkan lembaran Grafena satu lapis. Masalah kedua adalah bahwa lembaran grafena sulit digabungkan dan didistribusikan secara homogen ke berbagai matriks untuk aplikasi. Sebagai solusi, *graphene oxide* (GO) yang mengandung banyak kelompok berbasis oksigen dapat diperoleh dengan mudah dari oksidasi *graphite*.

GO dipandang sebagai pendahulu untuk menghasilkan Grafena (mengurangi GO) dengan reaksi kimia dan termal. Selanjutnya, dalam beberapa tahun terakhir banyak turunan GO seperti komposit berbasis GO, lapisan berbasis GO dan film tipis, serta nanopartikel berbasis GO muncul sebagai bahan fungsional untuk berbagai aplikasi.

Proses preparasi GO melibatkan dua langkah seperti yang ditunjukkan pada gambar. Langkah pertama yaitu pembuatan GO dari serbuk *graphite* yang dapat dilakukan dengan mendispersi *graphite* dalam air atau pelarut polar lainnya karena adanya gugus hidroksil dan epoksida di bidang basal gugus GO dan karbonil serta karboksil pada bagian tepi. Langkah kedua, bongkahan GO dapat dikelupas oleh sonikasi atau perlakuan lainnya untuk membentuk suspensi koloid dari lapisan monolayer, lapisan dua lapis atau beberapa lapisan GO dalam pelarut yang berbeda. Titik kritis dalam preparasi GO adalah pemilihan bahan pengoksidasi yang sesuai untuk mengoksidasi *graphite* (Li dkk., 2014).

2.6 Grafena Oksida

Grafena *oxide* (GO) merupakan senyawa turunan *graphene* yang memiliki karakteristik serupa dengan *graphene* yang memiliki struktur yang mirip pula. Bedanya pada *graphene* struktur yang terbentuk planar, sedangkan pada GO terdapat lengkungan karena hadirnya gugus oksigen dalam bentuk karboksil dan karbonil di dalamnya. Perbedaan struktur Grafena dan GO ditunjukkan pada Gambar Grafena *oxide* mempunyai struktur berlapis sebagai berikut:



Gambar 2.2. Struktur Graphene-Oxide (Sumber: Rahmawati, 2017)

Menurut (Li dkk., 2014), terdapat dua masalah utama dalam usaha memperoleh grafena. Masalah pertama adalah tentang bagaimana dapat menghasilkan lembaran Grafena pada skala yang cukup. Seperti telah diketahui bahwa *graphite*, meskipun harganya murah dan tersedia dalam jumlah banyak, *graphite* tidak mudah terkelupas untuk menghasilkan lembaran grafena satu lapis.

Masalah kedua adalah bahwa lembaran Grafena sulit digabungkan dan didistribusikan secara homogen ke berbagai matriks untuk aplikasi. Sebagai solusi, *Grafena Oksida* (GO) yang mengandung banyak kelompok berbasis oksigen dapat diperoleh dengan mudah dari *oksidasi graphite*. GO dipandang sebagai pendahulu untuk menghasilkan *graphene* (mengurangi GO) dengan reaksi kimia dan termal. Selanjutnya, dalam beberapa tahun terakhir banyak turunan GO seperti komposit berbasis GO, lapisan berbasis GO dan film tipis, serta nanopartikel berbasis GO muncul sebagai bahan fungsional untuk berbagai aplikasi.

2.7 Sintesis Grafena oksida

Seiring dengan perkembangannya, telah dikenal berbagai metode pembuatan *graphene* dan GO baik melalui pendekatan *bottom-up* maupun pendekatan *top-down*. Dari kedua pendekatan tersebut yang paling banyak digunakan adalah pendekatan *top-down* dengan mensintesis material-material yang berupa grafit (karbon multi *layer*) menjadi grafena dan GO. Pada dasarnya, metode untuk mensintesis *graphene* dan GO hampir sama.

Menurut (Takai dkk., 2020), secara umum terdapat 2 metode untuk membuat *graphene*, yaitu *Exfoliation* (pengelupasan kulit) dan *Growth on Surfaces*. Metode *exfoliation* merupakan metode pembuatan *graphene* dengan pendekatan *top-down*. Sedangkan metode *growth on surface* merupakan metode dengan pendekatan *bottom-up*. Metode *exfoliation* meliputi *scotch tape method* (*mechanical exfoliation*), *dispersion of graphite*, *graphite oxide exfoliation*, dan *substrate preparation*.

Pemilihan metode pembuatan ditentukan oleh fungsionalisasi permukaan lembar grafit yang terintegrasi. Umumnya, rutinitas pembuatan tradisional meliputi pengolahan berbasis larutan (*solution mixing*) dan pengolahan berbasis lelehan. Di antara pendekatan yang paling populer untuk modifikasi kimia dan perakitan adalah polimerisasi in situ, pencangkakan kimia, pencampuran emulsi lateks, perakitan lapis demi lapis (LbL), dan perakitan langsung. Untuk metode polimerisasi in situ, monomer yang diinterkalasi dalam kluster grafit yang diperluas dapat meningkatkan pengelupasan yang efisien menjadi lembaran tunggal melalui matriks polimer yang disebabkan oleh reaksi katalisis.

Sintesis Grafena yang pertama kali dilakukan oleh Geim dan Novoselov pada tahun 2004 menggunakan selotip merupakan contoh dari *scotch tape method* atau *mechanical exfoliation*. Sedangkan metode *growth on surfaces* meliputi *epitaxial growth* dan *chemical vapour deposition*. Menurut (Chang dkk., 2013), ada beberapa metode dengan pendekatan *top-down* untuk memperoleh *graphene* yaitu *mechanical exfoliation* (ME), *reduction of graphene oxide* (rGO), *liquid exfoliation* (LE) dan lain sebagainya. Metode ME dilakukan dengan cara mengelupas lapisan-lapisan kristalin *graphite* atau karbon hingga skala mikrometer menggunakan selotip.

Selain itu, metode ME dapat dilakukan menggunakan blender secara terus-menerus dalam jangka waktu tertentu misalnya 1 jam hingga 5 jam (Pratiwi,

2016). Di dalam blender terdapat pisau yang berfungsi untuk memotong *graphite* agar terbentuk Grafena halus. Metode rGO adalah metode sintesis *graphene* secara kimiawi, dimana serbuk *graphite* dioksidasi menggunakan bahan kimia seperti asam sulfat, asam nitrat, kalium klorat, dan lainnya. Metode rGO melewati dua tahap pengoksidaan yaitu dari *graphite* menjadi *graphite oxide* dan *graphite oxide* menjadi *graphene oxide*. Setelah melalui kedua tahap itu barulah didapatkan material *graphene* atau lembaran *graphene* yang tipis (Pratiwi, 2016).

Metode LE adalah metode sintesis *graphene* dalam fase cair yang menggunakan teknologi surfaktan. Metode ini cukup menarik untuk dikaji lebih mendalam karena efisien, murah, dan sederhana atau mudah (S. Wang dkk., 2016).

Hummers dan Offeman (1959) mengembangkan suatu metode oksidasi alternatif dengan mereaksikan grafit dengan campuran KMnO_4 dan H_2SO_4 pekat, yang juga mencapai tingkat oksidasi yang sama. Grafit oksida dibuat dengan mencampur bubuk grafit sangat murni dan NaNO_3 dalam H_2SO_4 . Kemudian KMnO_4 ditambahkan untuk mengkatalisis reaksi dan akhirnya diperoleh gel coklat abu-abu. Setelah diencerkan dengan air dan hidrogen peroksida, residu grafit oksida kuning abu-abu didapat, digunakan untuk membuat suspensi grafit oksida dengan bantuan sonikasi. Melalui permanganat yang biasanya sebagai oksidator, sisi aktif Mn_2O_7^- mampu mengoksidasi secara selektif ikatan rangkap alifatik tak jenuh melalui ikatan rangkap aromatis. Sekarang ini, Metode Hummers telah banyak digunakan, dengan satu kekurangan, yaitu, berpotensi terkontaminasi ion permanganat berlebih. Kontaminasi seperti itu dapat dihapus dengan menambahkan H_2O_2 , dilanjutkan dengan pencucian dan melalui dialisis (Sattler 2016).

Cara konvensional lain perubahan grafit oksida menjadi GO adalah eksfoliasi grafit oksida secara mekanik. Contohnya, dengan sonikasi grafit oksida dalam media air atau organik polar, satu cara yang dapat mengeksfoliasi grafit oksida menjadi GO. Disamping, melalui pengadukan secara mekanik grafit oksida dalam air, grafit oksida juga dapat dieksfoliasi dengan baik. Khususnya sonikasi dan pengadukan mekanik dapat digabungkan untuk mengeksfoliasi grafit oksida dengan suatu yang lebih efisien dibanding menggunakan metode individual. Secara umum dibicarakan, sonikasi grafit oksida dalam media air atau pelarut organik polar lebih cepat dibandingkan dengan pengadukan mekanis, namun memiliki kerugian besar yang menyebabkan kerusakan substansi butiran

GO.

2.8 Liquid-Phase Exfoliation (LE)

Metode *liquid-phase exfoliation* pertama kali diperkenalkan oleh Coleman dkk pada tahun 2008. LE adalah salah satu metode sintesis *grapheme* dalam fasa cair yang menggunakan teknologi surfaktan (Neolaka et al., 2020). Sintesis menggunakan LE dilakukan dengan cara mencampur serbuk *graphite* ke dalam surfaktan anionik (fungsi pembersih) yang kemudian didiamkan selama satu malam (Pratiwi, 2016)

Surfaktan akan bekerja selama satu malam agar didapatkan material *graphene*. Teknologi surfaktan dalam metode ini berfungsi untuk melemahkan ikatan *van der waals* antar lembaran *grapheme* pada material *graphite*.

Menurut (Fikri & Dwandaru, 2016), pelemahan ikatan *van der waals* menyebabkan lembaran-lembaran *graphene* saling terlepas. Material *graphite* yang terdiri dari banyak lembaran *graphene* dapat disintesis menjadi beberapa lembar *graphene* berkat peran dari surfaktan.

2.9 Batu Bara

Batubara adalah material buangan yang berasal dari sisa pembakaran batubara untuk pembangkit listrik. Batubara bisa diperoleh di PLTU maupun industri yang berada di Indonesia. Ketersediaan bahan baku arang batubara cukup melimpah dan merupakan material lokal yang murah. Arang batubara merupakan material tidak bernilai ekonomis, biasanya hanya dibuang di tanah yang dapat mengakibatkan tanah menjadi tidak subur sehingga pemanfaatan sebagai adsorben mempunyai keuntungan ekonomi. Batubara telah digunakan sebagai zat tambahan pada campuran bangunan beton untuk konstruksi jalan dan jembatan. Batubara ini mempunyai kandungan utama silika, iron, alumina, magnesium dan SO_3 (Vivi Purwandari dkk., 2019).

Pembentukan batubara memerlukan kondisi-kondisi tertentu dan hanya terjadi pada era-era tertentu sepanjang sejarah geologi. Zaman Karbon, kira-kira 340 juta tahun yang lalu adalah masa pembentukan batubara yang paling produktif dimana hampir seluruh deposit batu bara (*black coal*) yang ekonomis di belahan bumi bagian utara terbentuk.

Batubara dapat didefinisikan sebagai batuan sedimen organik yang secara kimia dan fisika adalah heterogen dengan kandungan unsur utamanya yaitu karbon, hidrogen, oksigen serta unsur tambahan berupa belerang dan nitrogen. Batubara juga merupakan batuan organik yang memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yang kompleks yang dapat ditemui dalam berbagai bentuk. Batubara berasal dari sisa tumbuhan-tumbuhan yang hidup di rawa-rawa dan delta sungai yang mengalami pembusukan, pematangan, dan proses perubahan sebagai akibat pengaruh kimia dan fisika. Proses ini berlangsung dalam jangka waktu yang sangat lama (V. Purwandari dkk., 2020).

Batubara adalah suatu benda padat yang kompleks, terdiri dari bermacam-macam unsur yang mewakili banyak komponen kimia, dimana hanya sedikit dari komponen kimia tersebut dapat diketahui. Pada umumnya benda padat tersebut homogen, tetapi hampir semua berasal dari sisa-sisa tanaman. Sisa-sisa tanaman tersebut sangat kompleks (Vivi Purwandari dkk., 2019).

Ketersediaan batubara yang berlimpah membuatnya menjadi alternatif yang layak sebagai sumber karbon untuk menghasilkan struktur berskala nano. Batubara adalah batuan organik heterogen kompleks yang terdiri dari suatu sistem dengan jenis bobot molekul rendah dan sistem lain dengan jaringan makromolekul. Jaringan ini terdiri dari berbagai struktur aromatik yang dikelompokkan dan dihubungkan oleh jembatan. Struktur rumit ini dengan terikat lemah dan kaya akan kandungan mineral yang berperan penting dalam meningkatkan karbon berstruktur nano. Batubara diklasifikasikan ke dalam berbagai jenis berdasarkan urutan tingkat kematangan, masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda. Lignit, peringkat terendah batubara mengandung kadar air tinggi, dan diikuti oleh subbituminus dan batubara bitumen atau bituminous. Antrasit adalah batubara peringkat tertinggi dengan konten kelembaban terendah. Penggunaan berbagai tipe batubara (bituminous, subbituminous, dll) berdampak pada hasil dan kemurnian grafena (Zhou dkk., 2012).

Pirolisis batubara dalam atmosfer inert menghasilkan berbagai produk gas pada suhu yang berbeda. Hal ini bisa dijelaskan oleh fakta bahwa perbedaan energi aktivasi diperlukan untuk memutuskan ikatan karbon-hidrogen, alifatik dan ikatan karbon-karbon aromatik, dan kompleks yang mengandung oksigen. Pada suhu kurang dari 200°C gas teradsorpsi pada permukaan batubara dan uap air dilepaskan. Gas dengan berat molekul rendah dilepaskan ketika batubara

dipanaskan lebih lanjut dari 200°C hingga 400°C. Karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen, nitrogen oksida bersama dengan berbagai hidrokarbon gas seperti metana, etana dan propana dilepaskan pada suhu lebih dari 400°C, sehingga membuat batu bara menjadi sumber karbon kaya yang sangat prospektif (Zhou dkk., 2012).

2.10 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap ke dalam. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fase gas atau fase larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fase gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Mustanti, 2018).

Adsorpsi merupakan proses akumulasi adsorbat pada permukaan adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik antar molekul atau suatu akibat dari medan gaya pada permukaan padatan (adsorben) yang menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan (Mustanti, 2018). Sedangkan Alberty dan Daniel (1987) mendefinisikan adsorpsi sebagai fenomena yang terjadi pada permukaan (Mustanti, 2018).

Proses adsorpsi larutan secara teoritis umumnya berlangsung lebih lama dibandingkan proses adsorpsi pada gas, uap atau cairan murni (Mustanti, 2018). Hal ini disebabkan pada adsorpsi larutan melibatkan persaingan antara komponen larutan dengan situs adsorpsi.

Proses adsorpsi larutan dapat diperkirakan secara kualitatif dari polaritas adsorben dan komponen penyusun larutan. Kecenderungan adsorben polar lebih kuat menyerap adsorbat polar dibandingkan adsorbat non polar, demikian pula sebaliknya. Kelarutan adsorbat dalam pelarut merupakan faktor yang menentukan dalam proses adsorpsi, umumnya substansi hidrofilik sukar teradsorpsi dalam larutan encer. Pada dasarnya, suatu adsorben harus memiliki

luas permukaan spesifik yang tinggi, yaitu memiliki pori-pori berdiameter kecil agar proses retensi partikel adsorbat oleh adsorben berlangsung lebih efektif. Secara spesifik, ukuran pori juga menentukan adsorpsi suatu senyawa tertentu dalam larutan. Jika ukuran pori adsorben semakin kecil maka kemampuan adsorpsinya semakin besar, dengan anggapan bahwa komponen yang teradsorpsi dapat memasuki rongga porinya. Jumlah adsorben yang makin banyak akan memberikan luas permukaan yang semakin besar bagi adsorben untuk teradsorpsi. Selain itu makin banyak jumlah adsorben juga akan memberi kesempatan kontak yang makin besar dengan molekul-molekul adsorbat (Sembodo, 2005).

Bila gas atau uap bersentuhan dengan permukaan padatan yang bersih, maka gas atau uap tadi akan teradsorpsi pada permukaan padatan tersebut. Permukaan padatan disebut sebagai adsorben, sedangkan gas atau uap disebut sebagai adsorbat. Semua padatan dapat menyerap gas atau uap pada permukaan (Bird, 1993).

2.10.1 Jenis-jenis adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekuler antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi 2 yaitu: (Treybal, 1980).

a. Adsorpsi fisika

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya gaya Van der Waals. Pada adsorpsi fisika, gaya tarik menarik antara molekul fluida dengan molekul pada permukaan padatan (intermolecular) lebih kecil daripada gaya tarik-menarik antar molekul fluida tersebut sehingga gaya tarik menarik antara adsorbat dengan permukaan adsorben relatif lemah. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat dengan permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Keseimbangan antara permukaan padatan dengan molekul fluida biasanya cepat tercapai dan bersifat reversibel. Adsorpsi fisika memiliki kegunaan dalam hal penentuan luas permukaan dan ukuran pori. Contoh adsorpsi fisika adalah dengan menggunakan karbon aktif. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben dimana

untuk mengaktifkannya dapat dilakukan dengan cara membuat pori pada struktur karbon tersebut. Aktivasi karbon aktif pada temperatur yang tinggi akan menghasilkan struktur berpori dan luas permukaan adsorpsi yang sangat besar. Substansi terlarut yang melekat pada permukaan media adsorpsi/adsorben akan semakin banyak seiring dengan semakin besarnya luas permukaan adsorben. Pada adsorpsi fisika, adsorbat tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat tersebut dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi fisika merupakan peristiwa reversibel sehingga jika kondisi operasinya diubah, maka akan membentuk kesetimbangan yang baru. Proses adsorpsi fisika terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi ini dapat diputuskan dengan mudah yaitu dengan pemanasan pada temperatur sekitar 1500–2000C selama 2-3 jam.

b. Adsorpsi kimia

Adsorpsi kimia terjadi karena adanya ikatan yang terbentuk antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben. Ikatan kimia dapat berupa ikatan kovalen/ion. Ikatan yang terbentuk kuat sehingga spesi aslinya tidak dapat ditentukan. Karena kuatnya ikatan kimia yang terbentuk maka adsorbat tidak mudah teradsorpsi. Adsorpsi kimia diawali dengan adsorpsi fisik dimana adsorbat mendekati ke permukaan adsorben melalui gaya Van der Waals/ikatan hidrogen kemudian melekat pada permukaan dengan membentuk ikatan kimia yang biasa merupakan ikatan kovalen (Shofa, 2016).

Ikatan yang terbentuk merupakan ikatan yang kuat sehingga lapisan yang terbentuk merupakan lapisan monolayer. Pada adsorpsi kimia yang terpenting adalah spesifikasi dan kepastian pembentukan monolayer sehingga pendekatan yang digunakan adalah dengan menentukan kondisi reaksi. Adsorpsi kimia tidak bersifat reversibel dan umumnya terjadi pada suhu tinggi diatas suhu kritis adsorbat. Oleh karena itu, untuk melakukan proses desorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat (Sembodo, 2005).

2.8 Mekanisme Adsorpsi

Menurut (Supraptiah dkk., 2019), mekanisme penyerapan adsorben terhadap zat terlarut terbagi menjadi 4 tahap diantaranya :

1. Transfer molekul-molekul zat terlarut yang teradsorpsi menuju lapisan film yang mengelilingi adsorben.
2. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui lapisan film yang mengelilingi adsorben (film diffusion process).
3. Difusi zat terlarut yang teradsorpsi melalui kapiler atau pori dalam adsorben (pore diffusion process).
4. Adsorpsi zat terlarut yang teradsorpsi pada dinding pori atau permukaan adsorben.

2.9 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi

Berikut ini merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi suatu adsorben (Treybal, 1980).

2.9.1 Jenis Adsorbat

a. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul merupakan hal yang sangat penting diperhatikan supaya proses adsorpsi dapat terjadi dan berjalan dengan baik. Ukuran molekul adsorbat nantinya mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang digunakan. Molekul-molekul adsorbat yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil dari diameter pori adsorben.

b. Kepolaran Zat

Sifat kepolaran dari adsorbat dan adsorben juga mempengaruhi proses adsorpsi. Misalnya karbon aktif, adsorpsi lebih kuat terjadi pada molekul polar dibandingkan dengan molekul non-polar pada kondisi diameter yang sama.

2.9.2 Karakteristik Adsorben

a. Kemurnian Adsorben

Sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben. Dalam proses adsorpsi, adsorben sering kali ditingkatkan luas permukaannya karena luas permukaan adsorben merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi proses adsorpsi.

c. Temperatur

Berdasarkan prinsip Le Chatelier, maka proses adsorpsi yang merupakan proses eksoterm, dengan peningkatan temperatur pada tekanan tetap akan mengurangi jumlah senyawa yang teradsorpsi.

d. Tekanan adsorbat

Untuk setiap jenis adsorpsi berdasarkan interaksi molekul yang terjadi, tekanan adsorbat akan mempengaruhi jumlah molekul adsorbat. Pada adsorpsi fisika, bila tekanan adsorbat meningkat, jumlah molekul adsorbat akan bertambah. Namun pada adsorpsi kimia, jumlah molekul adsorbat akan berkurang bila tekanan adsorbat meningkat.

e. Suhu

Pada saat molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben terjadi pembebasan sejumlah energi adsorpsi digolongkan bersifat eksoterm. Oleh karena proses adsorpsi adalah proses eksotermis, maka adsorpsi akan berkurang pada temperatur lebih tinggi.

f. Kelarutan adsorbat

Jika sebuah molekul harus dipisahkan dari pelarut dan menjadi terikat pada permukaan karbon. Senyawa yang dapat larut mempunyai ikatan yang kuat terhadap pelarutnya sehingga lebih sulit teradsorpsi daripada senyawa-senyawa yang tidak dapat larut.

g. Pengadukan

Jika interaksi antara adsorbat dan adsorben meningkat maka adsorpsi yang terjadi semakin cepat.

h. Tingkat keasaman (pH)

Tingkat keasaman (pH) untuk tempat adsorpsi berlangsung telah dibuktikan mempunyai pengaruh yang kuat terhadap besar adsorpsi. Adsorpsi dari banyak senyawa-senyawa asam-asam organik didorong oleh pH yang tinggi.

2.10 Adsorben

Adsorben merupakan bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding-dinding pori atau pada letak-letak tertentu didalam partikelnya. Komponen yang diadsorpsi melekat sedemikian kuat sehingga memungkinkan pemisahan komponen itu secara menyeluruh dari fluida tanpa terlalu banyak adsorpsi terhadap komponen lain sehingga memungkinkan adsorbat yang dihasilkan dalam bentuk terkonsentrasi atau hampir murni (Edward Tandy et al., 2012).

2.10.1 Jenis-Jenis Adsorben

Jenis adsorben menurut (Supraptiah dkk., 2019) berdasarkan ukuran partikel terbagi atas:

a. Adsorpsi tidak berpori (*Non-porous Sorbent*)

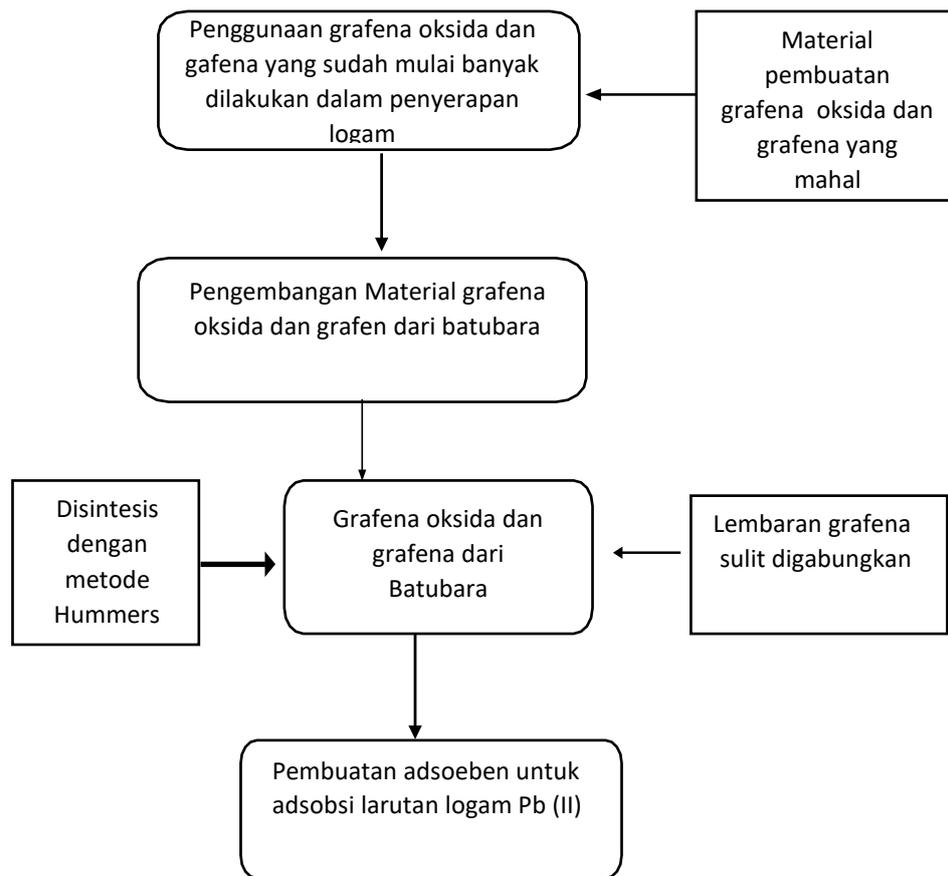
Adsorben tidak berpori dapat diperoleh dengan cara presipitasi deposit kristalin seperti BaSO₄ atau penghalusan padatan kristal. Luas permukaan spesifiknya kecil tidak lebih dari 10 m²/g dan umumnya antara 0,1 s/d 1m²/g.

b. Adsorben berpori (*porous Sorbents*)

Luas permukaan spesifik adsorben berpori berkisar antara 100 s/d 1000 m²/g. Biasanya digunakan sebagai penyangga katalis,dehidrator,dan penyeleksi komponen. Adsorben ini umumnya berbentuk granular.

2.11 Kerangka berpikir penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sintesis graphene dari batubara, dilakukan dengan metode Hummer yang diawali dengan mencampurkan *graphite* dari batubara yang direaksikan dengan H₂SO₄ dan NaNO₃ dengan pengadukan pada kondisi temperatur dibawah 20 °C. Selanjutnya GO didispersikan dalam aquades kemudian di ultrasonikasi menjadi *graphene*. Dan kemampuannya sebagai adsorben logam Pb (II)



Gambar 2.4. Kerangka Pikir

2.12 Hipotesis

Berdasarkan kerangka perpikir dan konsep penelitian di atas, dapat dirumuskan hipotesis batubara dapat disintesis menjadi material grafena oksida dan grafena menggunakan metode hummers serta grafena oksidasi menjadi adsorben logam Pb (II)

