

**SKRIPSI**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT NIKEL (Ni) DAN BESI (Fe)  
PADA DAGING IKAN NILA *Oreochromis niloticus* L. DI DANAU  
MATANO LUWU TIMUR**



**Disusun dan diajukan oleh:**

**NI KADE FIONIKA CINTYA**

**H041191053**

**DEPARTEMEN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT NIKEL (Ni) DAN BESI (Fe)  
PADA DAGING IKAN NILA *Oreochromis niloticus* L. DI DANAU  
MATANO LUWU TIMUR**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelas Sarjana  
Sains pada Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan  
Alam Universitas Hasanuddin*

**NI KADE FIONIKA CINTYA**

**H041191053**

**DEPARTEMEN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

### ANALISIS KANDUNGAN LOGAM BERAT NIKEL (Ni) DAN BESI (Fe) PADA DAGING IKAN NILA *Oreochromis niloticus* L. DI DANAU MATANO LUWU TIMUR

Disusun dan diajukan oleh:

NI KADE FIONIKA CINTYA


H041191053

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Program Sarjana Program Studi Biologi Fakultas Matematika  
dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 06 Juni 2023  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pertama

  
Dr. Anbeng, M.Si.

NIP.196507041992031004

  
Drs. Munif S. Hassan, M.S.

NIP.195805101984031002

Ketua Program Studi,

  
Dr. Magdalena Litaav, M.Sc.

NIP. 196409291989032002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ni Kade Fionika Cintya  
NIM : H041191053  
Program Studi : Biologi  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul: Analisis Kandungan Logam Berat Nikel (Ni) dan Besi (Fe) pada Daging Ikan Nila *Oreochromis niloticus* L. Di Danau Matano Luwu Timur adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila di kemudian hari Skripsi saya ini terbukti bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 06 Juni 2023

Yang menyatakan



Ni Kade Fionika Cintya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa/Tuhan Yang Maha Esa, atas Asung Kertha Wara Nugraha-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Analisis Kandungan Logam Berat Nikel (Ni) dan Besi (Fe) pada Daging Ikan Nila *Oreochromis niloticus* L. Di Danau Matano Luwu Timur**” sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari akan kekurangan atau keterbatasan, pengetahuan, pengalaman dan kemampuan yang penulis miliki. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam menyempurnakan skripsi ini. Terlepas dari itu penulis mengharapkan agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi berbagai macam pihak.

Dalam penyusunan skripsi ini sampai selesai, tentunya tidak lepas dari bimbingan, dukungan, kerja sama, bantuan, dan doa dari berbagai pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Hasanuddin Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Si., beserta staf
2. Bapak Dr. Eng Amiruddin, M.Sc., selaku Dekan Fakultas MIPA Universitas Hasanuddin, dan kepada seluruh staf yang telah membantu penulis dalam urusan akademik dan administrasi.

3. Ibu Dr. Magdalena Litaay, M.Sc., selaku ketua Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin. Terima kasih atas ilmu, kontribusi dan saran kepada penulis.
4. Bapak Dr. Ambeng, M.Si. dan Drs. Munif S. Hassan, M.S. selaku dosen pembimbing atas seluruh bantuan berupa bimbingan dan nasehat yang sangat membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Dirayah R Husain, DEA., selaku penguji sekaligus penasehat akademik yang telah banyak memberi nasehat mulai dari awal perkuliahan di Universitas Hasanuddin. Terimakasih juga atas ilmu, kritikan dan saran yang diberikan.
6. Ibu Dr. Irma, Andriani, S.Pi., M.Si., yang senantiasa memberikan saran terhadap perbaikan skripsi penulis sehingga menjadi lebih baik.
7. Seluruh bapak/ibu dosen Departemen Biologi yang telah membimbing serta memberikan ilmunya dengan tulus dan sabar kepada penulis selama proses perkuliahan, serta staf pegawai Departemen Biologi yang turut serta banyak membantu penulis dalam penyelesaian administrasi maupun memberikan dukungan kepada penulis selama ini.
8. Bapak Alvin dan ibu Sri selaku Staff Laboratorium Kimia Kesehatan Makassar yang telah banyak membantu dalam proses berlangsungnya penelitian penulis.
9. Bapak Jihadin Peruge selaku Kepala Desa Sorowako yang telah banyak memberikan arahan dan bantuan dalam proses pengambilan sampel di Danau Matano.

10. Teristimewa kepada orang tua penulis I Ketut Sumo Aryanto dan Ni Kadek Sukmawati yang telah memberikan semangat, doa serta kasih sayang dan membantu dalam bentuk material sehingga penulis berhasil menyelesaikan skripsi ini dengan baik, serta sanak saudara penulis Fingky, Ebi, Febyan dan Fania
11. Kepada sahabat penulis Komang Anita yang senantiasa menjadi pendengar keluh kesah penulis dan selalu memberikan nasehat maupun dukungan hingga saat ini.
12. Kepada teman-teman KKN posko Puncak Indah, terimakasih atas pengalaman berharga dan dukungan yang diberikan.
13. Kepada teman-teman biologi angkatan 2019, khususnya Nurul Sakinah terimakasih atas kebersamaan selama menempuh pendidikan dari mahasiswa baru hingga saat ini dan juga atas dukungan yang diberikan kepada penulis.

Akhir kata Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan skripsi ini dari awal sampai akhir.

Makassar, 06 Juni 2023

Penulis

Ni Kade Fionika Cintya

## ABSTRAK

Logam berat di perairan dipandang sebagai unsur yang berbahaya pada kandungan tertentu, baik untuk organisme perairan (ikan) dan manusia. Logam berat memiliki sifat toksik yang sulit larut dalam air sehingga mempermudah terjadinya pencemaran pada perairan. Masuknya logam berat ke dalam perairan dapat diakumulasi oleh biota seperti ikan dan akan memberikan dampak negatif bagi manusia yang mengkonsumsinya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Februari 2023 yang bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat nikel (Ni) dan besi (Fe) pada daging ikan nila *Oreochromis niloticus* L. di danau Matano Luwu Timur. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 stasiun yaitu stasiun I (dekat pemukiman), stasiun II (dekat area tambak) dan stasiun III (dekat dermaga). Proses analisis kandungan logam berat dilakukan dengan cara proses destruksi yang kemudian dilakukan analisis menggunakan ICP-MS. Berdasarkan hasil penelitian pada stasiun I Ni 1,23  $\mu\text{g/g}$ , Fe 9,86  $\mu\text{g/g}$ , stasiun II Ni 0,59  $\mu\text{g/g}$ , Fe 9,85  $\mu\text{g/g}$  dan stasiun III Ni 0,40  $\mu\text{g/g}$ , Fe 11,12  $\mu\text{g/g}$ . Hasil analisis ini menunjukkan bahwa ikan nila *Oreochromis niloticus* L. masih layak dikonsumsi oleh masyarakat sekitar dikarenakan kandungan logam berat Ni dan Fe tidak melebihi ambang batas yang telah ditetapkan oleh WHO/FAO.

**Kata kunci:** Danau matano, ICP-MS, Ikan nila, Logam berat.



## ABSTRACT

Heavy metals in waters are seen as dangerous elements in certain concentrations, both for aquatic organisms (fish) and humans. Heavy metals have toxic properties that are difficult to dissolve in water, making it easier for water pollution to occur. The entry of heavy metals into the waters can be accumulated by biota such as fish and will have a negative impact on humans who consume them. This research was conducted from January to February 2023 which aims to determine the content of heavy metals nickel (Ni) and iron (Fe) in the flesh of the tilapia *Oreochromis niloticus* L. in Lake Matano, East Luwu. Sampling was carried out at 3 stations, namely station I (near the settlement), station II (near the pond area) and station III (near the wharf). The process of analyzing heavy metal content was carried out by means of a destruction process which was then analyzed using ICP-MS. Based on the results of research at station I Ni 1.23 µg/g, Fe 9.86 µg/g, station II Ni 0.59 µg/g, Fe 9.85 µg/g and station III Ni 0.40 µg/g, Fe 11.12 µg/g. The results of this analysis indicate that the tilapia *Oreochromis niloticus* L. is still suitable for consumption by the surrounding community because the content of heavy metals Ni and Fe does not exceed the threshold set by WHO/FAO.

**Keywords:** Heavy metals, ICP-MS, Lake Matano, Tilapia.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Tujuan Penelitian .....	3
I.3 Manfaat Penelitian .....	4
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
II.1 Danau Matano .....	5
II.2 Pencemaran Perairan .....	7
II.3 Logam Berat .....	8
II.3.1 Logam Berat Nikel (Ni) .....	10
II.3.2 Logam Berat Besi (Fe) .....	11
II.4 Ikan Nila <i>Oreochromis niloticus</i> L.....	13
II.5 <i>Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry</i> (ICP-MS) .....	16

<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
III.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	19
III.1.1 Alat.....	19
III.1.2 Bahan .....	19
III.2 Prosedur Penelitian.....	19
III.2.1 Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel .....	19
III.2.2 Pengambilan Sampel.....	20
III.2.3 Tahap Preparasi Sampel.....	20
III.2.4 Pembuatan Larutan Standar .....	21
III.2.5 Pembuatan Kurva Kalibrasi dan Pengukuran Kadar Nikel dan Besi Menggunakan ICP-MS .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>23</b>
IV.1 Hasil .....	23
IV.1.1 Linearitas Kurva Kalibrasi.....	23
IV.1.2 Kandungan Logam Berat Nikel dan Besi Pada Ikan Nila <i>Oreochromis             niloticus</i> L. ....	24
IV.2 Pembahasan.....	26
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>31</b>
V.1 Kesimpulan .....	31
V.2 Saran.....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>32</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Ikan Nila <i>Oreochromis niloticus</i> L. (dokumentasi pribadi).....	14
<b>Gambar 2.</b> ICP-MS (dokumentasi pribadi) .....	17
<b>Gambar 3.</b> Skema alat ICP-MS (Silalahi & Purwanti, 2021).....	18
<b>Gambar 4.</b> Peta titik lokasi pengambilan sampel ikan nila <i>Oreochromis niloticus</i> L. di Danau Matano, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan.....	20
<b>Gambar 5.</b> Kurva Kalibrasi Larutan standar Ni.....	23
<b>Gambar 6.</b> Kurva Kalibrasi Larutan standar Fe.....	24
<b>Gambar 7.</b> Diagram Hasil Uji Kandungan Logam Berat Ni dan Fe Pada Daging Ikan Nila <i>Oreochromis niloticus</i> L.....	26

## DAFTAR TABEL

**Tabel 1.** Kadar logam nikel (Ni) dan besi (Fe) pada daging Ikan Nila *Oreochromis niloticus* L. di Danau Matano, Luwu Timur Sulawesi Selatan ..... 25

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Skema Kerja pengambilan sampel ikan nila.....	37
<b>Lampiran 2.</b> Skema kerja preparasi sampel.....	38
<b>Lampiran 3.</b> Skema Pembuatan larutan standar nikel (Ni) .....	39
<b>Lampiran 4.</b> Skema Pembuatan larutan standar besi (Fe).....	40
<b>Lampiran 5.</b> Sampel ikan nila <i>Oreochromis niloticus</i> L. pada masing-masing stasiun.....	41
<b>Lampiran 6.</b> Hasil uji lab kandungan logam berat pada ikan nila.....	42
<b>Lampiran 7.</b> Perhitungan konsentrasi logam berat pada ikan nila .....	43
<b>Lampiran 8.</b> Intensitas Larutan Standar Ni dan Fe berbagai konsentrasi.....	45
<b>Lampiran 9.</b> Kurva kalibrasi logam Ni dan Fe pada berbagai konsentrasi .....	47
<b>Lampiran 10.</b> Kegiatan selama penelitian .....	48
<b>Lampiran 11.</b> Penampakan lokasi pengambilan sampel ikan nila <i>Oreochromis niloticus</i> L. ....	50

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Pencemaran air adalah suatu perubahan keadaan di suatu tempat penampungan air seperti danau, sungai, lautan dan air tanah akibat aktivitas manusia (Budhiawan *et al.*, 2022). Berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, bahwa pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui Baku Mutu Air yang ditetapkan. Bahan pencemaran air dapat berasal dari limbah industri, limbah rumah tangga, dan limbah pertanian. Limbah industri merupakan salah faktor yang paling besar dalam pencemaran air.

Salah satu industri terbesar di Sorowako adalah PT Vale Indonesia, Tbk. yang terletak di Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. PT. Vale Indonesia, Tbk. merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan sebagai penghasil bijih nikel terbesar di Indonesia (Ma'rief, 2020). Dari pengolahan nikel tersebut menghasilkan limbah atau slag dalam Jumlah yang cukup banyak dan terus bertambah seiring dengan produksi yang meningkat. Limbah nikel atau slag tersebut memiliki kandungan besi, dimana slag tersebut adalah hasil dari pembakaran biji nikel (Supit *et al.*, 2021). Jumlah slag nikel yang dihasilkan PT. Vale setiap minggu mencapai 48.679 ton (Majalis dkk., 2020).

Dalam kawasan kompleks industri nikel PT Vale terdapat salah satu danau yang dikenal dengan Danau Matano, merupakan danau tektonik purba yang cukup unik di Indonesia. Danau dengan panjang 31 km, lebar 6,5 km dan luas sebesar 164 km<sup>2</sup> terletak pada ketinggian 382 m dpl dengan kedalaman maksimum sekitar 590 m serta merupakan danau terdalam di Asia Tenggara (Sentosa *et al.*, 2017). Saat ini, Danau Matano sudah terindikasi masuknya ikan asing yang bersifat invasif dan mendominasi struktur komunitas ikan. Salah satu ikan asing tersebut adalah ikan nila *Oreochromis niloticus*. Di Indonesia ikan nila bersifat invasif dan tidak terkendali ke penjuru wilayah karena ikan nila mudah berkembang biak dan mudah mengalami pertumbuhan (Dailami *et al.*, 2021). Keberadaan ikan nila yang cukup banyak di danau matano menjadikan jenis ikan ini banyak ditangkap untuk dikonsumsi.

Secara alami, logam berat berasal dari bebatuan atau pun tanah yang terdapat kandungan logam berat. Secara non alami, logam berat dapat berasal dari aktivitas Industri dan aktivitas warga yang bertempat tinggal di sekitar Danau Matano. Keberadaan PT Vale sebagai perusahaan tambang yang lokasinya berjarak sekitar 5 Km dengan danau matano dapat menjadi potensi perairan tersebut tercemar logam berat. Namun, Untuk menanggulangi hal ini, PT Vale memiliki program pengelolaan air limbah yang dilakukan dari hulu hingga hilir. Mulai dari area tambang aktif hingga tempat aliran akhir air limbah dikelola sesuai standar yang ditetapkan.

Pada lingkungan perairan, unsur-unsur logam walaupun kadarnya relatif rendah dapat diabsorpsi secara biologik oleh hewan air dan penyerapan tersebut



akan terlibat dalam sistem jaringan makanan. Ikan diketahui sebagai bahan pangan salah satu sumber masuknya logam berat dalam tubuh manusia. Senyawa logam bisa masuk dengan sangat mudah dan cepat dalam tubuh dan dapat terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme air (Yakub, 2015). Proses bioakumulasi logam berat pada ikan bisa terjadi secara fisis maupun biologis (biokimia). Proses fisis berupa menempelnya senyawa logam berat pada bagian tubuh, luar tubuh, insang dan lubang-lubang membran lainnya yang berasal dari air maupun dari senyawa yang menempel pada partikel. Proses biologis terjadi melalui proses rantai makanan dan tidak menutup kemungkinan terabsorbsinya logam berat yang sebelumnya hanya menempel (Kariada & Martuti, 2012). Kandungan logam berat pada ikan yang melebihi ambang batas dapat membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsinya karena bersifat racun dalam tubuh.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian ini untuk mengetahui kandungan logam berat nikel (Ni) dan besi (Fe) pada daging ikan nila *Oreochromis niloticus* L. di danau Matano Luwu Timur.

## **I.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kandungan logam berat nikel (Ni) dan besi (Fe) pada daging ikan nila *Oreochromis niloticus* L. di danau Matano Luwu Timur.

### **I.3 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini yaitu sebagai sumber informasi ilmiah mengenai tingkat kandungan logam berat nikel (Ni) dan besi (Fe) pada daging ikan nila *Oreochromis niloticus* L. di danau Matano Luwu Timur.

### **I.4 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari hingga Februari 2023. Pengambilan sampel berlokasi di danau Matano Kabupaten Luwu Timur dan analisis data dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **II.1 Danau Matano**

Danau adalah badan air yang terbentuk secara alami, berupa genangan air yang sangat besar. Danau adalah cekungan yang tercipta akibat peristiwa alam atau sengaja dibuat oleh manusia untuk menampung air dari hujan, mata air, atau sungai. Danau adalah kumpulan air (tawar atau asin) di wilayah yang cukup luas, yang dapat terjadi sebagai akibat dari pencairan gletser, aliran sungai, atau karena adanya mata air. Danau adalah cekungan di permukaan bumi yang berisi air. Danau dapat memiliki manfaat dan fungsi seperti mengairi sawah, peternakan dan kebun, menjadi tempat wisata, menjadi pembangkit listrik tenaga air atau menjadi tempat usaha nelayan setempat, sebagai sumber air bagi organisme di sekitarnya dan juga untuk pengendalian banjir dan erosi (Aprilia, 2021).

Danau Matano yang terletak di Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan merupakan danau tektonik purba yang cukup unik di Indonesia. Danau ini memiliki kedalaman 500 meter, 382 meter di antaranya di atas permukaan laut serta mempunyai luas 25.000 Ha, yang memiliki ribuan mata air, sehingga diperkirakan tidak akan pernah mengalami kekeringan dan memiliki air yang sangat jernih. Danau Matano terbentuk akibat gempa bumi sehingga danau ini disebut danau Tektonik (Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2008). Menurut World Wildlife Found (WWF, 2009), Danau Matano adalah danau terdalam di Asia Tenggara dan terdalam kedelapan di dunia serta merupakan bukti ekologi dunia karena danau ini telah berusia 5 juta tahun (Achmad *et al.*, 2020).

Selain karakter fisiknya, danau tersebut bersama dengan danau-danau lainnya di Kompleks Danau Malili (Mahalona, Towuti, Wawantoa dan Masapi) memiliki tingkat endemisitas organisme yang cukup tinggi sehingga Herder & Schliewen (2010) menjulukinya “*Wallace’s dreamponds*”, yaitu suatu laboratorium alam untuk mengkaji teori biologi evolusi. Walaupun kaya akan keanekaragaman hayati, Danau Matano merupakan danau yang kurang subur (oligotrofik) karena konsentrasi hara sangat rendah dimana total P < 0,2  $\mu\text{mol L}^{-1}$  dan total N < 5  $\mu\text{mol L}^{-1}$  dan Ekspedisi Indodanau selama tahun 1991-1994 juga mencatat komunitas fitoplankton yang sangat rendah di Danau Matano yang menunjukkan keanekaragaman jenis fitoplankton yang relatif lebih sedikit dibandingkan di perairan lainnya (Lehmusluoto *et al.*, 1997 dalam Sentosa, *et al.*, 2017).

Komposisi jenis ikan endemik di Danau Matano sangat bervariasi diantaranya dari Famili *Telmatherinidae*, Famili *Adrianichthyidae*, dan Famili *Hemiramphidae*. Danau Matano memiliki keanekaragaman spesies endemik yang tinggi, juga beberapa genus khas karena banyaknya spesies endemik menghuni danau tersebut. Terdapat 9 famili ikan (*Clariidae*, *Hemiramphidae*, *Oryziidae*, *Aplocheilidae*, *Poeciliidae*, *Telmatherinidae*, *Gobiidae*, *Anabantidae*, *Channidae*) yang terdiri atas 19 spesies dan beberapa di antaranya merupakan spesies endemik (Chadijah *et al.*, 2022).

Fungsi danau Matano antara lain diantaranya untuk transportasi air, pariwisata, dan air minum. Selain fungsi tersebut danau ini juga dimanfaatkan masyarakat sekitar untuk usaha perikanan yaitu dengan cara menangkap ikan menggunakan jaring tangkap dan pancing. Danau Matano merupakan sumber

daya alam yang sangat potensial maka perusahaan tambang nikel terbesar kedua dunia, PT. INCO (kini PT Vale Indonesia) memanfaatkan Sungai Larona yang berhulu dari Danau Matano sebagai pembangkit listrik tenaga air (PLTA) untuk pemanfaatan di pabrik, dan juga untuk digunakan oleh masyarakat (BRPSDI, 2016 dalam Sukamto *et al.*, 2018).

## **II.2 Pencemaran Perairan**

Air sebagai salah satu sumber daya alam non-hayati (tidak hidup) adalah sumber daya alam yang terdapat di atas permukaan bumi dan di bawah permukaan bumi (Soewarno 2000 dalam Sallata, 2015). Air merupakan salah satu unsur penting yang menjadi kebutuhan utama bagi makhluk hidup yang berada di permukaan bumi. Air sangat diperlukan baik dalam kegiatan sehari-hari mulai dari memasak, mencuci, mandi, makan dan minum serta kegiatan lainnya seperti industri dan pertanian (Noor *et al.*, 2019).

Pencemaran lingkungan (*environmental pollution*) merupakan satu dari berbagai faktor yang dapat memengaruhi kualitas lingkungan. Undang-undang RI No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup pasal 1 ayat (12). Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dan tidak bisa diganti perannya bagi makhluk hidup. Kualitas air merupakan penentu kelangsungan kehidupan makhluk hidup kedepannya, khususnya manusia. Pencemaran air memiliki pengertian bahwa adanya penyimpangan sifat – sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurnian air tersebut (Duhupo *et al.*, 2019). Pencemaran air merupakan kondisi yang diakibatkan adanya masukan beban pencemar/limbah buangan yang berupa gas, bahan yang terlarut, dan partikulat. Pencemar yang

masuk ke dalam badan perairan dapat dilakukan melalui atmosfer, tanah, limpasan/run off dari lahan pertanian, limbah domestik, perkotaan, industri, dan lain-lain (Liku *et al.*, 2022).

Pencemaran air terjadi pada badan air seperti danau, sungai, laut dan air tanah sebagai akibat dari aktivitas manusia. Air dianggap tercemar jika tidak dapat digunakan sebagaimana mestinya. Meskipun fenomena alam seperti letusan gunung berapi, pertumbuhan gulma yang cepat, badai dan gempa bumi merupakan penyebab utama perubahan kualitas air, fenomena ini tidak dapat tidak dapat disalahkan sebagai penyebab pencemaran air. Pencemaran air ini dapat disebabkan oleh limbah industri, perumahan, pertanian, domestik, industri dan perikanan beracun. Polutan industri, termasuk polutan organik (limbah cair), polutan anorganik (padatan, logam berat), residu bahan bakar, emisi minyak tanah dan minyak, merupakan sumber utama pencemaran air (Budhiawan *et al.*, 2022).

### **II.3 Logam Berat**

Logam menurut pengertian orang awam adalah barang yang padat dan berat yang biasanya selalu digunakan oleh orang untuk perhiasan, yaitu besi, baja, emas, dan perak. Padahal masih banyak logam lain yang penting dan sangat kecil serta berperan penting dalam proses biologis makhluk hidup misalnya, selenium, kobalt, mangan dan beberapa unsur lainnya. Dalam skala periodik, ada 94 dari 106 unsur tergolong dalam unsur logam. Logam itu sendiri digolongkan kedalam dua kategori, yaitu logam berat dan logam ringan (Wulandari *et al.*, 2016).

Logam berat adalah unsur logam dengan berat/massa atom tinggi. Dalam kajian lingkungan logam dikategorikan menjadi logam berat jika memiliki berat

jenis lebih besar dari 5 g/ml. Logam berat dapat bersumber pada aktivitas alam (*geogenic*) dan aktivitas manusia (*anthropogenic*) (Suharjo & Ernawati, 2022). Logam berat merupakan bahan pencemar yang berbahaya karena bersifat toksik. Logam berat yang ada dalam perairan akan mengalami proses pengendapan dan terakumulasi dalam sedimen, kemudian terakumulasi dalam tubuh biota laut yang ada dalam perairan, baik melalui insang maupun melalui rantai makanan dan akhirnya akan sampai pada manusia. Fenomena ini dikenal sebagai bioakumulasi atau biomagnifikasi yaitu proses biologi yang terjadi pada organisme dengan mengendapkan logam berat pada tubuh organisme melalui rantai makanan (Amriani, 2011 dalam Setiawan, 2014).

Jika konsentrasi logam berat dalam perairan terlalu rendah dapat menyebabkan kehidupan organisme mengalami defisiensi, tetapi jika unsur logam berat terlalu tinggi dapat menjadi racun. Salah satu sifat logam berat adalah sulit terurai, sehingga mudah terakumulasi di lingkungan perairan dan keberadaannya secara alami sulit terurai (dihilangkan), dapat terakumulasi dalam organisme, baik kerang maupun ikan, dan akan berbahaya terhadap kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air, karena pergerakan masa air yang akan melarutkan kembali logam yang dikandungnya ke dalam air, sehingga sedimen menjadi sumber pencemar potensial dalam skala waktu tertentu (Sutamihardja *et al.*, 1982 dalam Utami *et al.*, 2018).

Logam berat dapat berpindah dari lingkungan ke organisme dan dari satu organisme ke organisme lain melalui rantai makanan. Logam berat yang ada di

dalam air pada akhirnya akan jatuh dan mengendap di dasar perairan, membentuk sedimen dan hal ini akan mempengaruhi kelangsungan hidup organisme yang ada di sana dimana biota laut mencari makan di dasar perairan (udang, kerang) akan berisiko sangat tinggi terhadap kontaminasi logam berat. Logam berat juga mudah terakumulasi ke dalam tubuh ikan. Logam berat akan menumpuk pada organ tubuh ikan. Selanjutnya ikan mengalami gangguan pada organ- organ pernapasan hingga mengalami kematian. Ini juga berbahaya bagi masyarakat yang tinggal di sekitarnya dan terutama mereka yang mengonsumsi makanan laut yang terkontaminasi logam berat (Utami *et al.*, 2018).

Logam berat memiliki sifat toksik atau beracun dan esensial terlarut dalam air, yang dapat mencemari air tawar dan air laut. Sumber pencemaran logam berat banyak berasal dari pertambangan, pemurnian logam, dan industri lainnya, dan juga dapat berasal dari kegiatan pertanian yang menggunakan pupuk yang mengandung logam. Pencemaran logam berat dapat merusak ekosistem di badan air ditinjau dari populasi dan keanekaragaman hayati di badan air. Rusaknya ekosistem perairan akibat pencemaran logam berat dapat ditentukan oleh berbagai faktor, yaitu luas dan jumlah logam berat yang masuk ke perairan. Pencemaran logam berat juga dapat menyebabkan perubahan bentuk dan keadaan fisik struktur perairan, seperti rasa, warna, bau, dan kekentalan (Bubala *et al.*, 2019).

### **II.3.1 Logam Berat Nikel (Ni)**

Nikel merupakan logam padat yang berwarna perak putih, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi. Nikel tahan terhadap Korosi udara, air, alkali, tetapi mudah larut pada  $\text{pH} < 6,5$  dalam asam pengoksidasi encer



(Wulandari *et al.*, 2021). Nikel merupakan logam yang tahan terhadap korosi dan oksidasi pada suhu tinggi, sehingga dapat digunakan untuk membuat baja tahan karat (Sari & Diky, 2016). Menurut Sukandarrumidi 2009 (Aprilia, 2021) menjelaskan mengenai logam berat nikel sebagai berikut: Nikel merupakan logam yang cukup keras dengan warna putih mengkilap. Nikel di kerak bumi < 0,002%. Kandungan Ni dalam limbah mencemari tanah, air dan tanaman. Kadar nikel dalam tanah bisa mencapai 5-500ppm, sedangkan kadar nikel dalam air tanah mencapai 0,005-0,05ppm, dan kadar nikel dalam tumbuhan <1ppm.

Nikel dalam konsentrasi minimum dibutuhkan untuk tubuh manusia, tetapi jika melebihi batas dapat berbahaya bagi manusia (Kurniawan & Redha, 2021). Nikel dalam jumlah kecil pada manusia diakui sebagai nutrisi penting bagi sejumlah mikroorganisme, spesies tumbuhan dan hewan. Nikel diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang tepat dan memainkan peran penting dalam berbagai fungsi morfologi dan fisiologis, termasuk perkecambahan dan hasil biji (Genchi *et al.*, 2020). Nikel jika masuk ke dalam tubuh manusia dalam jumlah tinggi dapat menyebabkan asma kronis, dermatitis dan kanker paru-paru. Selain itu bisa menyebabkan kanker hidung, kanker laring, kanker prostat, gangguan fungsi ginjal, bronkitis kronis saat lahir dan merusak hati (Sari & Diky, 2016).

### **II.3.2 Logam Berat Besi (Fe)**

Ferrum (Fe) atau besi adalah unsur dengan nomor atom 26, massa atom 55,847, berat jenis 7,869 g/cm kubik dan termasuk golongan VIIIB pada sistem periodik. Mempunyai titik lebur 1535 derajat Celcius, titik didih 2750 derajat

celcius (Ekawati *et al.*, 2021). Besi adalah logam berat yang keberadaannya tersebar dalam sistem hidup. Besi memiliki peran penting dalam kelangsungan hidup hewan dan tumbuh-tumbuhan, namun logam ini akan bersifat toksik apabila jumlahnya berlebih (Rahmi, 2006).

Zat besi adalah unsur yang melimpah di bumi dan merupakan komponen biologis terpenting dari setiap organisme hidup. Namun demikian, tubuh manusia tidak mampu untuk mengekresikan zat besi (Fe), sehingga orang yang sering melakukan transfusi darah, maka warna kulitnya menghitam akibat dari proses akumulasi zat besi (Fe). Air yang mengandung zat besi (Fe) dapat menimbulkan rasa mual ketika diminum. Walaupun tubuh membutuhkan zat besi, namun paparan yang berlebihan terhadap logam besi dapat menyebabkan risiko kesehatan yang merugikan seperti penyakit parkinson, huntington, kardiovaskular, hiperkeratosis, diabetes mellitus, perubahan pigmentasi, penyakit alzheimer, ginjal, hati, gangguan pernapasan, neurologis dan berujung kematian. Jika kadar zat besi  $> 1$  mg/L dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata dan jika pencemaran zat besi dalam air  $> 10$  mg/L dapat menyebabkan bau menyengat pada air seperti telur busuk (Silviana *et al.*, 2020).

Senyawa Besi (Fe) dapat mencemari lingkungan, baik di perairan maupun di tanah. Besi dalam perairan dapat dijumpai di sungai, maupun air tanah. Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas maka akan menyebabkan berbagai masalah seperti timbulnya endapan dan menyebabkan pipa menjadi korosif sehingga menyebabkan pembuntuan dan mengotori bak, wastafel dan kloset, selain itu besi yang terlarut juga dapat menimbulkan warna, bau, dan rasa

pada air. Jumlah senyawa besi ferro yang tinggi di dalam tanah dapat menyebabkan terjadinya tidak seimbangan hara mineral dalam tanah sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Noor, *et al.*, 2012).

#### **II.4 Ikan Nila *Oreochromis niloticus* L.**

Salah satu ikan yang banyak ditemukan di Danau Matano adalah ikan nila. Ikan nila merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang telah dikenal masyarakat. Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan jenis ikan air tawar yang banyak diminati oleh konsumen ikan air tawar. Usaha budidaya ikan Nila sangat berkembang pesat di Indonesia, karena pertumbuhan ikan Nila relatif cepat khususnya ikan Nila jantan, mudah dikembangkan dan efisien terhadap pemberian pakan tambahan, sehingga banyak pelaku budidaya yang membudidayakan ikan Nila. Produksi ikan Nila meningkat secara signifikan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2004 jumlah produksi ikan Nila hanya 97.116 ton, pada tahun 2007 meningkat menjadi 206.904 ton dan tahun 2008 sudah mencapai 220.900 ton ikan Nila (DKP, 2008).

Ikan nila merupakan ikan yang berasal dari sungai Nil di Benua Afrika. Secara umum, ikan nila mempunyai bentuk tubuh panjang dan ramping dengan sisik berukuran besar, menonjol, dan bagian tepinya berwarna putih. Gurat sisi (*linea lateralis*) terputus dibagian tengah badan kemudian berlanjut, tetapi letaknya lebih ke bawah dari pada letak garis yang memanjang di atas sirip dada. Jumlah sisik, dan sirip anal mempunyai jari-jari lemak tetapi keras dan tajam seperti duri. Sirip punggung dan sisip dadanya berwarna hitam. Bagian pinggir sirip punggung berwarna abu-abu atau hitam (Khairuman dan Amri, 2008).

Adapun klasifikasi ikan nila adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia  
Filum : Chordata  
Kelas : Actinopteri  
Ordo : Cichliformes  
Familia : Cichlidae  
Genus : *Oreochromis*  
Species : *Oreochromis niloticus*

(Sumber : *World Register of Marine Species*)



**Gambar 1.** Ikan Nila *Oreochromis niloticus* L. (Ramadhana, 2022)

Menurut Amri (2003), ikan nila memiliki toleransi yang tinggi terhadap lingkungan hidupnya sehingga dapat dipelihara di dataran rendah yang berair payau hingga di dataran tinggi yang berair tawar. Habitat hidup ikan nila cukup beragam, mulai dari sungai, waduk, danau, rawa, sawah, kolam hingga tambak (Qulubi, 2019). Selain itu ikan nila juga memiliki resistensi yang relatif tinggi terhadap penyakit, memiliki kemampuan tumbuh yang baik dan dapat berkembang dengan baik pada sistem budidaya yang intensif. Ikan nila merupakan jenis ikan pemakan segala (omnivora), artinya selain memakan pelet

yang diberikan, ikan nila juga memakan organisme yang ada seperti fitoplankton, zooplankton atau ikan kecil yang ada (Hidayah *et al.*, 2014).

Ikan dapat menyesuaikan diri dengan perubahan-perubahan pH perairan yang masih dalam batas normal toleransinya; tetapi ikan akan memilih suatu perairan yang mempunyai pH paling sesuai bagi kehidupannya jika ada kesempatan untuk memilih. Batas toleransi organisme akuatik adalah di antara pH 5-9, maka jika ada polutan yang mengganggu sistem buffer perairan tersebut akan dapat menimbulkan gangguan yang serius bagi organisme akuatik. Salah satu pertahanan ikan untuk menghadapi toksisitas air adalah lendir yang menempel pada tubuh ikan (Dewi *et al.*, 2014).

Terdapat tiga cara unsur logam berat bisa masuk kedalam tubuh organisme perairan yaitu melalui rantai makanan, insang, dan difusi permukaan kulit. Semakin banyak penyerapan logam berat yang terjadi maka akan semakin besar jumlah logam berat yang ada didalam tubuh organisme, proses ini disebut bioakumulasi. Pengambilan awal zat toksik oleh makhluk hidup dapat dibagi menjadi tiga proses utama yaitu : (1) dari air melalui permukaan pernafasan, misalnya insang, (2) penyerapan dari air kedalam permukaan tubuh dan (3) dari makanan, partikel atau air yang dicerna melalui sistem pencernaan. (Connell *et al.* dalam Sihombing, 2015). Edward *et al.* (2013) menyatakan bahwa dalam penelitiannya jumlah akumulasi logam berat dari yang terbesar hingga terkecil yaitu insang>ginjal>hati>daging. Bahan kimia xenobiotic menumpuk pada ikan termasuk logam berat, terutama yang larut dalam air karena ikan mengambil oksigen dari air melalui insang. Secara tidak langsung logam berat terlarut dalam

air akan masuk ke dalam tubuh biota melalui insang (Marlinda et al., 2020). Logam berat masuk ke dalam sel dan ikut didistribusikan oleh darah keseluruhan jaringan tubuh sehingga dapat terakumulasi pada organ tubuh. Sirkulasi darah menyebabkan logam berat terakumulasi di dalam dinding pembuluh darah dan jaringan ikat yang terdapat disekitar otot ikan (Yulaipi & Aunurohim., 2013).

### **II.5 *Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)***

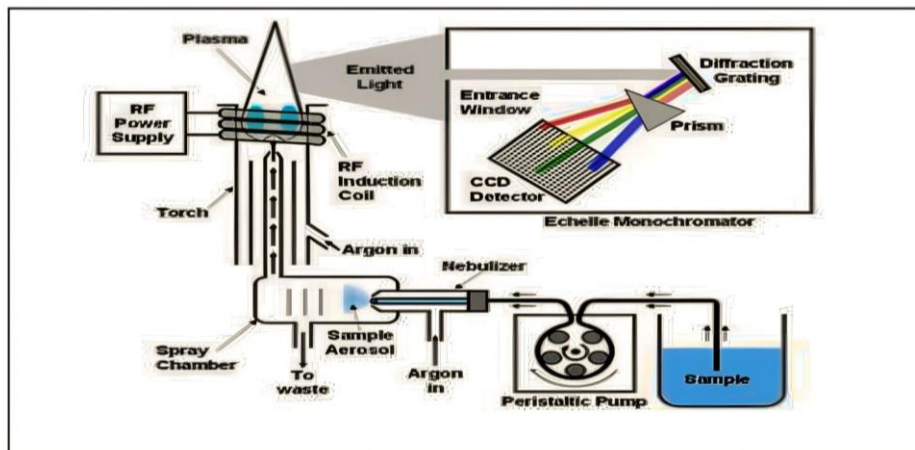
Kemajuan pada spektroskopi emisi atom dengan ditemukannya sumber eksitasi baru melahirkan teknik analisis kimia secara *Inductively Coupled Plasma (ICP)*. Sumber eksitasi pada ICP adalah plasma yang dihasilkan dari gelombang elektromagnetik pembangkit frekuensi radio melalui kumparan induksi. Sumber eksitasi ini menghasilkan nyala api dengan suhu yang tinggi sehingga sesuai untuk analisis logam berat. Analisis dengan teknik ini merupakan analisis secara simultan dengan tingkat ketelitian dan sensitifitas yang tinggi. Selain itu analisa dapat dilakukan secara cepat, mudah dan sering tidak memerlukan prekonsentrai contoh terlebih dahulu karena keselektifan yang tinggi dan limit deteksi yang rendah sampai rentang ppb. Namun demikian teknik ini masih terbatas penggunaannya hanya untuk analisa logam berat yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi tetapi berada pada tingkat konsentrasi yang rendah seperti penentuan unsur lantanida dan aktinida (Hartati, 1997, Archers, 2003 dalam Rinawati, 2008.)



**Gambar 2.** ICP-MS (dokumentasi pribadi)

Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer adalah seperangkat alat untuk menentukan unsur dan isotop secara simultan yang terkandung dalam berbagai jenis cuplikan. Alat ini adalah gabungan plasma (ICP = Inductively Coupled Plasma) sebagai sumber ionisasi dengan spektrometer massa (MS = Mass Spectrometer) sebagai pemilah dan pencacah ion. Metode analisis ini dikenal dan lazim disebut metode ICP-MS (Saryati, 2006). *Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS)* adalah teknik analitik untuk mendeteksi jejak logam dalam sampel. Prinsip kerja alat ini adalah mengukur intensitas energi yang dipancarkan oleh unsur-unsur yang mengalami perubahan tingkat energi atom. Sampel yang berbentuk larutan dihisap dan dialirkan melalui tabung kapiler ke nebulizer. Nebulizer mengubah larutan sampel menjadi bentuk aerosol. Kemudian aerosol yang telah diseleksi diangkut oleh gas argon ke dalam plasma, yang merupakan nyala listrik yang sangat panas dengan suhu sekitar  $7500^{\circ}\text{K}$ . Dalam plasma, partikel aerosol tidak larut dan molekul sampel dipisahkan

menjadi atom gas, yang kemudian tereksitasi dan terionisasi. Ion-ion ini memasuki kuadropol massa dan dipisahkan berdasarkan massa menggunakan mass analyzer (Silalahi & Purwanti, 2021).



**Gambar 3.** Skema alat ICP-MS (Silalahi & Purwanti, 2021).

Dalam penggunaannya, ada dua keuntungan utama metode ICP-MS, pertama, spektra massa yang sederhana, yaitu 1 - 10 spektrum berasal dari isotop unsur yang ada di alam; kedua, gangguan antar-unsur dapat diprediksi. Keuntungan lainnya, ICP-MS adalah metode analisis multi unsur, yaitu dalam waktu yang bersamaan banyak (lebih dari 30) unsur dapat ditentukan secara serempak, serta mempunyai batas penentuan (limit detection) yang rendah (dalam orde nanogram =  $10^{-9}$  gram). Metode ini hanya memerlukan cuplikan sedikit (dalam kuantitas puluhan hingga ratusan mg) dan dapat menentukan nisbah isotop secara cepat, hal ini disebabkan sistem pencacahan ion yang sangat cepat di dalam spektrometer massa. Lebih dari 90% unsur-unsur yang tercantum dalam tabel periodik dapat ditentukan dengan ICP-MS. Selain untuk penentuan unsur, ICP-MS juga digunakan untuk analisis isotop (menentukan kelimpahan dan/atau nisbah = perbandingan isotop suatu unsur) (Saryati, 2006)