

**GREEN-SYNTHESIS NANOPARTIKEL NIKEL(II) OKSIDA  
DENGAN EKSTRAK SELADA (*Lactuca sativa* L.) DAN  
EFEKTIVITASNYA SEBAGAI ADSORBEN TIMBAL (Pb<sup>2+</sup>)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan oleh:**

**LUTHFI**

**NIM. 190702084**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
DARUSSALAM BANDA ACEH  
2023 M/1445 H**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**GREEN-SYNTHESIS NANOPARTIKEL NIKEL(II) OKSIDA  
DENGAN EKSTRAK SELADA (*Lactuca sativa* L.) DAN  
EFEKTIVITASNYA SEBAGAI ADSORBEN TIMBAL (Pb<sup>2+</sup>)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai salah satu Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

**LUTHFI**

**NIM. 190702084**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**

Disetujui untuk dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.

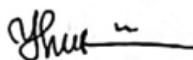
NIDN. 2013128901

Arief Rahman, S.T., M.T.

NIDN. 2010038901

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Teknik Lingkungan**



Husnawati Yahya, M.Sc.

NIDN. 2009118301

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**GREEN-SYNTHESIS NANOPARTIKEL NIKEL(II) OKSIDA  
DENGAN EKSTRAK SELADA (*Lactuca sativa L.*) DAN  
EFEKTIVITASNYA SEBAGAI ADSORBEN TIMBAL (Pb<sup>2+</sup>)**

**TUGAS AKHIR**

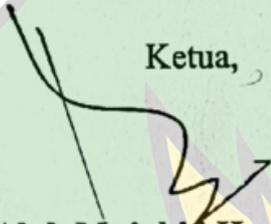
Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
serta Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Kelulusan Program Sarjana  
(S-1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: **22 Jum'at, Desember 2023**  
**9 Jumadil Akhir 1445 H**

di Darussalam, Banda Aceh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,

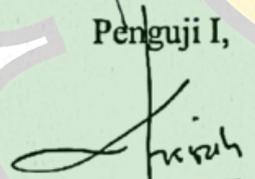
Sekretaris,

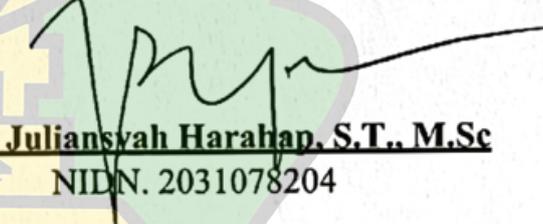
  
**Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc.**  
NIDN. 2013128901

  
**Arief Rahman, M.T.**  
NIDN. 2010038901

Penguji I,

Penguji II,

  
**Dr. Khairun Nisah, S.T. M.Si.**  
NIDN. 2016027902

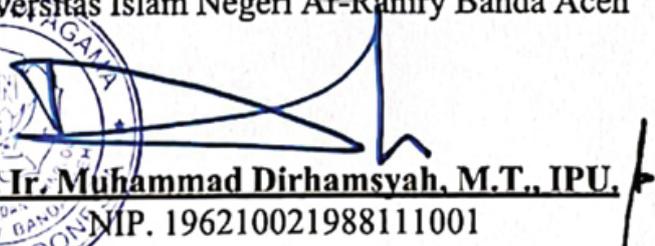
  
**Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc**  
NIDN. 2031078204

AR - RANIRY

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



  
**Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU.**  
NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Luthfi  
NIM : 190702084  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Skripsi : *Green-Synthesis* Nanopartikel Nikel(II) Oksida Dengan Ekstrak Selada (*Lactuca Sativa L.*) Dan Efektivitasnya Sebagai Adsorben Timbal ( $Pb^{2+}$ )

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 18 Desember 2023



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah swt, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya serta sholawat dan salam serta kita haturkan kepada nabi besar Muhammad saw, yang telah membukakan pintu ilmu pengetahuan bagi umat manusia sehingga diberikan karunia ilmu kepada kita untuk menyelesaikan karya ilmiah. laporan dengan judul “*Green-Synthesis* Nanopartikel Nikel(II) Oksida Dengan Ekstrak selada (*Lactuca Sativa L.*) dan Efektivitasnya sebagai Adsorben Timbal ( $Pb^{2+}$ )” penelitian dilakukan, sebagai syarat untuk mengerjakan tugas akhir, dan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Teknik dalam ilmu teknik lingkungan. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih, kepada berbagai pihak yang telah mendukung dan membimbing penulis, dalam menyelesaikan tugas akhir.

Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan selaku dosen penguji II penulis dalam pelaksanaan seminar proposal tugas akhir.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
4. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc., selaku pembimbing akademik Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, terima kasih atas segala arahan dan bimbingannya.

5. Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan tugas akhir terima kasih atas segala arahan dan bimbingannya.
6. Arief Rahman, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan tugas akhir, dan selaku dosen penguji II penulis dalam pelaksanaan seminar proposal tugas akhir.
7. Dr. Khairun Nisah, S.T., M.Si., selaku dosen penguji I penulis dalam pelaksanaan tugas akhir, dan selaku dosen penguji I penulis dalam pelaksanaan seminar proposal tugas akhir, terima kasih atas segala saran dan arahnya.
8. Dr. Ir. Juliansyah Harahap, S.T., M.Sc., selaku dosen penguji 2 penulis dalam pelaksanaan tugas akhir, terima kasih atas segala saran dan arahnya.
9. Seluruh dosen Program Studi Teknik Lingkungan FST UINAR Banda Aceh yang telah memberikan dan mengajarkan ilmu kepada penulis.
10. Ibu Firda Elvisa dan Ibu Nurul Huda, S.Pd. yang telah membantu dalam proses administrasi.
11. Ibu Nurul Huda, S.Pd., selaku laboran Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam pengurusan pelaksanaan penelitian di laboratorium.
12. Bapak Rizky Kurniawan, M.Si., selaku laboran pengujian yang telah banyak membantu dalam pengurusan pelaksanaan penelitian di laboratorium.
13. Bapak Firman Rija Arhas, M.Si., selaku laboran Biologi yang telah banyak membantu dalam pengurusan pelaksanaan penelitian di laboratorium.
14. Aisha Shakira, Ama Mullah, Ayu Suriani, Dwi ardianna Arsa, Sayed Abdul Jabbar, Zarifatul Maufunna, dan Zahratul maulida, yang selalu membantu dalam menulis Tugas Akhir.
15. Teman Seangkatan Teknik Lingkungan, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh 2019.

Penulis berharap Allah Swt berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu penulisan proposal tugas akhir. Semoga tugas akhir ini dapat menjadi manfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan proposal tugas akhir ini

masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih.

Banda Aceh, 18 Desember 2023  
Penulis,

Luthfi



## ABSTRAK

Nama : Luthfi  
NIM : 190702084  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : *Green-Synthesis* Nanopartikel Nikel(II) Oksida Dengan Ekstrak Selada (*Lactuca Sativa* L.) Dan Efektivitasnya Sebagai Adsorben Timbal ( $Pb^{2+}$ )  
Tanggal Sidang : 22 Desember 2023  
Jumlah Halaman : 44 Halaman  
Pembimbing I : Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc.  
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T.  
Kata Kunci : Logam berat pb, limbah cair, *green-synthesis*, adsorben nanopartikel NiO, FTIR, XRD, SEM-EDX, adsorpsi

Logam berat memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari dan industri global, namun penggunaannya dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Pencemaran logam berat, terutama timbal (Pb), dapat merugikan kesehatan manusia dan ekosistem perairan. Penanganan limbah cair, khususnya penggunaan metode adsorpsi, menjadi fokus penelitian untuk mengatasi masalah ini. Nanopartikel NiO, disintesis dengan metode hijau menggunakan ekstrak selada, diuji sebagai adsorben efektif untuk menangkap logam berat timbal. Karakterisasi nanopartikel NiO dilakukan dengan FTIR, XRD, dan SEM-EDX. Hasil menunjukkan bahwa nanopartikel NiO memiliki struktur yang sesuai untuk adsorpsi. Pengujian adsorpsi logam timbal menggunakan NiO menunjukkan pH 9, massa optimum 0,55 g, dan konsentrasi 100 mg/L. Pemodelan isoterm adsorpsi menunjukkan bahwa data eksperimental cocok dengan isoterm Langmuir, menunjukkan proses adsorpsi yang bersifat kimia. Penelitian ini mengusulkan NiO sebagai adsorben potensial untuk pengolahan limbah cair dan menggali potensi aplikasi dalam teknologi pemurnian air.

## **ABSTRACT**

*Name* : Luthfi  
*Student ID Number* : 190702084  
*Study Program* : Environmental Engineering  
*Title* : Green Synthesis of Nickel(II) Oxide Nanoparticles with Lettuce Extract (*Lactuca sativa* L.) and Its Effectiveness as a Lead (Pb<sup>2+</sup>) Adsorbent  
*Session Date* : 22 Desember 2023  
*Number Of Pages* : 44 Pages  
*Advisor I* : Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc.  
*Advisor II* : Arief Rahman, M.T.  
*Keywords* : Heavy metal Pb, liquid waste, green synthesis, adsorbent, NiO nanoparticles, FTIR, XRD, SEM-EDX, adsorption

*Heavy metals play a crucial role in everyday life and the global industry, but their widespread use can lead to environmental pollution. Heavy metal pollution, especially lead (Pb), poses risks to human health and aquatic ecosystems. The management of liquid waste, particularly the utilization of adsorption methods, has become a focal point of research to address this issue. Nickel oxide (NiO) nanoparticles, synthesized through a green method using lettuce extract, were tested as an effective adsorbent for capturing heavy metal lead. The characterization of NiO nanoparticles was conducted through FTIR, XRD, and SEM-EDX. Results indicated that NiO nanoparticles possess a suitable structure for adsorption. Adsorption tests of lead using NiO showed an optimum pH of 9, an optimum mass of 0.55 g, and an optimum concentration of 100 mg/L. Adsorption isotherm modeling revealed that the experimental data aligned with the Langmuir isotherm, indicating a chemically-driven adsorption process. This study suggests NiO as a potential adsorbent for liquid waste treatment, exploring its application potential in water purification technology.*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Tumbuhan Selada ( <i>Lactuca sativa</i> L.).....	5
2.2 <i>Green-Synthesis</i> .....	6
2.3 NiO.....	6
2.4 Nanopartikel.....	7
2.5 Logam.....	8
2.6 Adsorpsi.....	9
2.6.1 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Proses Adsorpsi .....	9
2.6.2 Isoterm Adsorpsi.....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	12
3.1 Rancangan Penelitian.....	12
3.2 Sintesis NiO .....	13
3.2.1 Alat dan Bahan.....	13
3.2.1 Preparasi Ekstraksi Tanaman Selada.....	13
3.2.2 Preparasi Larutan Ni .....	14
3.2.3 Prosedur Sintesis NiO .....	14

3.3 Karakterisasi NiO .....	15
3.3.1 FTIR (Fourier Transform Infra-Red).....	15
3.3.2 XRD ( <i>X-Ray Diffraction</i> ) .....	15
3.3.3 SEM-EDX (Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray) .....	16
3.4 Adsorpsi.....	16
3.4.1 Alat dan Bahan.....	16
3.4.2 Preparasi Larutan Logam Pb Artifisial .....	17
3.4.3 Adsorpsi Larutan Logam Pb Artifisial .....	17
3.5 Isoterm langmuir dan freundlich .....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	19
4.1 Hasil Sintesis Nanopartikel NiO .....	19
4.2 Karakteristik Nanopartikel NiO .....	20
4.2.1 Fourier Transform Infra-Red (FTIR).....	20
4.2.2 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	22
4.2.3 Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX) .....	23
4.3 Efektivitas Adsorpsi logam Berat Timbal (Pb) .....	26
4.4 Isoterm Adsorpsi .....	28
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	30
5.1 Kesimpulan .....	30
5.2 Saran.....	30
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	31

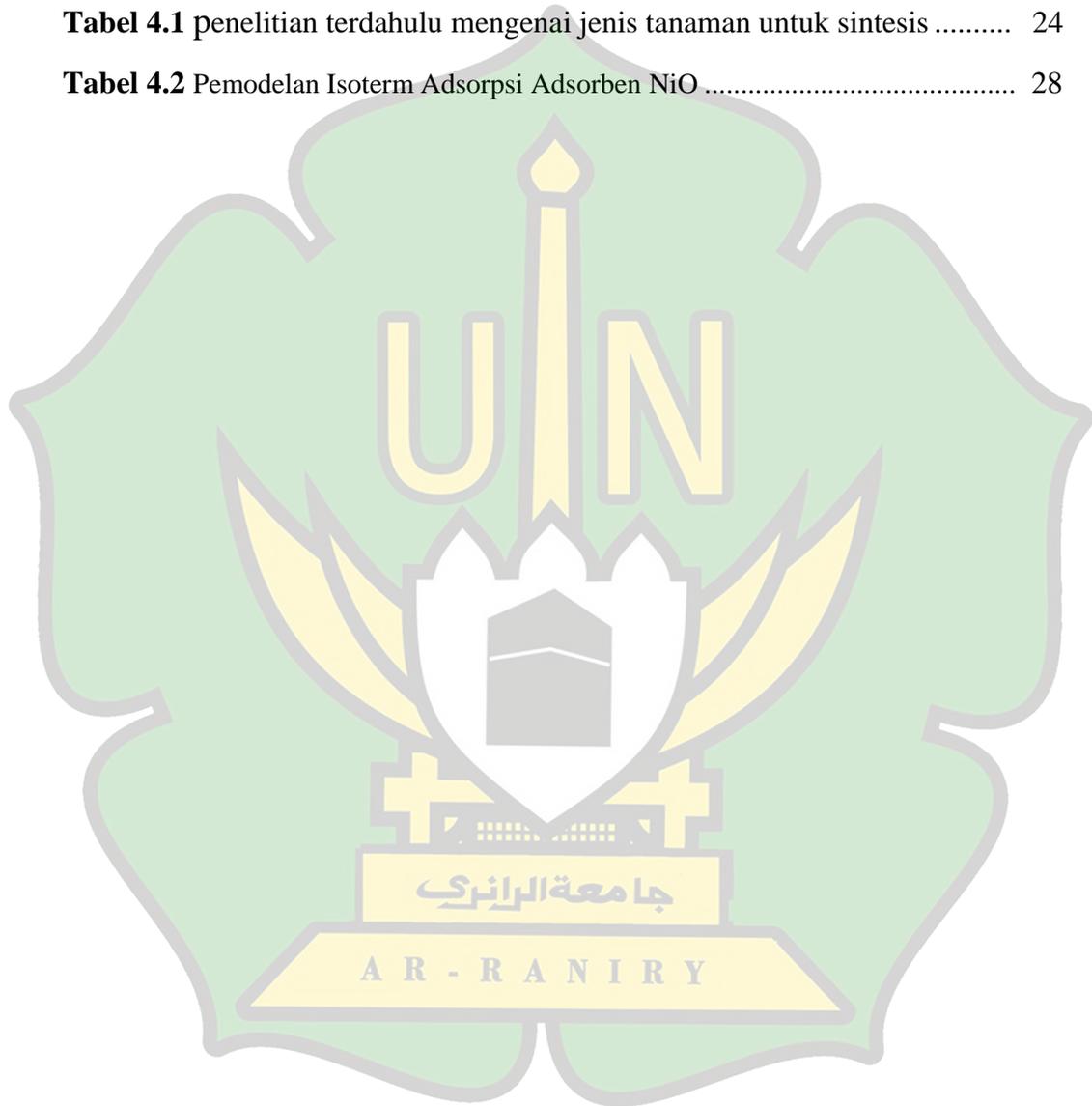


## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Tumbuhan Selada ( <i>Lactuca Sativa L.</i> ) .....	5
<b>Gambar 4.1</b> Proses Titration larutan Ni dengan Ekstrak selada (a), proses Centrifuge larutan sintesis (b), dan hasil Centrifuge sebelum di oven (c), dan nanopartikel NiO selada (d).....	19
<b>Gambar 4.2</b> Hasil karakterisasi FTIR Np-NiO Selada .....	20
<b>Gambar 4.3</b> Hasil karakterisasi XRD Np-NiO Selada .....	22
<b>Gambar 4.4</b> Hasil uji karakterisasi SEM nanopartikel NiO, (A) Pembesaran 500 x, dan (B) pembesaran 30.000x .....	23
<b>Gambar 4.5</b> Hasil karakterisasi SEM-EDX Np-NiO.....	25
<b>Gambar 4.6.</b> Hasil pH optimum .....	26
<b>Gambar 4.7</b> Hasil Massa Optimum .....	27
<b>Gambar 4.7</b> (a) Kurva isotherm Langmuir dan (b) Kurva isotherm Freundlich .....	28

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Pengelompokan logam berat .....	8
<b>Tabel 3.1</b> Alat dan bahan yang digunakan untuk eksperimen.....	19
<b>Tabel 3.2</b> Alat dan bahan eksperimen adsorpsi .....	16
<b>Tabel 4.1</b> penelitian terdahulu mengenai jenis tanaman untuk sintesis .....	24
<b>Tabel 4.2</b> Pemodelan Isoterm Adsorpsi Adsorben NiO .....	28



## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan/Lambang	Kepanjangan/Makna	Halaman Pertama Digunakan
Pb <sup>2+</sup>	Timbal	1
Cd	Cadmium	1
Hg	Mekuri	1
PEG	<i>Polyethylene glycol</i>	1
SDS	<i>Sodium dodecyl sulfate</i>	1
NiO	Nikel(II) Oksida	6
Ni(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	<i>Nickel Nitrate Hexahydrate</i>	14
NaOH	Natrium hidroksida	16
Np-NiO	Nanopartikel NiO	15
FTIR	<i>Fourier Transform Infra-Red</i>	15
XRD	<i>X-Ray Diffraction</i>	15
SEM-EDX	<i>Scanning Electron Microscope- Energy Dispersive X-Ray</i>	16
AAS	<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i>	17
Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Timbal(II) nitrat	19
OH	hidroksida	21
CH	Hidrokarbon	21
C	karbon	21
K	Kalium	25
Ca	Kalsium	25

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Logam berat memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari dan perkembangan industri secara global (Narayana dkk., 2022). Namun dampak dari penggunaannya yang luas dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan yang serius, dalam proses ekstraksi, produksi, dan pemanfaatan logam berat untuk berbagai aplikasi industri, terjadi pelepasan logam berat ke lingkungan, termasuk logam seperti timbal (Pb), merkuri (Hg), dan kadmium (Cd) (Agustina dkk., 2014). Akumulasi logam berat, terutama timbal, dalam sistem perairan berasal dari berbagai sektor industri seperti cat, pembuatan baterai timbal-asam, konstruksi bangunan, elektronik, dan produksi pupuk fosfat tercemar ke dalam perairan (Omar dan MatJafri, 2019). Kurangnya manajemen dan tata kelola limbah industri menjadi penyebab pencemaran sistem perairan oleh limbah material (Yadav dkk., 2023). Logam berat, khususnya timbal (Pb), yang tidak dapat terurai secara hayati, mudah menyebar dalam lingkungan dan mencemari rantai makanan dapat menyebabkan gangguan serius pada sistem kesehatan manusia, termasuk pada pusat saraf, hati, ginjal, sistem reproduksi, dan peredaran darah, serta dapat memicu pertumbuhan sel kanker (Ngapa dan Gago, 2019; Hussain dkk., 2021), sehingga perlunya penanganan yang efektif untuk mengatasi masalah pencemaran limbah cair.

Pengembangan teknologi untuk mengolah limbah cair semakin canggih, dengan munculnya berbagai metode baru seperti pemisahan membran, ozonisasi, dan adsorpsi (Hamdan dkk., 2022). Meskipun berperan dalam penanganan limbah cair, metode-metode ini masih mempunyai beberapa kendala dalam pengaplikasian metode tersebut baik itu seperti biaya yang tinggi, kurangnya efektivitas, dan sulitnya proses daur ulang (Saputri, 2020). Sebagian penelitian menunjukkan bahwa salah satu metode yang efektif, efisien, mudah diterapkan, dapat dilakukan

berkali-kali dan ramah lingkungan adalah metode adsorpsi (Zargar dkk., 2011; Alqadami dkk., 2017).

Adsorpsi merupakan proses di mana zat pencemar dalam limbah cair diserap oleh permukaan suatu material (adsorbat). Beberapa penelitian menunjukkan keberhasilan adsorpsi dalam mengatasi limbah industri, limbah domestik, limbah pertanian, dan limbah perairan (Mahmoud dkk., 2015; Hamdan dkk., 2022; Yadav dkk., 2023). Salah satu faktor kunci yang menentukan keberhasilan implementasi adsorpsi adalah jenis adsorben yang digunakan. Adsorben yang efektif harus memiliki kemampuan tinggi untuk menyerap zat pencemar, menunjukkan selektivitas optimal, dan tetap stabil secara kimia dan fisik (Maylani dkk., 2016).

Oleh karena itu, pemilihan adsorben yang tepat menjadi kunci keberhasilan dalam proses adsorpsi secara efektif. Dalam beberapa tahun terakhir, peran nanopartikel sebagai adsorben semakin mencuat dan menjadi fokus penelitian (Taba dkk., 2019). Nanopartikel adalah partikel memiliki ukuran yang kecil, permukaan yang luas, porositas yang tinggi dan memungkinkan alternative sebagai adsorben (Devina dkk., 2022). Bahwa nanopartikel belakangan yang dikembangkan pada penelitian sebelumnya adalah metal oksida seperti TiO, ZnO, dan salah satunya NiO karena menunjukkan sifat-sifat yang mendukung kemampuannya menyerap molekul atau zat (Lin dkk., 2016; Hamdan dkk., 2023; Al-mur, 2023).

Struktur poros NiO menciptakan luas permukaan yang besar, menyediakan tempat yang lebih banyak untuk interaksi dan penyerapan (Qu dkk., 2014; Liu dkk., 2019). Untuk memproduksi nikel oksida, terdapat tantangan baru yang perlu diatasi. Meskipun sudah banyak cara yang dikembangkan untuk pembuatan metal oksida, seperti oksidasi termal, hidrolisis, reaksi hidrotermal, dan sol-gel (Shamim dkk., 2019), namun hal ini masih menuai isu-isu lingkungan, sebagai tindakan terhadap permasalahan ini, penelitian menunjukkan bahwa *green synthesis* menjadi alternatif yang dianggap ramah lingkungan, ekonomis, dan mudah diperoleh (Ezhilarasi dkk., 2016; Haidary, 2022).

Salah satu pendekatan dalam metode *green synthesis* adalah menggunakan ekstrak tumbuhan (fitofabrikasi) untuk mensintesis. Pendekatan ini memanfaatkan senyawa-senyawa alami dari tumbuhan sebagai bahan dasar dalam proses sintesis yang ramah lingkungan (Lamuraglia dkk., 2023; Zargar dkk., 2011). Tumbuhan dipilih karena mengandung senyawa flavonoid dan asam amino yang dapat berperan sebagai prekursor alami dalam pembentukan dan penstabilan nanopartikel (Margaretha dkk., 2018). Selada (*Lactuca sativa* L.), menjadi pilihan utama karena salah satu kriteria tanaman yang mengandung senyawa-senyawa yang diperlukan dan mudah diperoleh disekitar kita. Meskipun demikian, hingga saat ini belum ada penelitian yang melibatkan tanaman ini dalam sintesis nanopartikel, sehingga penelitian ini menjadi yang pertama.

### 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses sintesis nanopartikel NiO dengan metode *green synthesis* menggunakan ekstrak selada (*Lactuca sativa* L.)?
2. Bagaimana hasil karakterisasi nanopartikel NiO dengan menggunakan metode *green synthesis* melalui FTIR, XRD dan SEM-EDX?
3. Bagaimana efektivitas adsorben nanopartikel NiO dalam proses adsorpsi logam timbal?

### 1.3 Tujuan Penelitian

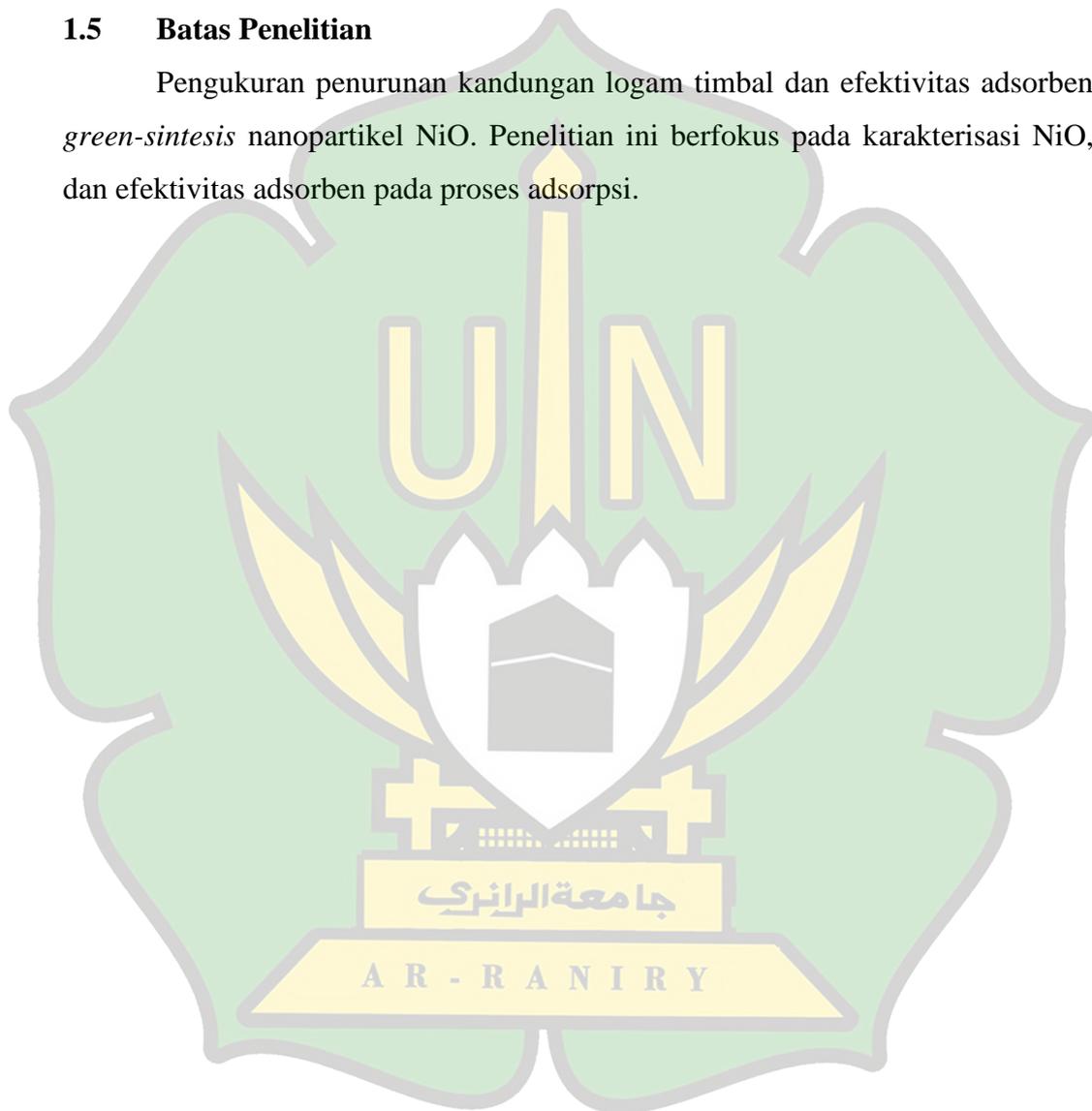
1. Mensintesis nanopartikel NiO menggunakan metode *green synthesis* dengan ekstrak selada (*lactuca sativa* L.)
2. Mendapatkan karakterisasi nanopartikel NiO dengan menggunakan ekstrak selada (*lactuca sativa* L.) pada karakterisasi FTIR, XRD dan SEM-EDX
3. Mendapatkan efektivitas adsorben nanopartikel NiO dalam proses adsorpsi logam timbal berdasarkan kapasitas adsorpsi, dengan pemodelan isotherm Langmuir dan freundlich

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini menggunakan ekstraksi selada yang bermanfaat sebagai agen pereduksi dan penstabil pada proses sintesis nanopartikel sebagai adsorben yang ramah lingkungan.

#### 1.5 Batas Penelitian

Pengukuran penurunan kandungan logam timbal dan efektivitas adsorben *green-sintesis* nanopartikel NiO. Penelitian ini berfokus pada karakterisasi NiO, dan efektivitas adsorben pada proses adsorpsi.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tumbuhan Selada (*Lactuca sativa* L.)

Tumbuhan ini diambil dari kebun hidroponik yang berasal dari petani kebun langsung, tanaman yang ditumbuhkan pada sistem hidroponik dipilih karena mineral (logam) yang masuk ke dalam tanaman akan lebih sedikit dibandingkan dengan kandungan mineral (logam) yang masuk pada tanaman selada yang tumbuh atau dibudidayakan pada tanah. Hal ini karena tinggi dan beragamnya mineral (logam) yang ada di dalam tanah (Ahsan dkk., 2022).



Gambar 2.1 Tumbuhan Selada (*Lactuca sativa* L.)  
Sumber : Kebun hidroponik

Tanaman selada ini salah satu tanaman fitofabrikasi adsorben karena merupakan tanaman yang memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat (hiperakumulator) atau unsur-unsur lain, mudah didapatkan dan tidak membutuhkan banyak biaya untuk pengolahan air limbah (Hussain dkk., 2021). Adsorben pada umumnya menggunakan bahan-bahan kimia sebagai sintesis sehingga memerlukan pengolahan limbah B3 untuk pembuatannya (Bouzekri dkk., 2023). Tanaman selada ini mengandung banyak zat penstabil, dan pereduksi seperti asam amino dan fenolat, sehingga memungkinkan menanggulangi pencemaran lingkungan selama proses sintesis nanopartikel (Uddin dkk., 2021).

## 2.2 *Green-Synthesis*

Metode *Green-synthesis* adalah sebuah metode sintesis material yang memanfaatkan ekstraksi tumbuhan. Metode ini dianggap memiliki keunggulan seperti mudah tersedia, aman, dan tidak beracun (Pandian dkk., 2015). Metode sintesis untuk material nanopartikel NiO mengadopsi material biologis seperti bakteri, fungi, alga, dan ekstraksi tanaman (Mustari dkk., 2019). Metode *green-synthesis* ini telah menjadi topik utama yang menarik dibidang nanoteknologi (Bouzekri dkk., 2023), pengolahan biaya yang rendah, serta kemudahan pengaplikasian, dan pengoperasian yang efisien menjadikan salah satu hal terpenting dalam sebuah proses adsorpsi (Induvesa dkk., 2022).

Metode sintesis ini menggunakan ekstraksi tumbuhan sebagai metode sintesis dalam bentuk material nanopartikel dan saat ini sedang digunakan dalam skala besar di dunia (Mustari dkk., 2019). Penggunaan ekstraksi tumbuhan dalam metode sintesis material nanopartikel ini dikarenakan hiperakumulator yang tinggi dan adanya senyawa bioaktif berkontribusi besar terhadap kemampuan nanopartikel untuk mendegradasi (Tian dkk., 2023). Penggunaan tanaman hijau atau mikroorganisme yang berasosiasi untuk memindahkan dan membantu menurunkan senyawa yang bersifat toksik. Salah satu famili tanaman yang dapat digunakan dalam fitoremediasi tanah tercemar logam berat adalah famili *Brassicaceae*, tanaman-tanaman ini mampu menyerap logam-logam berat (Raharjo dkk., 2012; Junyo dkk., 2017).

## 2.3 **Nikel (II) Oksida**

NiO telah muncul sebagai salah satu oksida logam transisi yang paling mungkin untuk kapasitor elektrokimia, baterai, katalis, dan film elektrokromik, karena efektivitasnya dengan biaya yang terjangkau, kelimpahan, dan sifat elektrokimia data yang baik. Penyerapan NiO meningkat secara signifikan, karena daya serap gelombang elektromagnetiknya yang tinggi, luas, ringan dan memiliki pita yang lebar (Liu dkk., 2019). Nanopartikel NiO telah menarik perhatian para ilmuwan di berbagai bidang karena kemudahan sintesisnya, ukurannya yang kecil,

celah pita yang lebar, dan sifat semikonduktornya, dengan menggunakan nanoteknologi, material bisa dibuat lebih ringan, lebih kuat, lebih reaktif, konduktor listrik yang lebih baik dan lebih tahan lama, diantara banyak karakteristik lainnya. Sifat nanopartikel dapat dimodifikasi dengan mengubah ukurannya pada skala nano, memungkinkannya digunakan dalam beberapa bidang keilmuan, termasuk kedokteran (Uddin dkk., 2021).

#### 2.4 Nanopartikel

Nanoteknologi didefinisikan sebagai rekayasa material melalui proses kimia atau fisika untuk menghasilkan suatu bahan berukuran nano, nanopartikel dapat dengan mudah disintesis dengan menggunakan berbagai macam metode dan berbagai pendekatan. Diantara metode tersebut, reduksi adalah metode yang relatif mudah karena prosesnya sederhana (Margaretha dkk., 2018). Nanoteknologi merevolusi banyak bidang industri dan teknologi karena fakta bahwa nanoteknologi memungkinkan untuk mengarahkan struktur material pada skala partikel yang sangat kecil, sehingga memperluas perangkat ilmu material, nanopartikel merupakan partikel yang memiliki 1-100 nm (Taba dkk., 2019). Perkembangan nanoteknologi telah mengarah pada produksi material inovatif, terutama proses struktur nano sintesis yang ramah lingkungan untuk mensintesis logam, dengan berbagai bentuk dan ukuran (Hijau dkk., 2021).

Secara garis besar, sintesis nanopartikel dapat dilakukan dengan *metode top down* (fisika) dan metode *bottom up* (kimia), namun kedua metode ini menggunakan bahan kimia yang berlebihan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, serta membutuhkan biaya yang besar untuk pembuatannya, oleh karena itu diperlukan metode alternatif untuk dikembangkan dalam mensintesis material nanopartikel atau nano material menggunakan metode *green-synthesis* yang menggunakan ekstraksi tumbuhan, dan material nanopartikel yang lebih ekonomis dan resiko pencemaran lingkungan yang rendah atau bahkan nol (Taba dkk., 2019).

## 2.5 Logam

Logam dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu logam berat dan logam ringan, logam berat merupakan logam dengan massa 5 gram atau lebih per  $\text{cm}^3$ , sedangkan logam ringan memiliki massa kurang dari 5 gram per  $\text{cm}^3$  (Delaroza, 2018). Logam berat merupakan unsur esensial bagi makhluk hidup, tetapi tidak diperbolehkan secara berlebihan (Afrianti dan Irni, 2019). Air limbah industri mengandung banyak ion logam dan garam selain polutan organik lainnya. Sifat karsinogenik dan mutagenik logam berpotensi toksik seperti Pb, Hg, As dan Cd telah diklasifikasikan sebagai polutan prioritas (Tian dkk., 2023). Logam-logam berat telah dikelompokkan dalam Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Pengelompokan logam berat

No	Kategori	Nama Logam	Sifat
1	Sangat beracun	Hg, Pb, Cd, Cr dan As	Dapat mengakibatkan gangguan kesehatan dalam waktu yang singkat
2	Moderat	Ba, Be, Cu, Au, Li, Mn, Se, Te, Co dan Rb	Mengakibatkan gangguan kesehatan dalam waktu yang relatif lama
3	Kurang beracun	Al, Bi, Co, Fe, Ca, Mg, Ni, K, Ag, Ti dan Zn	Logam ini dalam jumlah besar menimbulkan gangguan kesehatan
4	Tidak beracun	Na, Al, Sr dan Ca	Tidak menimbulkan gangguan kesehatan

Sumber: (Hussain dkk., 2021).

Sejumlah limbah timbal yang ada di industri material memasuki sistem perairan di lingkungan, dan terakumulasi masuk kedalam tubuh manusia melalui rantai makanan sehingga dapat menyebabkan kecerdasan anak menurun, pertumbuhan badan terhambat, bahkan dapat menimbulkan kelumpuhan (Widayatno dkk., 2017). Sistem pengolahan yang tidak tepat dan tidak terkendali, logam beracun ini dapat mencemari badan air serta merusak lingkungan perairan (Hussain dkk., 2021). Timbal adalah logam berat yang ditemukan dalam limbah industri metalurgi, dan material. Timbal merupakan logam beracun yang tidak

terurai, sehingga terakumulasi dalam tubuh manusia dan menimbulkan berbagai dampak yang berbahaya bagi kesehatan seperti gangguan pada sistem saraf pusat, hati, ginjal, sistem reproduksi, peredaran darah (Ngapa dan Gago, 2019).

## 2.6 Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses penyerapan atom, ion atau molekul dalam larutan pada suatu permukaan zat penyerap, proses penyerapan suatu zat ke permukaan zat lain akibat gaya tarik-menarik molekul yang terjadi antara adsorben dan zat yang di adsorpsi (Saputri, 2020). Proses dari adsorpsi dapat dibedakan menjadi dua proses ada yang disebut sebagai adsorpsi secara fisik dan adsorpsi secara kimia (Delaroza, 2018). Adsorpsi kimia terjadi ketika molekul-molekul adsorbat dengan permukaan adsorben saling mengikat, adsorpsi fisika terjadi akibat adanya gaya elektrostatis antara molekul adsorbat dan adsorben (Yustinah dkk., 2019).

Kapasitas adsorpsi disebabkan oleh adanya pori-pori pada bahan yang memungkinkan molekul adsorben mendekati pori-pori dan berinteraksi dengan sisi aktif bahan dan adsorben. Adsorben yang efektif harus memiliki rasio permukaan terhadap massa dan porositas yang tinggi, dengan volume pori minimal 50% dari total volume partikel (Wijayanti, 2018). Biasanya, adsorben yang digunakan berbentuk butiran, dengan diameter bervariasi antara 12 mm dan 50  $\mu\text{m}$  (Saputri, 2020).

### 2.6.1 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Proses Adsorpsi

Adapun faktor-faktor yang memengaruhi proses adsorpsi adalah sebagai berikut (Wijayanti dkk., 2018):

1. Sifat Zat Adsorbat: Sifat-sifat zat yang akan diadsorpsi, seperti ukuran molekul, polaritas, muatan listrik, dan afinitas terhadap permukaan adsorben, akan memengaruhi kemampuannya untuk teradsorpsi.

2. Sifat Adsorben: Sifat permukaan adsorben, seperti luas permukaan, kekasaran, dan kimia permukaan, dapat mempengaruhi kemampuan adsorben untuk menangkap zat-zat yang akan diadsorpsi.
3. Temperatur: Suhu dapat memengaruhi proses adsorpsi. Pada umumnya, peningkatan suhu dapat meningkatkan laju adsorpsi untuk adsorpsi fisik, sementara pada adsorpsi kimia, suhu bisa berpengaruh berlawanan.
4. Tekanan: Pada adsorpsi gas, peningkatan tekanan gas dapat meningkatkan jumlah gas yang diadsorpsi oleh adsorben.
5. Konsentrasi zat adsorbat: Konsentrasi zat yang akan diadsorpsi dalam larutan atau gas akan memengaruhi laju adsorpsi. Semakin tinggi konsentrasinya, semakin cepat proses adsorpsi.
6. Waktu kontak: Waktu yang diberikan untuk proses adsorpsi juga memengaruhi sejauh mana proses ini dapat mencapai keseimbangan. Semakin lama waktu kontak, semakin banyak zat yang dapat diadsorpsi.
7. pH Larutan: pH larutan dapat memengaruhi muatan permukaan adsorben dan muatan zat yang akan diadsorpsi, sehingga memengaruhi interaksi antara keduanya.
8. Kelembaban Udara: Kelembaban udara dapat memengaruhi adsorpsi pada permukaan padatan. Pada kelembaban tinggi, adsorben mungkin sudah jenuh dengan air, sehingga dapat memengaruhi adsorpsi zat lain.
9. Jenis Adsorben: Tipe adsorben yang digunakan, seperti karbon aktif, zeolit, atau bahan adsorben lainnya, akan memengaruhi kemampuan adsorpsi zat-zat tertentu.
10. Ikatan Kimia: Adsorpsi fisik melibatkan gaya van der Waals dan interaksi elektrostatik, sedangkan adsorpsi kimia melibatkan reaksi kimia antara zat adsorbat dan adsorben. Jenis ikatan ini akan berpengaruh pada jenis adsorpsi yang terjadi.

## 2.6.2 Isoterm Adsorpsi

Isoterm adsorpsi merupakan fungsi konsentrasi zat terlarut yang terserap pada zat padat terhadap konsentrasi larutan. Secara umum, kinerja adsorpsi dapat diprediksi dengan memodelkan data isoterm adsorpsi karena adsorpsi model isoterm dapat memberikan informasi tentang kapasitas adsorben, mekanisme adsorpsi, dan evaluasi kinerja proses adsorpsi (Ragadhita dan Nandiyanto, 2021). Secara umum, isoterm adsorpsi dapat ditentukan dengan dua model yaitu langmuir dan freundlich (Wijayanti dan Kurniawati, 2019).

### a. Isoterm Langmuir

Isoterm langmuir adalah persamaan dalam adsorpsi, isoterm langmuir menyatakan bahwa permukaan dapat menampung lapisan tunggal (monolayer) yang teradsorpsi tanpa adanya interaksi antara molekul yang teradsorpsi (Pandian dkk., 2015). Model isoterm Langmuir menggambarkan adsorpsi ion logam pada permukaan homogen dengan adsorpsi lapisan tunggal (Wardani dan Wulandari, 2017). Isoterm adsorpsi langmuir dapat terjadi karena adanya interaksi antara molekul adsorben yang berikatan kovalen dan ion-ion pada sisi adsorben (Shrestha, 2021).

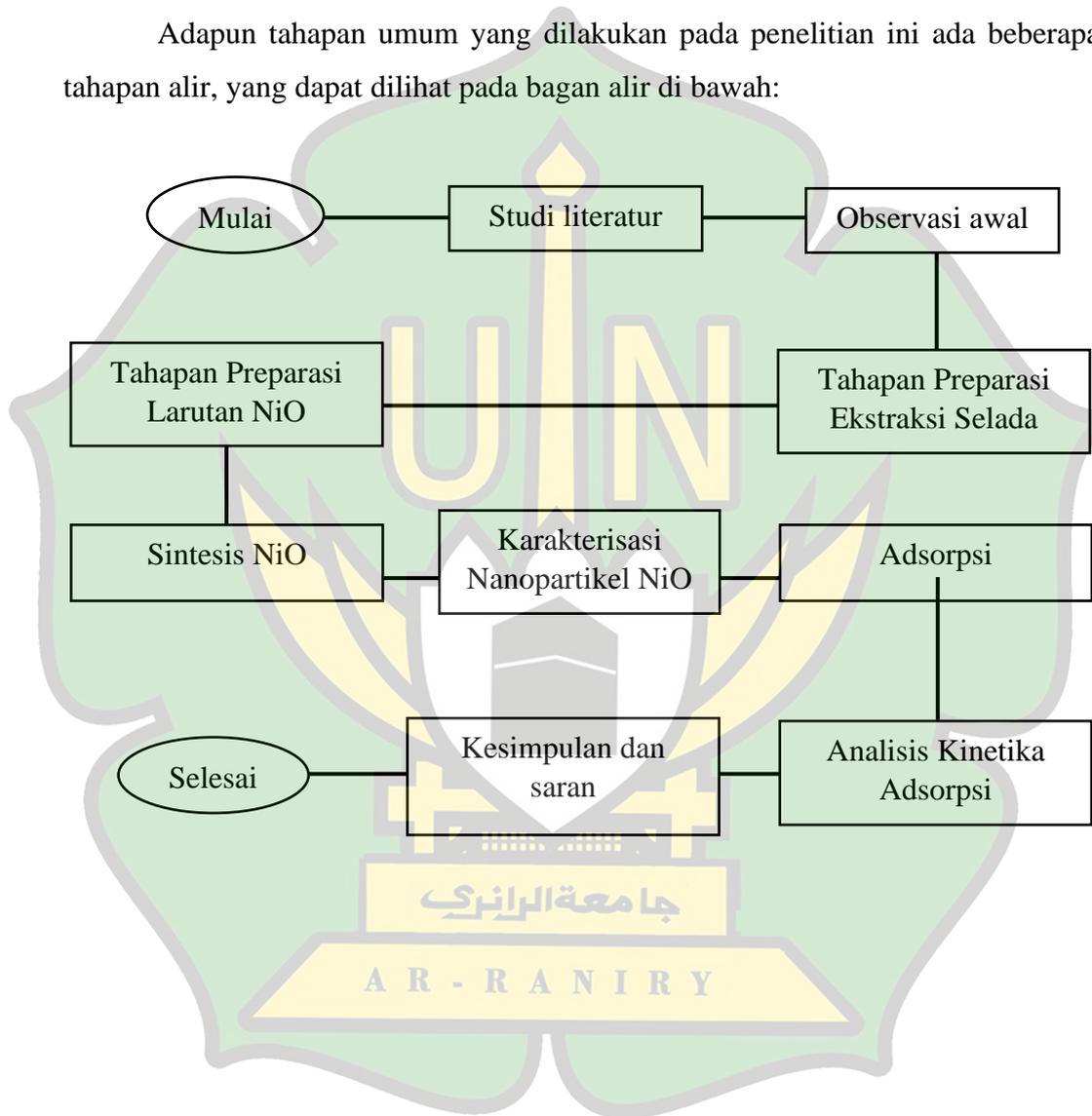
### b. Isoterm Freundlich

Persamaan Freundlich adalah persamaan empiris dengan menggunakan pendekatan penyerapan secara fisis (Yustinah dkk., 2019). Isoterm Freundlich ini menggambarkan karakteristik adsorpsi multilayer (Wijayanti dan Kurniawati, 2019). Menurut isoterm freundlich  $y$  adalah berat zat yang terlarut dalam per gram adsorben dan  $c$  adalah konsentrasi zat terlarut dalam larutan (Handayani dan Sulistiyono, 2009).

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Rancangan Penelitian

Adapun tahapan umum yang dilakukan pada penelitian ini ada beberapa tahapan alir, yang dapat dilihat pada bagan alir di bawah:



## 3.2 Sintesis NiO

### 3.2.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang dipergunakan dalam proses eksperimen penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Alat dan bahan yang digunakan untuk eksperimen

No	Alat dan Bahan	Besar Jumlah Unit	Satuan Alat dan Bahan
1	Aquabidest	1	liter
2	Padatan Ni (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O (Smartlab)	5	gram
3	HCl 0.1 M	50	mL
4	NaOH 0,1 M	50	mL
5	Kertas saring whatman no.44	1	pack
6	Tumbuhan Selada	6	kg
7	Oven (Memert UN110)	1	unit
8	Centrifuge (Gemmy PLC-05)	1	unit
9	Corong gelas kimia (Pyrex)	4	buah
10	Spatula/sudip	1	buah
11	Buret 100 mL (Pyrex set)	1	unit
12	Magnetic stirrer	2	unit
13	Labu ukur 500 ml (Pyrex)	4	buah
14	Erlenmeyer 1000 ml (Pyrex)	4	Buah
15	Beaker glass 1000 ml (Pyrex)	4	buah
16	Blender ( <i>sharp</i> )	1	unit

### 3.2.1 Preparasi Ekstraksi Tanaman Selada

Sebanyak 100 helai daun selada (*Lactuca sativa* L.) dicuci dengan menggunakan air yang mengalir. Setelah itu daun dibilas dengan aquades untuk memastikan tidak ada nya hama dan mineral yang berasal dari air yang mengalir (Haque dkk., 2022). Selanjutnya daun dikeringkan dengan menggunakan oven (Memert UN110) pada suhu temperatur 60°C selama 2 jam. Metode pengeringan dilakukan untuk menghilangkan kadar air pada tanaman (Uddin dkk., 2021). Daun yang telah kering dihaluskan dengan menggunakan blender (*Sharp*). Bubuk daun disaring dengan saringan 15 mesh (Haque dkk., 2022).

### 3.2.2 Preparasi Larutan Ni

Sebanyak 29,1 gram padatan *Nickel nitrate hexahydrate* ( $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) M (*SmartLab*) dimasukkan kedalam labu ukur ukuran 1000 ml untuk dilarutkan dengan aquades sebanyak 1000 ml (Pandian dkk., 2015). Larutan ini dibuat sedemikian rupa untuk memperoleh konsentrasi 0,1 M (Hussain dkk., 2021). Dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Massa Nikel} = \text{Massa molar} \times \text{Molar} \times \text{Volume} \quad (3.1)$$

### 3.2.3 Prosedur Sintesis NiO

Adapun prosedur eksperimen sintesis nanopartikel NiO dengan ekstraksi daun selada ini berdasarkan dengan penelitian Kotp dkk (2019), Mustari dkk, (2019), Uddin dkk (2021), Haque dkk (2022), dan Al-Nahrawi dkk (2022), dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Eksperimen Pembuatan Ekstraksi daun Selada
  1. Diambil bubuk selada sebanyak 30 gram kemudian dilarutkan dengan 300 ml *aquabidest*.
  2. Larutan dihomogenkan selama 3 jam menggunakan *magnetic stirrer* dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  dan kecepatan pengadukan 750 rpm.
  3. Selanjutnya larutan disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 42 sebanyak 3 kali pengulangan hingga menghasilkan ekstrak.
- b. Eksperimen Sintesis Nanopartikel NiO menggunakan Ekstraksi Daun Selada
  1. Larutan ekstrak selada dan larutan logam  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dicampur/dititrasi dengan perbandingan 1:1, selanjutnya dihomogenkan dengan kecepatan 750 rpm dengan suhu  $60^\circ\text{C}$  selama 3 jam.
  2. Selanjutnya dilakukan penyesuaian pH pada larutan sintesis menjadi 7
  3. Larutan sintesis di*centrifuge* selama 25 menit dengan kecepatan 3000 rpm.
  4. Pelet hasil *centrifuge* dicuci dengan *aquadest* dan alkohol sebanyak 3 kali. Selanjutnya pelet diletakkan kedalam cawan petri dan dioven selama 3 jam dengan suhu  $60^\circ\text{C}$

5. Partikel yang telah dioven kemudian digerus hingga melewati ayakan 200 mesh.

### 3.3 Karakterisasi NiO

Setelah proses sintesis selesai, nanopartikel yang terbentuk perlu dikarakterisasi untuk mengukur ukuran, bentuk, distribusi ukuran, dan sifat-sifat lainnya (Pawitra dkk., 2021). Karakterisasi dilakukan melalui beberapa uji yaitu: FTIR, XRD, dan SEM-EDX (Lagashetty dkk., 2020).

#### 3.3.1 FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

Analisis FTIR digunakan untuk mengidentifikasi fungsi ikatan kimia dan grup fungsional dalam sampel (Rahmi dkk., 2019). Dalam hal ini, FTIR mengidentifikasi nama-nama senyawa dan gugus dari sampel nanopartikel NiO yang menggunakan proses fotosintesis yaitu dari ekstrak daun selada. *Fourier* FTIR adalah alat analisis yang efisien, tidak merusak sampel, dan memungkinkan analisis yang cepat, tepat, serta hemat waktu. Oleh karena itu, alat ini sangat strategis dalam melakukan analisis yang rinci dan akurat terhadap nitrat dalam berbagai jenis air limbah. (Gan dkk., 2022). Dilakukan rata-rata dari dua ratus pemindaian pada setiap iterasi, dan sebelum transformasi fourier dilakukan, data disesuaikan dengan menggunakan metode apodisasi tingkat sedang. (La Muraglia dkk., 2023).

#### 3.3.2 XRD (*X-Ray Diffraction*)

Karakterisasi menggunakan XRD (Bruker) bertujuan untuk menganalisis struktur dari adsorben nanopartikel NiO. Semua material yang mengandung kristal tertentu akan menghasilkan puncak-puncak yang khas (Pawitra dkk., 2021). Hasil XRD ini menunjukkan bahwa nanopartikel NiO dibentuk oleh reduksi dari ekstraksi daun yang masuk bersifat kristal, memberikan informasi bahwa ukuran padatan rata-rata pada proses pemanasan tiap sampel yaitu bervariasi (Mustari., 2019). XRD mampu menganalisis jenis-jenis sistem kristal (kubus, tetragonal, ortorombik, polikristalin, dan amorf), simetri kristal, parameter kristal (parameter kisi, jarak antar atom, jumlah antar atom per unit sel), identifikasi campuran dan analisis kimia (Mukaromah dkk., 2020).

### 3.3.3 SEM-EDX (*Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray*)

SEM-EDX (*Shimadzu*) bekerja dengan memindai permukaan sampel dengan sinar elektron dan menangkap sinyal sekunder dari permukaan tersebut, kemudian sinyal ini dianalisis menggunakan spektroskopi energi dispersi untuk mengidentifikasi komposit kimia sampel (Thressia dkk., 2019). Setelah struktur dan bentuk dari sampel jadi, kemudian sampel akan diukur partikel serbuk nanopartikel NiO dengan menggunakan perangkat lunak *ImageJ* dengan metode seleksi bebas (*freehand selection*) untuk dianalisis (Desiati dkk., 2018).

## 3.4 Adsorpsi

### 3.4.1 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam eksperimen adsorpsi ini dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Alat dan bahan eksperimen adsorpsi.

No	Alat dan Bahan	Besaran	Satuan	Kegunaan
1	NaOH 0,1 M	50	mL	Penyesuaian pH
2	HCl 0,1 M	50	mL	Penyesuaian pH
3	Nanopartikel NiO	1	gram	Adsorben logam Pb <sup>2+</sup>
4	Padatan Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1	gram	larutan limbah logam Pb <sup>2+</sup> Artifisial
5	Erlenmeyer	6	Buah	wadah sampel
6	<i>shaker laboratorium</i> (labtech)	1	Unit	Proses pengadukan
7	Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) (Pinnacle 500 flame)	1	Unit	Menganalisis konsentrasi ion logam

### 3.4.2 Preparasi Larutan Logam Pb Artifisial

Dilartukan 1,614 gram timbal (II) nitrat Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> hingga mencapai konsentrasi 1000 mg/L, dimasukkan kedalam labu ukuran 1000 ml sebagai larutan induk (Widayatno dkk., 2017).

### 3.4.3 Adsorpsi Larutan Logam Pb Artifisial

Dalam penelitian ini adsorpsi dilakukan dengan menentukan kondisi pH optimum, dan massa optimum (Raharjo dkk., 2012). Penentuan kondisi adsorpsi timbal optimum dilakukan dengan variasi pH 3, 6 dan 9 pada larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  50 ppm sebanyak 50 mL dengan massa adsorben 0,05 gram dan diaduk selama 60 menit dengan kecepatan 150 rpm menggunakan shaker (Pandian dkk., 2015). Penentuan optimasi adsorben dilakukan pada larutan larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  50 ppm sebanyak 50 mL dan pH optimum dengan variasi 0,05, 0,3, 0,55 dan 0,8 gram selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm (Bouzekri dkk., 2023).

### 3.5 Isoterm Langmuir dan Freundlich

Persamaan isoterm langmuir dan freundlich dilakukan pada larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dengan konsentrasi 30, 54, 100, dan 150 ppm, pH optimum dan massa optimum selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan 150 rpm (Yustinah dkk., 2019). Kemudian larutan dikarakterisasi dengan instrumen *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) untuk mendapatkan data kurva kalibrasi, setelah data di dapatkan kemudian data diolah menggunakan microsoft excel sehingga didapatkan garis regresi linier  $y = ax + b$  dan nilai koefisien kolerasi ( $R^2$ ) yang menunjukkan linieritas (Wardani dan Wulandari., 2017; Sartika dkk., 2020)

Isoterm langmuir dan freundlich dapat dilakukan setelah data dari kurva kalibrasi pada langkah sebelumnya menggunakan microsoft excel, penentuan model langmuir dan freundlich diperoleh dengan pemodelan persamaan isoterm, hubungan antara  $1/C_e$  terhadap  $1/q_e$  untuk langmuir, dan penentuan model isoterm freundlich diperoleh dengan hubungan  $\log C_e$  dengan  $\log q_e$  (Wijayanti dan Kurniawati, 2019). Persamaan isoterm yang sesuai untuk penelitian ini dapat diketahui berdasarkan nilai koefisien kolerasi ( $R^2$ ) yang diperoleh pada masing-masing persamaan isoterm, dimana nilai koefisien kolerasi yang mendekati 1 ( $R^2 > 0,9$ ) dapat dikatakan jenis isoterm adsorpsi mengikuti persamaan tersebut (Wardani dan Wulandari., 2017). Persamaan isoterm langmuir dapat ditulis sebagai berikut (Induvesa dkk., 2022):

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{K_L Q} \frac{1}{C_e} \quad (3.3)$$

Persamaan isoterm freundlich dapat ditulis sebagai berikut (Induvesa dkk., 2022):

$$\log q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (3.4)$$

Dimana:

$C_e$  = konsentrasi akhir larutan logam (mg/L)

$q_e$  = Kapasitas adsorpsi pada saat kesetimbangan (mg/g)

$Q$  = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

$K_L$  = Konstanta kesetimbangan adsorpsi Langmuir (L/mg)

$K_F$  = Konstanta kesetimbangan adsorpsi Freundlich (mg/g)(L/mg)  $1/n$

Untuk menghitung kapasitas adsorpsi timbal, maka dilakukan adsorpsi pada konsisi optimum yang telah diperoleh. Berdasarkan data yang diperoleh, kapasitas adsorpsi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Induvesa dkk., 2022)

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)}{m} v \quad (3.5)$$

Dimana:

$q_e$  = kapasitas adsorpsi (mg/g)

$m$  = massa adsorben yang digunakan (g)

$v$  = volume larutan fosfat (liter)

$C_o$  = konsentrasi awal fosfat (mg/L)

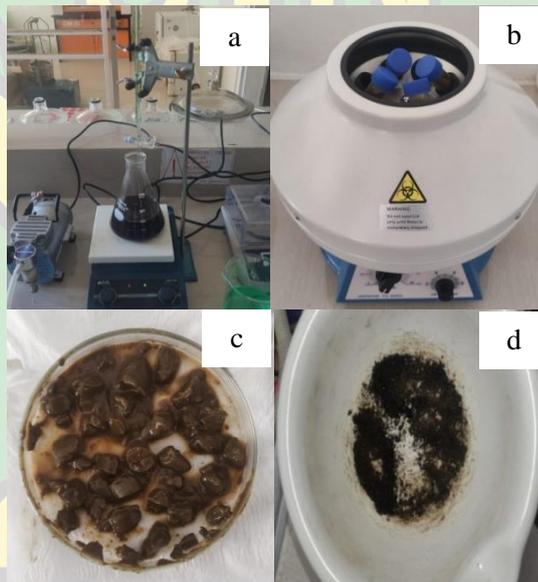
$C_e$  = konsentrasi akhir fosfat (mg/L)

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Sintesis Nanopartikel NiO

Hasil sintesis hijau nikel dengan ekstrak selada telah terbentuk, menghasilkan nanopartikel NiO berupa bubuk hitam seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Hal ini menunjukkan terjadinya reaksi antara nikel dan ekstrak selada setelah proses sintesis, sesuai dengan temuan penelitian sebelumnya (Usumaningrum dkk., 2022). Ketika nikel mengalami oksidasi menjadi nanopartikel NiO, ukuran dan sifat-sifat partikel dapat memengaruhi warnanya; nanopartikel yang sangat kecil dapat menyerap dan memancarkan cahaya dengan spektrum yang berbeda, termasuk warna hitam.



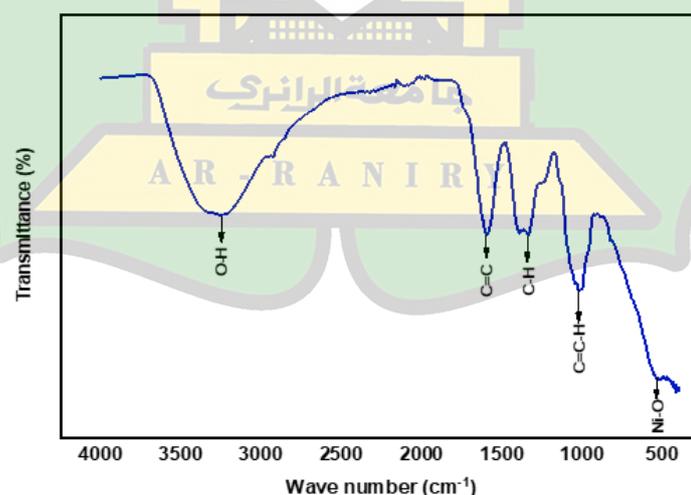
Gambar 4.1 Proses titrasi larutan Ni dengan ekstrak selada (a), proses centrifuge larutan sintesis (b), dan hasil centrifuge sebelum di oven (c), dan nanopartikel NiO selada (d)

Hasil sintesis ini dapat memperkuat penemuan sebelumnya bahwa ekstrak tumbuhan dapat dijadikan prekursor untuk sintesis NiO dikarenakan ekstrak tumbuhan berfungsi sebagai agen reduksi atau agen kimia yang digunakan untuk mengubah senyawa nikel menjadi nikel oksida, dengan adanya senyawa-senyawa penting dalam ekstrak selada (*Lactuca sativa* L.) yang berperan dalam proses sintesis nikel oksida (NiO) termasuk fenolat, asam askorbat, senyawa organik lainnya, dan senyawa-stabilisator. senyawa-senyawa ini berperan sebagai zat pereduksi untuk mengubah nikel ion menjadi NiO, serta dalam menjaga stabilitas partikel NiO yang terbentuk selama proses sintesis. Hal ini serupa dengan pernyataan Uddin dkk. (2021), ekstrak tumbuhan berfungsi sebagai agen reduksi atau agen kimia yang dapat berperan dalam mereduksi senyawa nikel yang larut dalam air atau dalam bentuk lain menjadi nikel oksida dalam suatu reaksi kimia.

## 4.2 Karakteristik Nanopartikel NiO

### 4.2.1 Karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Hasil identifikasi gugus fungsional dari sampel NiO yang disintesis dengan ekstrak selada dianalisa dengan menggunakan spektroskopi FTIR dapat dilihat pada gambar 4.2 spektrum serapan FTIR sampel NiO adanya puncak pada panjang gelombang rentang 500 – 4000  $\text{cm}^{-1}$ .



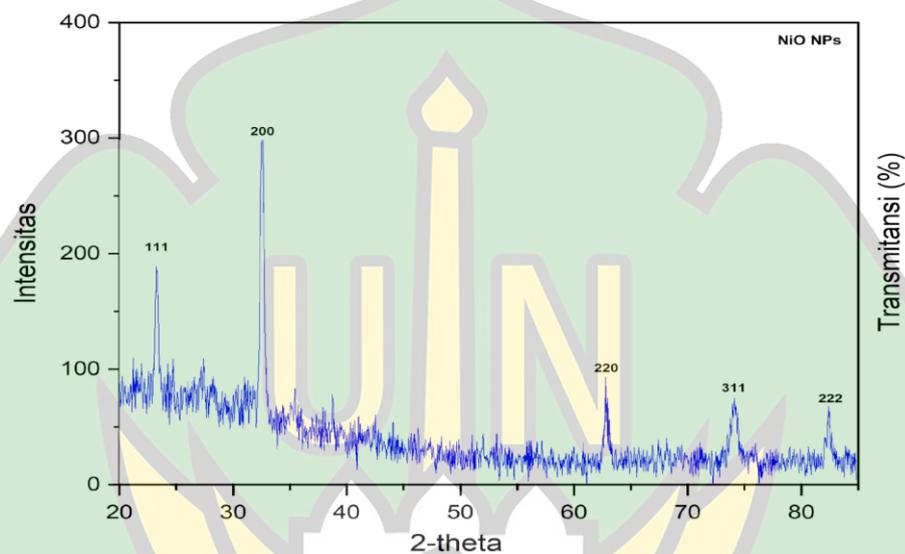
Gambar 4.2 Hasil karakterisasi FTIR Np-NiO Selada

Dari hasil pengujian ini, teramati bahwa terdapat puncak-puncak pada spektrum gelombang dengan bilangan gelombang 500, 1000, 1300, 1600, dan 3200  $\text{cm}^{-1}$ . Pada bilangan gelombang 3200  $\text{cm}^{-1}$ , puncak tersebut mengindikasikan keberadaan gugus O-H (hidroksida) gugus O-H dalam nanopartikel NiO muncul sebagai hasil dari proses sintesis yang melibatkan reagen atau pelarut yang mengandung molekul air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) atau gugus hidroksil ( $\text{OH}^-$ ) dari pelarut. Selama proses sintesis nanopartikel, terutama jika ada kelembaban yang signifikan atau penggunaan pelarut yang mengandung air, ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) atau molekul air dapat berinteraksi dengan ion  $\text{Ni}^{2+}$  yang ada dalam larutan reagen. Interaksi ini dapat menyebabkan pembentukan gugus O-H pada permukaan maupun dalam struktur nanopartikel NiO. Pada bilangan gelombang 1600  $\text{cm}^{-1}$ , terdapat tanda-tanda keberadaan gugus C=C, menunjukkan peningkatan kadar karbon. Pada 1300  $\text{cm}^{-1}$ , ditemukan karakteristik gugus C-H (karbon-hidrogen). Pada 1000  $\text{cm}^{-1}$ , terlihat adanya gugus C=C-H, yang seringkali memiliki tingkat reaktivitas tinggi dan dapat terlibat dalam berbagai reaksi kimia organik, termasuk adisi dan polimerisasi, munculnya gugus C=C, gugus C-H, dan gugus C=C-H dalam proses sintesis nanopartikel NiO disebabkan oleh kontaminasi bahan atau reaksi samping yang tidak diinginkan selama proses sintesis, meskipun ini bukan gugus fungsi yang khas dalam kimia organik. Pada bilangan gelombang 500  $\text{cm}^{-1}$ , terdapat gugus Ni-O, yang menggambarkan ikatan kimia antara nikel dan oksigen dalam senyawa nikel oksida (NiO) kehadiran gugus Ni-O dalam nanopartikel NiO adalah hasil alami dari proses sintesis. Gugus Ni-O yang terdapat dalam nanopartikel NiO adalah elemen dalam senyawa NiO, dan ikatan ini menjadi ciri utama yang memengaruhi sifat-sifat khas senyawa NiO (Liu dkk., 2019). Hal ini dapat dilihat pada (Gambar 4.3) dalam spektrum FTIR yang menampilkan keberadaan peak NiO pada bilangan gelombang 500  $\text{cm}^{-1}$  dalam grafik transmitansi. Penelitian ini memiliki kesamaan dengan studi sebelumnya yang berhasil mengidentifikasi puncak-puncak khas dari ikatan antara atom oksigen (O) dan nikel (Ni) dalam senyawa nikel oksida (NiO) pada spektrum FTIR NiO, dan fungsi molekuler

tertentu (Boudiaf dkk., 2021). Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pemahaman tentang struktur dan sifat-sifat kimia dari senyawa NiO.

#### 4.2.2 Karakteristik *X-Ray Diffraction* (XRD)

Gambar 4.3 hasil pengujian menggunakan XRD dilakukan untuk menampilkan pola dari prekursor NiO dan hasil nanopartikel NiO setelah kalsinasi.



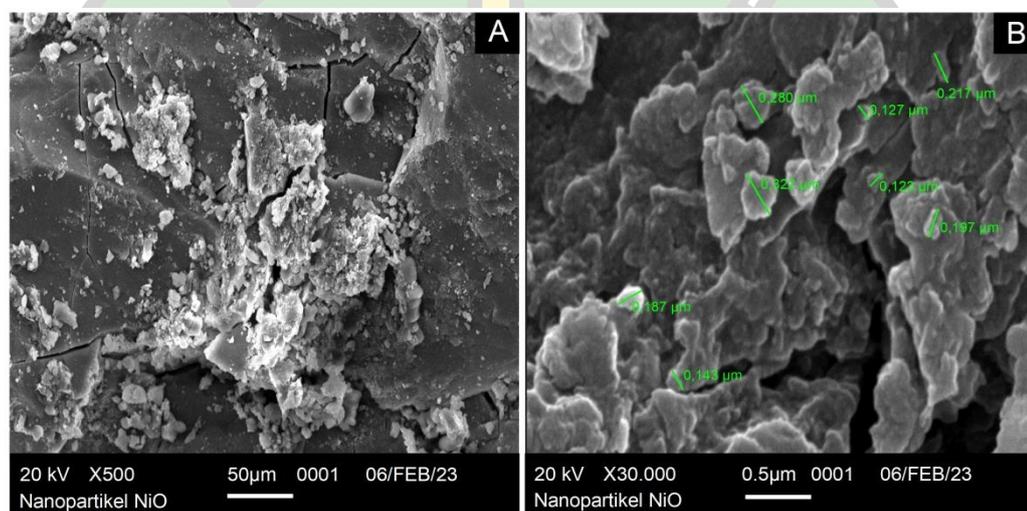
Gambar 4.3 Hasil karakterisasi XRD Np-NiO Selada

Puncak yang diamati pada prekursor hidroksida menunjukkan lebar yang signifikan, menandakan ukuran nanoskala dari kristalit hidroksida. Pola XRD dari sampel yang telah mengalami kalsinasi menampilkan puncak-puncak refleksi yang tajam, mengindikasikan peningkatan ukuran kristalit NiO. Perbedaan lebar puncak tersebut terkait dengan variasi bentuk kristal, keberadaan cacat, variasi simetri kristal, dan tingkat kristalinitas (El-Kemary dkk., 2013). Hasil uji XRD pada nanopartikel ini menunjukkan keberadaan NiO, seperti yang dapat terlihat pada Gambar 4.3. Pada pola kristal, posisi puncak muncul pada  $2\theta = 30,1^\circ$ ,  $35,4^\circ$ , dan  $62,6^\circ$ , dengan mudah dapat diindeks sebagai bidang kristal (220), (311), dan (440) dari sebagian besar NiO. Pola kristal tersebut mengindikasikan pembentukan nanopartikel NiO, dan puncak difraksi pada sudut  $2\theta$  sekitar  $29-30^\circ$  juga

menunjukkan kemungkinan keberadaan NiO dalam beberapa senyawa yang tercampur (Schneider dkk., 2023).

#### 4.2.3 Karakterisasi *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX)

Gambar 4.5 menunjukkan hasil karakterisasi SEM serbuk sampel paduan NiO. Berdasarkan hasil dapat diketahui bahwa strukturmikro serbuk nikel pada pembesaran 30.000 x berbentuk pipih lonjong tidak beraturan dengan ukuran partikel berkisar antara  $\pm 0.1$  hingga  $0.5 \mu\text{m}$  (Thressia dkk., 2019).



Gambar 4.4 Hasil uji karakterisasi SEM nanopartikel NiO, (A) Pembesaran 500 x, dan (B) pembesaran 30.000 x.

Pada gambar 4.4 (B). Pembesaran 30.000 x terlihat bahwa satu partikel bisa terbagi menjadi beberapa partikel yang lebih kecil sehingga ukuran partikel yang diketahui tidak sesuai untuk partikel yang tidak merata. Dalam menganalisis gambar ini menggunakan cara manual, menarik garis di sekitar setiap partikel untuk mengukur ukurannya. Hasil (Gambar 4.4) menunjukkan bahwa bentuk partikel berpori atau berongga pada struktur partikel tidak simetris (Taba dkk., 2019), untuk mendapat kan ukuran dari partikel menggunakan aplikasi *imageJ* pengukuran dilakukan pada delapan titik masing-masing partikel digaris dengan simetri, sehingga pengukuran lebih akurat dan jelas pada saat dianalisis, masing-masing

ukuran partikel berukuran 0,312; 0,187; 0,28; 0,217; 0,197; 0,123; 0,127; dan 0,143 mikrometer, dengan menggunakan gambar SEM pada perbesaran 30.000x. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa sebanyak mungkin partikel diukur dengan metode seleksi bebas, sehingga penandaan area sesuai dengan bentuk partikelnya, dan hasil analisis menjadi lebih presisi (Goldstein dkk., 2018).

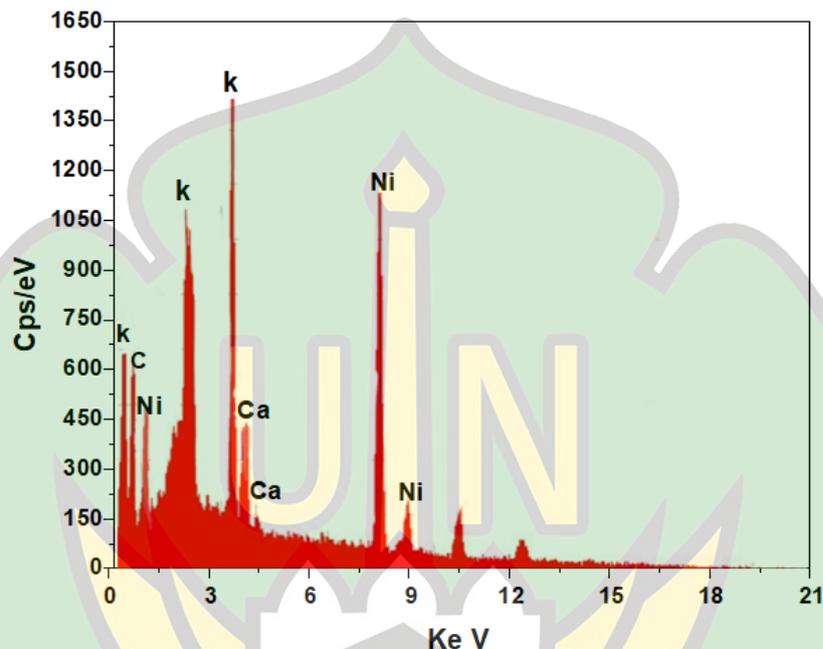
Adapun perbandingan hasil sintesis nanopartikel berdasarkan penelitian sebelumnya (Pandian dkk., 2015; Margaretha dkk., 2018; Taba dkk., 2019; Syamsul Arifin dan Nazriati, 2022; Ibrahim dkk., 2023), dengan parameter: jenis tanaman, bentuk partikel, dan penerapannya.

Tabel 4.1 penelitian terdahulu mengenai jenis tanaman pada sintesis nanopartikel

No	Jenis tanaman	Bentuk partikel	Penerapan
1	Ekstrak daun <i>Ocimum sanctum</i>	Sferikal, polyhedral berukuran 15 – 36 nm	Degradasi
2	Alpukat ( <i>Persea Americana</i> ).	Ukuran partikel berkisar antara 30 hingga 75 nm.	Adsorpsi
3	Rumput macan ( <i>Lantana Camara</i> L)	Titik titik berwarna hitam berukuran 0,35-0,45 nm.	Reduktor
4	Daun salam ( <i>Syzygium polyanthum</i> )	perak berwarna kuning kecoklatan dengan panjang gelombang 432–446 nm.	Bioreduktor
5	Ekstrak Daun Kenitu ( <i>Chrysophyllum cainito</i> L.)	Berbentuk lembaran hexagonal, kubik dan bulat	<i>Biosynthesis</i>

Hasil perbandingan pada tabel 4.1 menunjukkan sintesis nanopartikel ini banyak digunakan dalam berbagai bidang aplikasi seperti bioreduktor, biosintesis dan adsorpsi dengan berbagai macam tanaman untuk mensintesis nanopartikel, dan dapat disimpulkan berdasarkan penelitian sebelumnya bahwa perkursor dan jenis tanaman dapat mempengaruhi warna dan ukuran partikel pada hasil sintesis nanopartikel, hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil dari sintesis nanopartikel NiO dengan ekstrak selada pada penelitian ini menghasilkan bentuk partikel berwarna hitam dengan ukuran partikel 0,123-0,28 mikrometer.

Hasil analisis EDX, susunan unsur nanopartikel ditemukan berdasarkan senyawa-senyawa penyusunnya. Spektrum pengukuran EDX pada nanopartikel NiO ditunjukkan pada (gambar 4.5)



Gambar 4.5 Hasil karakterisasi SEM- EDX Np-NiO

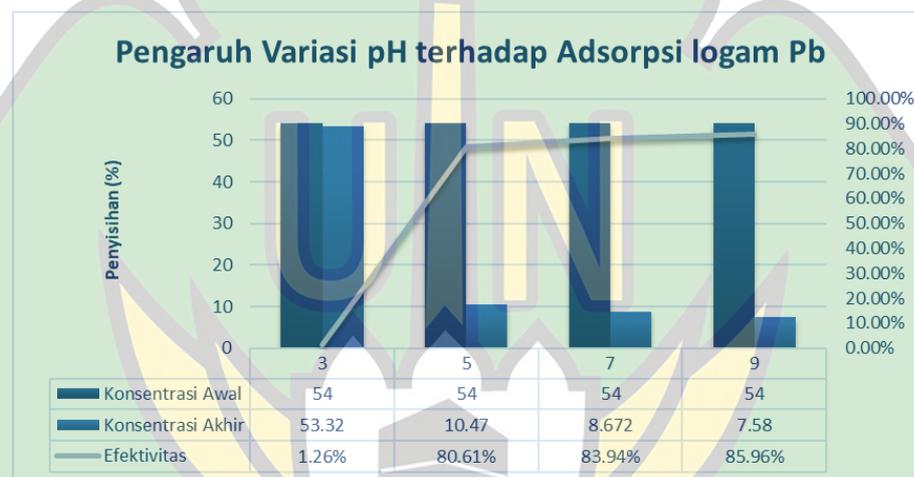
Hasil analisis EDX pada (Gambar 4.5) mengindikasikan bahwa nanopartikel NiO terdiri dari beberapa unsur kimia, seperti kalium (K), karbon (C), nikel (Ni), dan kalsium (Ca). Pada perbesaran rendah dan tinggi, unsur-unsur seperti karbon, kalium, dan kalsium muncul dari beberapa sumber potensial. Selada, sebagai bahan baku utama, menyediakan senyawa organik mengandung karbon, dan tanaman ini dapat menyerap kalium dan kalsium dari tanah. Spektrum EDS menunjukkan puncak nikel yang mengkonfirmasi bahwa permukaan nanopartikel sebagian besar terdiri dari nikel. Puncak kalium yang lebih kuat diamati, yang disebabkan oleh penggunaan kalium (K) dalam sintesis nanopartikel NiO. Kalium digunakan untuk mengendalikan ukuran partikel, meningkatkan aktivitas katalitik, mengubah sifat

permukaan, dan mengurangi aglomerasi partikel, sehingga menghasilkan nanopartikel NiO yang sesuai untuk berbagai aplikasi (Meng dkk., 2010).

### 4.3 Efektivitas Adsorpsi logam Berat Timbal (Pb)

#### 4.3.1 pH Optimum adsorpsi timbal

penentuan pH optimum dengan variasi pH 3, 5, 7 dan 9 pada larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  2,7 mg/L sebanyak 100 mL dengan massa 0,05 dan setelah diaduk selama 60 dengan kecepatan 150 rpm (Sartika dkk., 2020).

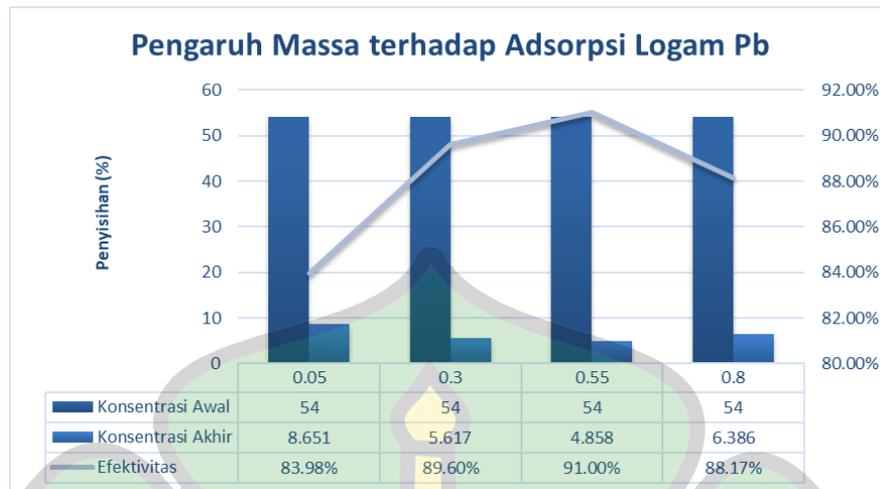


Gambar 4.6 Hasil pH optimum

Hasil dari variasi pH untuk mengetahui pH optimum dapat dilihat pada grafik dari gambar 4.6 bahwa pH optimum adsorpsi timbal menggunakan adsorben NiO adalah pH 9, hal ini serupa dengan penelitian Nurafriyanti (2017), bahwa kondisi pH larutan akan mempengaruhi proses adsorpsi. Pada variasi pH 3, 5, 7, dan 9, pH 9 dengan persentase penyerapan paling tinggi yaitu 85,96 %.

#### 4.3.2 Massa Optimum adsorpsi timbal

Penentuan massa adsorben optimum adsorpsi timbal dilakukan pada larutan larutan  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  2,7 mg/L sebanyak 80 mL dengan pH optimum 9 dan variasi massa adsorben 0,05, 0,3, 0,55 dan 0,8 setelah diaduk selama 60 dengan kecepatan 150 rpm (Sartika dkk., 2020).



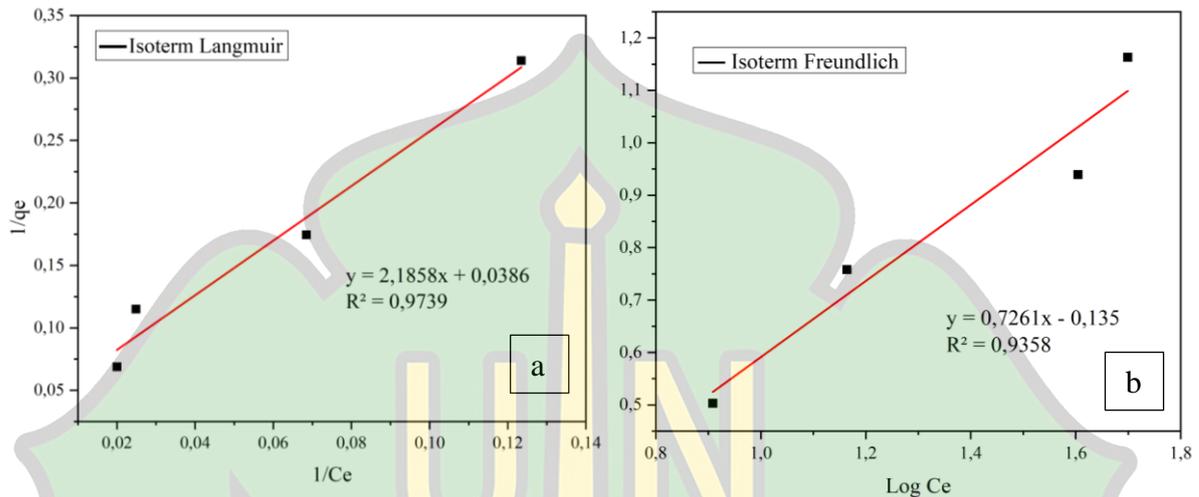
Gambar 4.7 Hasil massa optimum

Hasil grafik di gambar 4.7 terlihat bahwa massa adsorben pada kondisi optimum yaitu 0.55 gram dengan persentase efisiensi penyerapan sebesar 91,00%. Efektivitas adsorpsi sangat dipengaruhi oleh jumlah adsorben yang digunakan, hal ini dapat dilihat dari (Gambar 4.7) semakin tinggi konsentrasi massa adsorben, maka semakin besar persentase penyerapan logam berat timbal. Hasil ini sejalan dengan temuan-temuan dalam penelitian sebelumnya (Alqadami dkk., 2017). Kondisi ini disebabkan oleh adanya jumlah sisi aktif pada permukaan adsorben. Ketika jumlah sisi aktif mencukupi untuk menangkap sebagian besar ion logam, persentase penyerapan menjadi tinggi, dan kejenuhan material adsorben terjadi saat jumlah sisi aktif sebanding dengan jumlah ion logam (Kalantari dkk., 2015). Namun, pada massa adsorben antara 0,55 hingga 0,8 gram, peningkatan penyerapan teramati. Ini disebabkan oleh terjadinya kejenuhan pada material adsorben setelah mencapai kesetimbangan antara NiO sebagai adsorben dan larutan Pb sebagai adsorbat yang telah mencapai kesetimbangan (Ahmadi dkk., 2018; Chen dkk., 2019).

### 4.3.3 Isoterm Adsorpsi

Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat diketahui masing-masing grafik isoterm adsorpsi. Kurva isoterm langmuir diperoleh dengan memplotkan hubungan antara  $1/C_e$  terhadap  $1/q_e$ .

Sementara penentuan model isoterm freundlich diperoleh dengan memplotkan hubungan antara  $\ln C_e$  dengan  $\ln q_e$  menggunakan aplikasi origin (Ocazar dkk., 2003).



Gambar 4.8 (a) Kurva isoterm Langmuir dan (b) Kurva isoterm Freundlich

Berdasarkan kurva isoterm adsorpsi (Gambar 4.8) yang dihasilkan, dapat diketahui persamaan linear dan koefisien korelasi pada masing-masing isoterm adsorpsi, kurva isoterm langmuir diperoleh persamaan linear  $y = 2,1858x + 0,0386$  dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9739. Sementara kurva isoterm freundlich diperoleh persamaan linear  $y = 0,7261x - 0,135$  dengan koefisien korelasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9358.

Tabel 4.2 Pemodelan Isoterm Adsorpsi Adsorben NiO

Langmuir Isotherm			Freundlich Isotherm		
$K_L$ (L/mg)	$Q$ (mg/g)	$R^2$	$n$	$K_f$ (mg/g)	$R^2$
0,01765	25,9067	0,9739	1,377220	-0,8696	0,9358

Berdasarkan tabel pemodelan adsorpsi diatas (Tabel 4.2) menggunakan aplikasi origin lab dapat disimpulkan bahwa jenis isoterm yang sesuai dengan percobaan adsorpsi yang dilakukan mengikuti isoterm langmuir karena nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang diperoleh lebih mendekati satu yaitu 0,9739, hal ini

sesuai dengan pernyataan (Huang dkk., 2013; Wardani dan Wulandari., 2017) yang menyatakan bahwa nilai koefisien kolerasi yang mendekati 1 ( $R^2 > 0,9$ ) dapat dikatakan percobaan adsorpsi ini mengikuti jenis isoterm tersebut. Penelitian ini menjelaskan bahwa percobaan adsorpsi logam timbal menggunakan adsorben nanopartikel NiO berlangsung secara kimia. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Masruhin dkk., 2018; dan Larasati., 2014) bahwa jika penelitian ini mengikuti isoterm freundlich maka proses adsorpsi berlangsung melalui proses fisika dan sebaliknya jika penelitian ini mengikuti isoterm langmuir maka proses adsorpsi berlangsung secara kimia.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berikut adalah kesimpulan dari penelitian ini:

1. Penelitian ini menghasilkan nanopartikel NiO melalui sintesis dengan ekstrak selada, menunjukkan pembentukan bubuk hitam sebagai hasil reaksi antara nikel dan ekstrak selada.
2. Karakterisasi melalui FTIR, XRD, dan SEM-EDX pada karakterisasi FTIR menunjukkan keberadaan gugus Ni-O pada gelombang  $500\text{ cm}^{-1}$  karena adanya ikatan kimia antara nikel dan oksigen dalam senyawa NiO, hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan bahwa keberadaan NiO dalam senyawa dengan struktur heksagonal yang tercampur pada sudut  $2\theta$  sekitar  $29\text{-}30^\circ$ , pada hasil karakterisasi SEM-EDX menunjukkan bahwa bentuk partikel berpori atau berongga pada struktur partikel tidak simetris.
3. Nanopartikel NiO ini berhasil menunjukkan efektivitas dalam adsorpsi logam berat timbal dengan persentase penyerapan  $91,00\%$  pada kondisi pH 9, massa adsorben  $0,55\text{ gram}$ , dan konsentrasi timbal  $54\text{ ppm}$  dan analisis isoterm adsorpsi menunjukkan kesesuaian data dengan model isoterm Langmuir dengan nilai  $R^2$  yaitu  $0,9739$ , menandakan bahwa proses adsorpsi terjadi secara kimia.

#### **5.2 Saran**

Meskipun terdapat potensi keuntungan dalam menggunakan ekstrak tumbuhan untuk sintesis nanopartikel NiO, penting untuk mempertimbangkan bahwa metode ini harus diselidiki dengan cermat, dan hasilnya dievaluasi dalam konteks aplikasi yang diinginkan, termasuk efektivitas adsorpsi logam berat. Diperlukan penelitian lebih lanjut dan uji coba untuk mendalami memahami sifat-sifat dan kinerja nanopartikel yang dihasilkan, meningkatkan efisiensi adsorpsi, dan mengevaluasi performa adsorben pada skala yang lebih besar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, S., Dan Irni, J. (2019). Analisa Tingkat Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Di Daerah Aliran Sungai Deli Sumatera Utara. *Biolink (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, 6(2), 153–161.
- Agustina, T., Dan Teknik, F. (2014). Kontaminasi Logam Berat Pada Makanan Dan Dampaknya Pada Kesehatan. *Teknobuga*, 1(1), 53–65.
- Ahsan, M., Eshkabilov, S., B., Küçüktopcu, E., Lee, C. W., Dan Simsek, H. (2022). *Deep Learning Models To Determine Nutrient Concentration In Hydroponically Grown Lettuce Cultivars (Lactuca Sativa L.)*. *Sustainability (Switzerland)*, 14(1).
- Al-Mur, B. A. (2023). *Green Zinc Oxide ( ZnO ) Nanoparticle Synthesis Using Mangrove Leaf Extract From Avicenna Marina : Properties And Application For The Removal Of Toxic Metal Ions ( Cd<sup>2+</sup> And Pb<sup>2+</sup> )*.
- Alqadami, A. A., Naushad, M., Abdalla, M. A., Ahamad, T., Abdullah Allothman, Z., Alshehri, S. M., Dan Ghfar, A. A. (2017). *Efficient Removal Of Toxic Metal Ions From Wastewater Using A Recyclable Nanocomposite: A Study Of Adsorption Parameters And Interaction Mechanism*. In *Journal Of Cleaner Production* (Vol. 156). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.085>
- Bouzekri, O., Gamouz, S. El, Ed-Dra, A., Moussout, H., Dehmani, Y., Ziyat, H., Idrissi, M. El, Choukrad, M., Dan Abouarnadasse, S. (2023). *Green Synthesis Of Nickel And Copper Nanoparticles Doped With Silver From Hammada Scoparia Leaf Extract And Evaluation Of Their Potential To Inhibit Microorganisms And To Remove Dyes From Aqueous Solutions*.
- Delarozza, R. (2018). Adsorpsi Logam Berat Menggunakan Adsorben Alami Pada Air Limbah Industri. 5.
- Desiati, R. D., Sugiarti, E., Dan Ramadhany, S. (2018). Analisa Ukuran Partikel Serbuk Komposit Nicral Dengan Penambahan Reaktif Elemen Untuk Aplikasi

- Lapisan Tahan Panas. *Metalurgi*, 1, 27–34.
- El-Kemary, M., Nagy, N., Dan El-Mehasseb, I. (2013). *Nickel Oxide Nanoparticles: Synthesis And Spectral Studies Of Interactions With Glucose. Materials Science In Semiconductor Processing*, 16(6), 1747–1752.
- Ezhilarasi, A. A., Vijaya, J. J., Kaviyarasu, K., Maaza, M., Ayeshamariam, A., & Kennedy, L. J. (2016). *Green Synthesis Of Nio Nanoparticles Using Moringa Oleifera Extract And Their Biomedical Applications: Cytotoxicity Effect Of Nanoparticles Against HT-29 Cancer Cells. Journal Of Photochemistry And Photobiology B: Biology*, 164, 352–360.  
<https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.10.003>
- Haidary, S. M. (2022). *Synthesis Of Zinc Nanoparticles Using Portulaca Oleracea Plant Extract. International Journal Of Drug Delivery Technology*, 12(2), 481–489. <https://doi.org/10.25258/ijddt.12.2.4>
- Hamdan, A. M., Azkiya, R., Rahman, A., Efriana, M., Maulana, R., Dan Hanif, H. (2023). *The Use Of Zinc Oxide (Zno) Photocatalyst For Photodegradation Of Car Wash Wastewater. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 19(1), 11.  
<https://doi.org/10.12962/j24604682.v19i1.14019>
- Hamdan, A. M., Fajri, W. N., Rahmi, R., Dan Hanif, H. (2022). Adsorpsi Limbah Cair Rumah Tangga Dengan Mineral Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 3(3), 70. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v3i3.14630>
- Handayani, M., Dan Sulistiyono, E. (2009). Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Limbah Chrom (VI) Oleh Zeolit. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir*, 3(Vi), 130–136.
- Haque, S., Faidah, H., Ashgar, S. S., Abujamel, T. S., Mokhtar, J. A., Almuhayawi, M. S., Harakeh, S., Singh, R., Srivastava, N., Dan Gupta, V. K. (2022). *Green Synthesis Of Zn(OH)<sub>2</sub>/Zno-Based Bionanocomposite Using Pomegranate Peels And Its Application In The Degradation Of Bacterial Biofilm. Nanomaterials*, 12(19), 1–14.
- Hijau, S., Nikel, N., Uddin, S., Safdar, L. Bin, Anwar, S., Iqbal, J., Laila, S., Abbasi,

B. A., Saif, M. S., Ali, M., Rohman, A., Basit, A., Dan Quraisy, M. (2021). Molekul. 1–14.

<https://doi.org/10.1016/J.Mssp.2013.05.018>

Hussain, T., Hussain, A. I., Chatha, S. A. S., Ali, A., Rizwan, M., Ali, S., Ahamd, P., Wijaya, L., Dan Alyemeni, M. N. (2021). *Synthesis And Characterization Of Na-Zeolites From Textile Waste Ash And Its Application For Removal Of Lead (Pb) From Wastewater. International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 18(7).

Ibrahim, F. M., Najeeb, D. A., Dan Thamersadeq, H. (2023). *Green Preparation Of Cu Nanoparticles Of The Avocado Seed Extract As An Adsorbent Surface. Materials Science For Energy Technologies*, 6, 130–136.

<https://doi.org/10.1016/J.Mset.2022.12.006>

Induvesa, P., Rattanakom, R., Sriboonnak, S., Pumas, C., Duangjan, K., Rakruam, P., Nitayavardhana, S., Sittisom, P., Dan Wongrueng, A. (2022). *Adsorption Of Fluoride Onto Acid-Modified Low-Cost Pyrolusite Ore: Adsorption Characteristics And Efficiencies. International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 19(24).

Junyo, G., Handayanto, E., Tanah, J., Pertanian, F., Dan Brawijaya, U. (2017). Potensi Tiga Varietas Tanaman Sawi Sebagai Akumulator Merkuri Pada Tanah. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 4(1), 421–429.

Kalantari, K., Ahmad, M. B., Fard Masoumi, H. R., Shameli, K., Basri, M., Dan Khandanlou, R. (2015). *Rapid And High Capacity Adsorption Of Heavy Metals By Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/Montmorillonite Nanocomposite Using Response Surface Methodology: Preparation, Characterization, Optimization, Equilibrium Isotherms, And Adsorption Kinetics Study. Journal Of The Taiwan Institute Of Chemical Engineers*, 49, 192–198.

<https://doi.org/10.1016/J.Jtice.2014.10.025>

Kotp, A. A., Farghali, A. A., Amin, R. M., Bdel Moaty, S. A., El-Deen, A. G., Gadelhak, Y. M., El-Ela, F. A., Younes, H. A., Syame, S. M., Dan Mahmoud, R. K. (2019). *Green-Synthesis Of Ag Nanoparticles And Its Composite With*

- PVA Nanofiber As A Promising Cd<sup>2+</sup> Adsorbent And Antimicrobial Agent. Journal Of Environmental Chemical Engineering*, 7(2), 102977.
- Lamuraglia, R., Campostrini, A., Ghedini, E., Pezzolo, A. D. L., Michele, A. Di, Franceschin, G., Menegazzo, F., Signoretto, M., Dan Traviglia, A. (2023). *A New Green Coating For The Protection Of Frescoes : From The Synthesis To The Performances Evaluation*.
- Lian, J., Liu, W., Meng, L., Wu, J., Chao, L., Zeb, A., Dan Sun, Y. (2021). *Foliar-Applied Polystyrene Nanoplastics (Psnps) Reduce The Growth And Nutritional Quality Of Lettuce (Lactuca Sativa L.)*. *Environmental Pollution*, 280, 116978.
- Liu, Y., Gao, C., Li, Q., Dan Pang, H. (2019). *Nickel Oxide/Graphene Composites: Synthesis And Applications*. *Chemistry - A European Journal*, 25(9), 2141–2160.
- Margaretha, T., Kojong, I., Dan Aritonang, H. (2018). *Green Syntesis Nanopartikel Perak (Ag) Menggunakan Larutan Daun Rumput Macan (Lantana Camara L)*. *Chemistry Progress*, 11(2), 46–51.
- Mukaromah, A. H., Ariyadi, T., Azizah, I. H., Dan Mifbakhuddin, M. (2020). *Karakterisasi Membran ZSM-5 Yang Disintesis Dengan Variasi Jenis Dan Ukuran Kasa Penyangga*. *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1), 1.
- Mustari, Evi.J1, Alifia Noor, Rifqi Al Musawi Rafsanjani 2, Y. T. 1 Jurusan. (2019). *Green-Synthesis Nanopartikel Sno 2 Termediasi*. 4(1), 41–50.
- Narayana, P. L., Lingamdinne, L. P., Karri, R. R., Devanesan, S., Alsalhi, M. S., Reddy, N. S., Chang, Y. Y., Dan Koduru, J. R. (2022). *Predictive Capability Evaluation And Optimization Of Pb(II) Removal By Reduced Graphene Oxide-Based Inverse Spinel Nickel Ferrite Nanocomposite*. *Environmental Research*, 204(September 2021).  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112029>
- Ngapa, Y. D., Dan Gago, J. (2019). *Adsorpsi Ion Pb ( II) Oleh Zeolit Alam Ende Teraktivasi Asam : Studi Pengembangan Mineral Alternatif Penjerap*. *Cakra Kimia*, 7(2), 84–91.

- Nurafriyanti., Prihatini, N. S., Dan Syaughiah, I. 2017. Pengaruh Variasi Ph Dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1): 56-65.
- Pandian, C. J., Palanivel, R., Dan Dhananasekaran, S. (2015a). *Green Synthesis Of Nickel Nanoparticles Using Ocimum Sanctum And Their Application In Dye And Pollutant Adsorption. Chinese Journal Of Chemical Engineering*, 23(8), 1307–1315.
- Pawitra, T., Setiawan, A., Dan Ramadani, T. A. (2021). Sintesis Dan Karakterisasi Kitosan-Silika Dari Abu Ampas Tebu Sebagai Adsorben Logam Berat Cu(II). *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 6(1), 70–77.
- Raharjo, D., Mustamir, E., Dan Suryadi, U. E. (2012). *The Effectiveness Test Of Some Types Of Activated Charcoal And Metal Accumulator Plants On Gold Mining Of Used Land. Perkebunan Dan Lahan Tropika*, 2, 15–22.
- Rahmi, Fathurrahmi, Lelifajri, Dan Purnamawati, F. (2019). *Preparation Of Magnetic Chitosan Using Local Iron Sand For Mercury Removal. Heliyon*, 5(5), E01731.
- Saputri, C. A. (2020). Kapasitas Adsorpsi Serbuk Nata De Coco (*Bacterial Cellulose*) Terhadap Ion  $Pb^{2+}$  Menggunakan Metode Batch. *Jurnal Kimia*, 14(1), 71.
- Shrestha, R. M. (2021). *International Journal Of Advanced Engineering Utilization Of Activated Carbon Prepared From Coconut ( Cocos Nucifera ) Shell For The Removal Of Pb ( II ) From Aqueous Solutions*. 04(02).
- Sulianto, A. A., Aji, A. D. S., Dan Alkahi, M. F. (2020). Rancang Bangun Unit Filtrasi Air Tanah Untuk Menurunkan Kekeruhan Dan Kadar Mangan Dengan Aliran Upflow. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 7(2), 72–80. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jsal.2020.007.02.4>
- Taba, P., Parmitha, N. Y., Dan Kasim, S. (2019). Sintesis Nanopartikel Perak Menggunakan Ekstrak Daun Salam (*Syzygium Polyanthum*) Sebagai Bioreduktor Dan Uji Aktivitasnya Sebagai Antioksidan. *Indo. J. Chem. Res.*,

7(1), 51–60.

- Uddin, S., Safdar, L. Bin, Iqbal, J., Yaseen, T., Laila, S., Anwar, S., Abbasi, B. A., Saif, M. S., Dan Quraishi, U. M. (2021). *Green Synthesis Of Nickel Oxide Nanoparticles Using Leaf Extract Of Berberis Balochistan Ca: Characterization, And Diverse Biological Applications. Microscopy Research And Technique*, 84(9), 2004–2016.
- Wardani, G. A., Dan Wulandari, W. T. (2017). Studi Kinetika Dan Isoterm Adsorpsi Timbal(II) Pada Kulit Jengkol (*Pithecellobium Jiringa*) Teraktivasi. *Kovalen*, 3(3), 252.
- Widayatno, T., Yuliawati, T., Susilo, A. A., Studi, P., Kimia, T., Teknik, F., Dan Muhammadiyah, U. (2017). Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dari Limbah Cair Dengan Adsorben Arang Bambu Aktif. *Jurnal Teknologi Bahan Alam*, 1(1), 17–23.
- Wijayanti, I. E., Dan Kurniawati, E. A. (2019). Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Abu Gosok Sebagai Adsorben. *Educhemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)*, 4(2), 175. <https://doi.org/10.30870/Educhemia.V4i2.6119>
- Yadav, V. K., Amari, A., Wanale, S. G., Dan Osman, H. (2023). *Synthesis Of Floral-Shaped Nanosilica From Coal Fly Ash And Its Application For The Remediation Of Heavy Metals From Fly Ash Aqueous Solutions*.
- Yustinah, Hudzaifah, Aprilia, M., Dan AB, S. (2019). Keseimbangan Adsorpsi Logam Berat (Pb) Dengan Adsorben Tanah Diatomit Secara *Batch*. *Jurnal Konversi*, 9(1), 17–28.
- Zargar, M., Hamid, A. A., Bakar, F. A., Shamsudin, M. N., Shameli, K., Jahanshiri, F., Dan Farahani, F. (2011). *Green Synthesis And Antibacterial Effect Of Silver Nanoparticles Using Vitex Negundo L. Molecules*, 16(8), 6667–6676. <https://doi.org/10.3390/Molecules16086667>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Perhitungan larutan

#### 1. Pembuatan larutan Ni

##### a. Pembuatan larutan induk Ni 1000 mg/L

Massa Nikel = Massa molar  $\times$  Molar  $\times$  Volume

$$m = 290,81 \text{ g/mol} \times 0,1 \text{ mol} \times 1\text{L}$$

$$m = 29,081 \text{ gram}$$

#### 2. Pembuatan larutan Pb

##### a. Pembuatan larutan induk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 1000 mg/L

$$\text{Gr} = \frac{\text{Mr Pb}(\text{NO}_3)_2}{\text{Ar Pb} \times 1 \text{ gram}}$$

$$= \frac{331}{207 \times 1 \text{ gram}}$$

$$= 1,599 \text{ gram}$$

##### b. Pengenceran larutan standar $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan konsentrasi 30, 54, 100, dan 150 dari 1000 ppm

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$- V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 30 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 1,5 \text{ mL}$$

$$- V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 54 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 2,7 \text{ mL}$$

$$- V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

$$- V_1 \times 1000 \text{ ppm} = 50 \text{ mL} \times 150 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 7,5 \text{ mL}$$

3. Isoterm Adsorpsi

a. Langmuir

$$y = 2,1858 x + 0,0386$$

$$R^2 = 0,9739$$

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{Q} + \frac{1}{K_L Q} C_e$$

$$y = b + a \cdot x$$

$$y = + 0,0386 + 2,1858 \cdot x$$

1. Penentuan Q (Kapasitas adsorpsi (mg/g))

$$b = \frac{1}{Q}$$

$$+ 0,0386 = \frac{1}{Q}$$

$$Q = \frac{1}{+ 0,0386}$$

$$Q = 25,9067 \text{ mg/g}$$

2. Penentuan nilai  $K_L$  (Kostanta adsorpsi Langmuir (L/mg))

$$a = \frac{1}{K_L Q}$$

$$2,1858 = \frac{1}{K_L (25,9067)}$$

$$K_L = \frac{1}{56,6268 \text{ L/mg}}$$

$$K_L = 0,01765 \text{ L/mg}$$

b. Freundlich

$$y = 0,7261 x - 0,135$$

$$R^2 = 0,9358$$

$$\log q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \log C_e$$

$$y = b + a \cdot x$$

$$y = -0,135 + 0,7261 \cdot x$$

1. Penentuan nilai  $K_f$  (Kostanta adsorpsi Freundlich(L/mg))

$$b = \log K_f$$

$$-0,135 = \log K_f$$

$$K_f = \log^{-0,135}$$

$$K_f = -0,8696 \text{ L/mg}$$

4. Penentuan nilai  $n$  (intensitas adsorpsi)

$$a = \frac{1}{n}$$

$$0,7261 = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{0,7261}$$

$$n = 1,3772207$$

Lampiran 2. Data Uji Adsorpsi timbal

1. Data Uji pH optimum adsorpsi timbal

Waktu Kontak (Menit)	pH larutan	Pb awal (ppm)	Pb akhir (ppm)	Massa nano (g)	Volume larutan (L)	q <sub>e</sub>	% Removal
60	3	54	53,32	0,05	0,1	1,36	1,26
	5	54	10,47	0,05	0,1	87,06	80,61
	7	54	8,672	0,05	0,1	90,656	83,94
	9	54	7,58	0,05	0,1	92,84	85,96

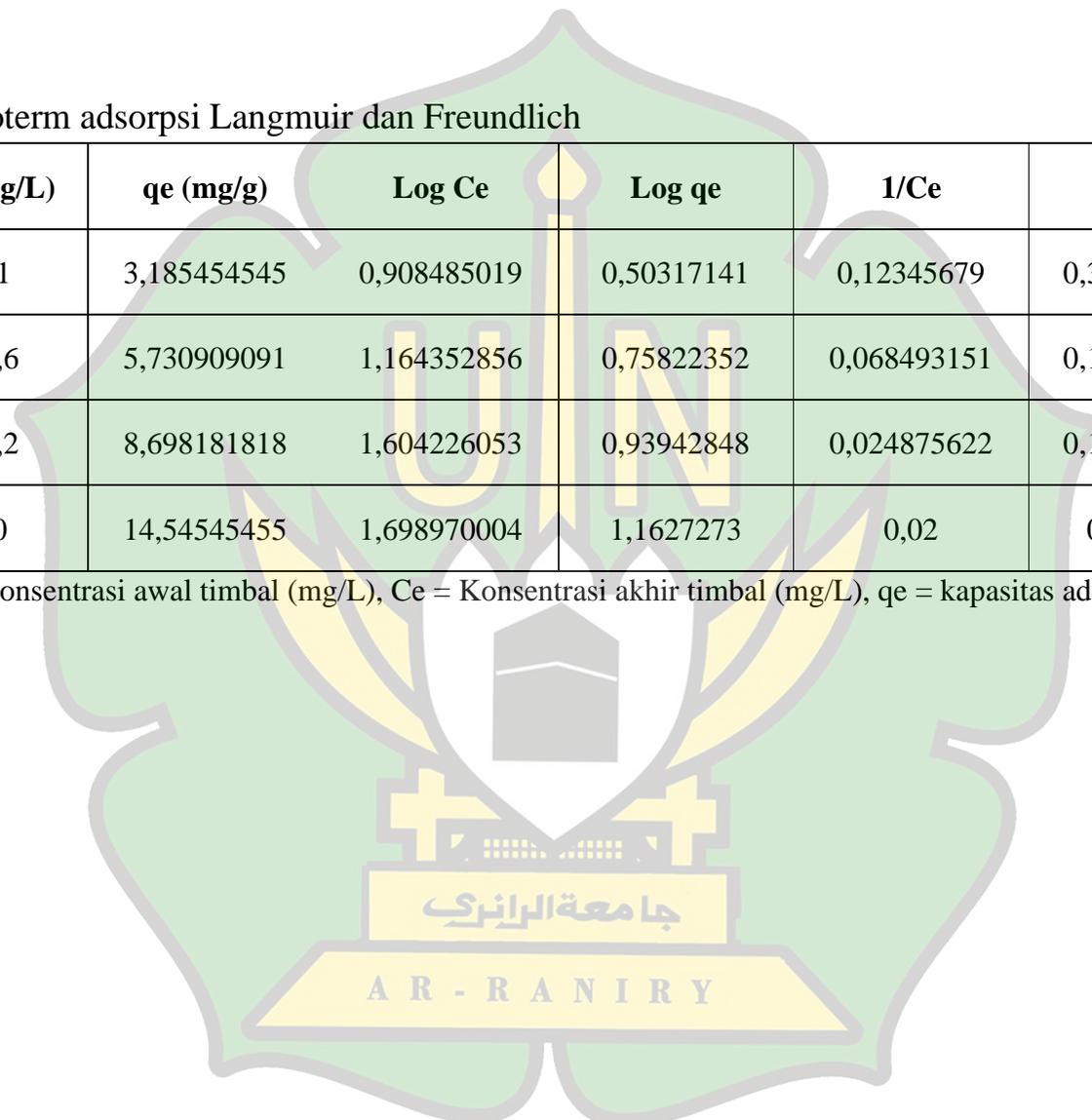
5. Data uji massa optimum adsorben adsorpsi timbal

Waktu Kontak (Menit)	Massa nano (g)	Pb awal (ppm)	Pb akhir (ppm)	pH larutan	Volume larutan (L)	q <sub>e</sub>	% Removal
60	0,05	54	8,651	9	0,08	72,5584	83,98
	0,3	54	5,617	9	0,08	12,90213333	89,60
	0,55	54	4,858	9	0,08	7,147927273	91,00
	0,8	54	6,386	9	0,08	4,7614	88,17

6. Parameter Isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Co (mg/L)	Ce(mg/L)	qe (mg/g)	Log Ce	Log qe	1/Ce	1/qe
30	8,1	3,185454545	0,908485019	0,50317141	0,12345679	0,31392694
54	14,6	5,730909091	1,164352856	0,75822352	0,068493151	0,17449239
100	40,2	8,698181818	1,604226053	0,93942848	0,024875622	0,11496656
150	50	14,54545455	1,698970004	1,1627273	0,02	0,06875

Keterangan: Co = Konsentrasi awal timbal (mg/L), Ce = Konsentrasi akhir timbal (mg/L), qe = kapasitas adsorpsi (mg/g).



Lampiran 3: Dokumentasi penelitian



Preparasi ekstrak tanaman selada



Preparasi ekstrak tanaman selada



Titrasi nikel kedalam ekstrak selada



Preparasi larutan nikel



penyaringan ekstrak selada yang sudah dititrasi nikel



Pengadukan ekstrak selada dengan nikel



Pelet hasil dari sentrifuge



Sentrifuge NiO



Proses Penggerusan serbuk NiO



Hasil setelah dioven



Proses penambahan adsorben kelarutan timbal



Nanopartikel NiO



Pembuatan larutan standar timbal



Proses adsorpsi menggunakan sheker



Pengujian adsorpsi timbal menggunakan AAS



Pengujian adsorpsi timbal menggunakan AAS

جامعة الرانري

AR - RANIRY