

SKRIPSI

**ANALISIS KANDUNGAN FE, MN, DAN ZN PADA LOKASI
BEKAS TAMBANG BIJIH BESI, BONE SULAWESI SELATAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**ELFANDY THEOFILUS TINNONG
D621 16 510**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERTAMBANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

ANALISIS KANDUNGAN FE, MN, DAN ZN PADA LOKASI BEKAS TAMBANG BIJIH BESI, BONE SULAWESI SELATAN

Disusun dan diajukan oleh

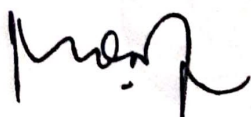
ELFANDY THEOFILUS TINNONG
D621 16 510

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertambangan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Pada tanggal 3 Juli 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, MT.
NIP 196807181993091001

Pembimbing Pendamping,



Asta Arjunoarwan Hatta, ST., MT.
NIP 199511262022043001

Ketua Program Studi,



Dr. Aryanti Virtanti Anas, ST., MT.
NIP 197010052008012026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Elfandy Theofilus Tinnong
NIM : D621 16 510
Program Studi : Teknik Pertambangan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{ANALISIS KANDUNGAN FE, MN, DAN ZN PADA LOKASI BEKAS
TAMBANG BIJIH BESI, BONE SULAWESI SELATAN}

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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

Gowa, 3 Juli 2023

Yang Menyatakan



Elfandy Theofilus Tinnong

ABSTRAK

ELFANDY THEOFILUS TINNONG. *Analisis Kandungan Fe, Mn, Dan Zn Pada Lokasi Bekas Tambang Bijih Besi, Bone Sulawesi Selatan* (dibimbing oleh Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T. dan Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T.)

Besi (Fe), mangan (Mn), dan seng (Zn) merupakan logam berat dan dikenal sebagai unsur toksik yang bisa mencemari lingkungan. Kadar logam seperti Fe, Mn dan Zn pada suatu perairan dapat menurunkan kualitas perairan terkait. Di Desa Kahu, Kecamatan Bontocani terdapat sumber daya mineral berupa bijih besi di lahan bekas tambang yang telah berhenti beroperasi. Sumber daya yang ada pada lahan bekas tambang ini memberi dampak pada kualitas perairan pada lingkungan sekitarnya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan menganalisis kandungan logam berat (Fe, Mn, Zn), membuat pemetaan pola penyebaran konsentrasi logam berat (Fe, Mn, Zn), dan menentukan nilai konsentrasi logam berat berdasarkan nilai baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI. Pengambilan data penelitian ini dilakukan dua kali yaitu saat musim kemarau pada bulan Oktober 2020 dan saat musim hujan pada bulan Juli 2021. Analisis kandungan logam berat dilakukan pada Laboratorium Kimia Anorganik Universitas Hasanuddin dengan menggunakan metode AAS. Peta sebaran konsentrasi logam berat menggunakan software Surfer dengan metode IDW. Hasil penelitian menunjukkan adanya konsentrasi logam berat pada kandungan besi (Fe) pada musim kemarau sebesar 0,37-0,7 mg/L dan pada musim hujan sebesar 0,003-1,272 mg/L. Kandungan mangan (Mn) pada musim kemarau sebesar 1,18-2,81 mg/L dan pada musim hujan sebesar 0,114-4,059 mg/L. Kandungan seng (Zn) pada musim kemarau sebesar 0,014-0,416 mg/L dan pada musim hujan sebesar 0,265-7,957 mg/L. Perbedaan musim dan pH mempengaruhi tinggi dan rendahnya konsentrasi logam berat pada lokasi penelitian. Pada pH rendah, konsentrasi Fe, Mn, dan Zn cenderung lebih tinggi, sedangkan pada pH tinggi, konsentrasi ketiganya cenderung lebih rendah. Berdasarkan konsentrasi Fe, Mn, dan Zn di beberapa stasiun penelitian menunjukkan bahwa nilai konsentrasi logam berat (Fe, Mn, Zn) telah melewati ambang batas nilai baku mutu yang telah ditentukan.

Kata Kunci: Logam berat, pencemaran lingkungan, besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn)

ABSTRACT

ELFANDY THEOFILUS TINNONG. *Analysis of Fe, Mn and Zn Content at the Location of the Former Iron Ore Mine, Bone, South Sulawesi (supervised by Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T. and Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T.)*

Iron (Fe), manganese (Mn), and zinc (Zn) are heavy metals and are known as toxic elements that can pollute the environment. Metal levels such as Fe, Mn and Zn in waters can reduce the quality of the waters concerned. In Kahu Village, Bontocani District, there are mineral resources in the form of iron ore in former mining areas that have stopped operating. The resources in this ex-mining area have an impact on the quality of the waters in the surrounding environment. The purpose of this study was to determine and analyze the content of heavy metals (Fe, Mn, Zn), to map the pattern of distribution of heavy metal concentrations (Fe, Mn, Zn), and to determine the value of heavy metal concentrations based on the quality standard value of the Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 Year 2021 Appendix VI. Data collection for this research was carried out twice, namely during the dry season in October 2020 and during the rainy season in July 2021. Analysis of heavy metal content was carried out at the Hasanuddin University Inorganic Chemistry Laboratory using the AAS method. Map of the distribution of heavy metal concentrations using Surfer software with the IDW method. The results showed that the concentration of heavy metals in the iron (Fe) content in the dry season was 0.37-0.7 mg/L and in the rainy season it was 0.003-1.272 mg/L. The content of manganese (Mn) in the dry season is 1.18-2.81 mg/L and in the rainy season it is 0.114-4.059 mg/L. The content of zinc (Zn) in the dry season is 0.014-0.416 mg/L and in the rainy season it is 0.265-7.957 mg/L. Seasonal differences and pH affect the high and low concentrations of heavy metals at the study site. At low pH, the concentrations of Fe, Mn, and Zn tend to be higher, while at high pH, the concentrations of the three tend to be lower. Based on the concentrations of Fe, Mn, and Zn at several research stations, it was shown that the concentration values of heavy metals (Fe, Mn, Zn) had exceeded the predetermined quality standard values

Keywords: Heavy metals, environmental pollution, iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kandungan Fe, Mn dan Zn Pada Lokasi Bekas Tambang Bijih Besi, Bone Sulawesi Selatan”. Skripsi ini disusun untuk mengaplikasikan ilmu yang didapatkan selama berkuliah di Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin untuk diajukan sebagai syarat menyelesaikan studi.

Melalui kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Eng. Ir. Muhammad Ramli, M.T., selaku pembimbing I dan Bapak Asta Arjunoarwan Hatta, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan arahan, saran, dan masukan kepada penulis dalam menyusun dan menyelesaikan laporan penelitian ini.

Ucapan terima kasih dari penulis untuk orang tua tercinta, Lydia Arungpadang serta keluarga atas semua dukungannya baik moril, materil serta doa restu yang senantiasa tiada hentinya yang menjadi sumber semangat bagi penulis sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terima kasih penulis ucapkan kepada anggota LBE lingkungan yang telah terlibat dalam penyusunan skripsi ini serta bantuan dalam proses pengerjaan dan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan keterbatasan selama penelitian dan dalam penyusunan skripsi, sehingga kritik dan saran sangat penulis harapkan guna menutupi kekurangan dan keterbatasan penulis dalam penyusunan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pembaca.

Gowa, Juni 2023

Elfandy Theofilus Tinnong

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II PENCEMARAN LOGAM BERAT AKIBAT DARI LINGKUNGAN PERTAMBANGAN	4
2.1 Air Limpasan	4
2.2 Void.....	6
2.3 Pengertian tentang pH.....	8
2.4 Sumber Pencemaran.....	8
2.5 Pencemaran Air.....	9
2.6 Faktor Pencemaran Air	12
2.7 Indikator Pencemaran Air	13
2.8 Logam Berat.....	16
2.9 Logam Berat di Perairan	18
2.10 Baku Mutu Lingkungan	20
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Lokasi Penelitian.....	21
3.2 Benda Uji dan Alat.....	21
3.3 Tahapan Penelitian.....	23
3.4 Pengambilan Data	24
3.5 Pengolahan Data	26
3.6 Diagram Alir Penelitian	32
BAB IV ANALISIS KANDUNGAN UNSUR LOGAM BERAT (FE, MN, ZN) DARI LAHAN BEKAS TAMBANG BIJIH BESI.....	34
4.1. Keadaan Fisik Lokasi Penelitian.....	34
4.2 Area Geologi Daerah Penelitian	35
4.3 Analisis Konsentrasi Fe, Mn, dan Zn di Daerah Penelitian.....	38
4.4 Peningkatan dan Penurunan Unsur Fe, Mn, dan Zn Akibat Perbedaan Musim	42
4.5 Pola Penyebaran Unsur Fe, Mn, dan Zn menggunakan Surfer.....	48
4.6 Konsentrasi Fe, Mn, dan Zn berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021	54
BAB V KESIMPULAN	60

5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	21
Gambar 3.2 Botol plastik	22
Gambar 3.3 pH meter digital.....	22
Gambar 3.4 GPS	23
Gambar 3.5 Pengambilan Sampel.....	25
Gambar 3.6 Data Microsoft Excel untuk membuat peta sebaran logam berat.....	28
Gambar 3.7 Metode grid Kriging.....	29
Gambar 3.8 Hasil gridding.....	29
Gambar 3.9 Peta sebaran tanpa warna	30
Gambar 3.10 Peta sebaran dengan warna	30
Gambar 3.11 Export peta surfer	31
Gambar 3.12 Peta daerah penelitian.....	31
Gambar 3.13 Hasil peta sebaran logam berat.....	32
Gambar 3.14 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 4.1 Peta geologi daerah penelitian.....	36
Gambar 4.2 Peta Topografi	37
Gambar 4.3 Grafik perbedaan konsentrasi Fe akibat pengaruh musim	44
Gambar 4.4 Grafik perbedaan konsentrasi Mn akibat pengaruh musim.....	45
Gambar 4.5 Grafik perbedaan konsentrasi Zn akibat pengaruh musim.....	47
Gambar 4.6 Pola penyebaran unsur Fe pada musim kemarau	50
Gambar 4.7 Pola penyebaran unsur Fe pada musim hujan	50
Gambar 4.8 Pola penyebaran unsur Mn pada musim kemarau.....	52
Gambar 4.9 Pola penyebaran unsur Mn pada musim hujan.....	52
Gambar 4.10 Pola penyebaran unsur Zn pada musim kemarau.....	54
Gambar 4.11 Pola penyebaran unsur Zn pada musim hujan.....	54
Gambar 4.12 Grafik perbandingan konsentrasi Fe berdasarkan nilai baku mutu .	55
Gambar 4.13 Grafik perbandingan konsentrasi Mn berdasarkan nilai baku mutu	56
Gambar 4.14 Grafik perbandingan konsentrasi Zn berdasarkan nilai baku mutu.	57
Gambar 4.15 Grafik pH berdasarkan nilai baku mutu	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.2 Nilai Baku Mutu	20
Tabel 4.1 Data sampel pertama hasil laboratorium pada musim kemarau	38
Tabel 4.2 Data sampel kedua hasil laboratorium pada musim hujan.....	39
Tabel 4.3 Data Curah Hujan Tahun 2017-2021	43
Tabel 4.4 pH sampel penelitian.....	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Laboratorium Metode AAS	63
Lampiran 2 Peta Lokasi Penelitian	66
Lampiran 3 Peta Geologi	68
Lampiran 4 Peta Topografi	70
Lampiran 5 Peta Sebaran Kandungan Unsur Fe, Mn, Dan Zn.....	72
Lampiran 6 Dokumentasi Lapangan	79

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tambang bijih besi adalah lokasi atau wilayah dimana dilakukan kegiatan penambangan atau ekstraksi bijih besi dari tanah atau batuan yang mengandung mineral besi. Bijih besi adalah mineral yang mengandung kadar besi yang cukup tinggi dan digunakan sebagai bahan baku utama dalam produksi baja.

Proses penambangan bijih besi biasanya dilakukan dengan teknik tambang terbuka atau tambang bawah tanah. Pada tambang terbuka, bijih besi diekstraksi dari permukaan tanah dengan cara menggali atau mengebor lapisan tanah atau batuan yang mengandung bijih besi.

Kegiatan pertambangan bijih besi dapat menyebabkan berbagai bentuk pencemaran lingkungan, termasuk pencemaran oleh logam berat. Beberapa logam berat yang sering ditemukan di lokasi tambang dan dapat mencemari lingkungan meliputi besi (Fe), mangan (Mn) dan seng (Zn).

Pencemaran yang berbahaya antara lain adalah pencemaran logam berat. Logam berat merupakan salah satu jenis zat polutan lingkungan yang paling umum dijumpai dalam perairan. Logam berat ini juga dapat berdampak negatif terhadap manusia yang menggunakan air tersebut dan organisme yang ada di dalam sungai. Adanya kandungan logam berat dalam organisme mengindikasikan terdapat sumber logam berat yang berasal dari alam atau dari aktivitas manusia (Mohiuddin et al., 2011).

Kandungan logam berat dalam perairan secara alamiah berada dalam jumlah yang relatif sedikit, tetapi dengan adanya aktivitas pertambangan dapat menjadi faktor penyebab terjadinya peningkatan kandungan logam berat dan dapat menimbulkan pencemaran logam berat pada perairan sungai. Perairan sungai memiliki kapasitas terima yang terbatas terhadap bahan pencemar. Adanya peningkatan serta kontinuitas buangan air limbah industri pertambangan yang mengandung senyawa logam berat beracun, cepat atau lambat akan merusak ekosistem di sungai. Hal ini disebabkan karena logam berat sukar mengalami pelapukan, baik secara fisika, kimia, maupun biologis.

Lokasi penelitian merupakan area tambang terbuka jenis *open pit*. Perusahaan tambang tersebut tidak beroperasi lagi dan membiarkan lahan bekas tambangnya begitu saja tanpa ada penanganan apapun sehingga dapat menimbulkan pencemaran logam berat pada daerah sekitar area bekas tambang. Beberapa penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Lukmanulhakim (2021) dan Timothy (2022) menunjukkan bahwa adanya pencemaran logam berat pada area bekas tambang bijih. Pencemaran logam berat sangat berbahaya bagi masyarakat dan lingkungan sekitar tambang. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mencari tahu dan menganalisis kandungan logam berat pada area sekitar bekas tambang bijih besi. Hasil analisis dapat memberikan informasi penting tentang tingkat dan distribusi pencemaran logam berat. Data yang diperoleh dari analisis ini dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan strategi mitigasi dan rehabilitasi yang efektif, serta kebijakan pengelolaan lingkungan yang lebih baik di wilayah bekas tambang bijih besi.

1.2 Rumusan Masalah

Logam berat merupakan satu dari bahan pencemar yang paling sering ditemukan di perairan akibat limbah dari industri. Keberadaan logam berat sangat berbahaya bagi organisme. Oleh karena itu, keberadaan logam berat dalam lingkungan akan membahayakan dan mengkhawatirkan.

Untuk itu diperlukan analisis mengenai konsentrasi logam berat yaitu Fe, Mn, dan Zn di lahan bekas tambang bijih besi untuk mengetahui tingkat pencemaran di lokasi serta diperlukan juga pola penyebaran untuk mengetahui titik pencemaran Fe, Mn, dan Zn. Setelah menganalisis konsentrasi Fe, Mn, dan Zn dilakukan perbandingan nilai konsentrasi dengan baku mutu PP No. 22 Tahun 2021 untuk mengetahui air di lokasi penelitian sesuai atau tidak dengan ambang batas.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari kegiatan penelitian ini yaitu:

1. Menganalisa konsentrasi Fe, Mn dan Zn yang terdapat pada aliran air sungai dan void di lokasi bekas tambang bijih besi

2. Mengetahui pola penyebaran konsentrasi Fe, Mn, dan Zn pada aliran air sungai dan void di lokasi bekas tambang bijih besi
3. Menentukan nilai konsentrasi logam berat dengan baku mutu Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu penelitian ini memberikan informasi dan referensi mengenai analisis konsentrasi Fe, Mn dan Zn, serta mengetahui tingkat pH. Mengetahui pola penyebaran konsentrasi Fe, Mn, dan Zn pada aliran air sungai dan void di lokasi bekas tambang bijih besi, serta menentukan nilai logam berat terhadap baku mutu PP No. 22 Tahun 2021.

1.5 Ruang Lingkup

Lokasi penelitian dilakukan di sepanjang aliran sungai dan void dari bekas tambang bijih besi desa Kahu dengan 5 titik lokasi sampling. Penelitian ini meliputi logam berat Fe, Mn, dan Zn. Sampel yang digunakan dalam penelitian berupa sampel air dari aliran sungai dan void bekas tambang bijih besi. Pengambilan sampel pertama dilakukan tanggal 17 Oktober 2020 pada kondisi musim kemarau dan sampel kedua tanggal 21 Juli 2021 pada kondisi musim hujan. Alat yang digunakan untuk analisis konsentrasi logam berat berupa *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Pemetaan penyebaran logam berat Fe, Mn, dan Zn menggunakan aplikasi Surfer dengan metode IDW.

BAB II

PENCEMARAN LOGAM BERAT AKIBAT DARI LINGKUNGAN PERTAMBANGAN

2.1 Air Limpasan

Air limpasan atau dalam bahasa Inggris disebut sebagai "*stormwater runoff*" adalah air hujan yang mengalir ke permukaan tanah dan mengalir ke sistem perairan seperti sungai, danau, atau laut. Air limpasan ini dapat membawa limbah, bahan kimia, logam berat, dan partikel yang berasal dari permukaan tanah yang terkontaminasi. Air limpasan sering kali menjadi masalah lingkungan karena dapat mencemari sumber air dan mengganggu keseimbangan ekosistem. Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas air limpasan antara lain:

1. Sifat permukaan tanah: Jenis tanah, topografi, dan kepadatan tanah dapat mempengaruhi kemampuan tanah untuk menyerap air. Tanah yang berdebu dan kepadatan rendah cenderung tidak menyerap air dengan baik, sehingga air akan mengalir dengan lebih banyak membawa partikel dan limbah.
2. Kegiatan manusia: Kegiatan manusia seperti pembangunan gedung, jalan raya, dan tambang dapat mempengaruhi kualitas air limpasan. Permukaan yang keras, seperti aspal atau beton, cenderung tidak menyerap air, sehingga air akan mengalir dengan lebih banyak membawa limbah dan partikel.
3. Cuaca: Curah hujan yang tinggi atau badai dapat memperburuk kualitas air limpasan karena air akan membawa lebih banyak limbah dan partikel.

Peningkatan kualitas air limpasan dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain:

1. Teknologi pengelolaan air limpasan: Teknologi pengelolaan air limpasan meliputi perbaikan sistem drainase, penggunaan filter tanaman, dan penggunaan pengairan yang berkelanjutan untuk membantu menyerap air ke dalam tanah.

2. Pengaturan tata kota: Tata kota yang baik dapat membantu meminimalkan air limpasan dan menyerap air ke dalam tanah.
3. Pengendalian pencemaran: Pengendalian pencemaran dapat dilakukan dengan mengurangi penggunaan bahan kimia dan mengelola limbah dengan benar.
4. Pengelolaan sumber daya air: Pengelolaan sumber daya air dapat membantu meminimalkan penggunaan air dan membantu mempertahankan kualitas air yang baik.

Dalam konteks pertambangan, air limpasan seringkali merupakan masalah serius, terutama karena tambang sering berhubungan dengan tanah yang terkontaminasi. Oleh karena itu, pengelolaan air limpasan dalam kegiatan pertambangan sangat penting untuk meminimalkan dampak negatifnya terhadap lingkungan.

Air limpasan atau air lindi yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan dapat memiliki dampak negatif yang signifikan pada lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Beberapa dampak negatif yang mungkin terjadi akibat air limpasan pertambangan antara lain:

1. Pencemaran air tanah dan air permukaan. Air limpasan yang mengandung logam berat, bahan kimia berbahaya, dan sedimen dapat mencemari air tanah dan air permukaan di sekitarnya. Hal ini dapat berdampak pada kesehatan manusia dan keanekaragaman hayati.
2. Kerusakan habitat dan keanekaragaman hayati. Pencemaran air dapat merusak habitat dan mengganggu keanekaragaman hayati di sekitar lokasi pertambangan. Hal ini dapat menyebabkan kematian atau migrasi paksa fauna dan flora.
3. Kerusakan kualitas udara. Air limpasan yang mengalir di permukaan tanah dan membentuk kolam dapat memancarkan gas beracun seperti sulfur dioksida dan hidrogen sulfida, yang dapat merusak kualitas udara dan berdampak pada kesehatan manusia.
4. Risiko longsor dan banjir. Air limpasan yang mengalir pada lereng atau daerah berkontur tinggi dapat meningkatkan risiko longsor dan banjir, terutama jika sistem drainase tidak berfungsi dengan baik.

5. Kerusakan infrastruktur. Air limpasan yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada infrastruktur seperti jalan dan jembatan.

Oleh karena itu, pengelolaan air limpasan yang baik sangat penting untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan. Kegiatan penanggulangan harus meliputi tindakan pencegahan, pemantauan, dan pengelolaan yang tepat.

2.2 Void

Void atau ruang hampa dalam pertambangan merujuk pada ruang kosong atau ruang di bawah permukaan tanah yang terbentuk akibat kegiatan tambang. Void dapat memiliki berbagai karakteristik, termasuk ukuran, bentuk, kedalaman, dan distribusi. Ukuran void dapat berkisar dari lubang kecil hingga gua yang luas. Bentuk void dapat bervariasi tergantung pada jenis batuan dan teknik penambangan yang digunakan. Kedalaman void juga bervariasi tergantung pada kedalaman penambangan. Distribusi void dapat sangat bervariasi dalam tambang bawah tanah dan tambang terbuka.

Void dapat berdampak negatif pada lingkungan, terutama jika tidak dikelola dengan baik. Dampak lingkungan yang dapat terjadi akibat void antara lain:

1. Runtuhnya tanah dan longsor. Ketika tanah di atas void tidak cukup kuat, dapat terjadi runtuhnya tanah atau longsor, yang dapat merusak lingkungan sekitar dan memperburuk kondisi void.
2. Pencemaran air dan tanah. Jika void terhubung dengan sistem air bawah tanah, dapat terjadi pencemaran air bawah tanah oleh limbah pertambangan atau logam berat. Limbah pertambangan atau tailing yang dibuang dalam void juga dapat mencemari tanah.
3. Kehilangan habitat. Void dapat mengganggu atau merusak habitat alami untuk berbagai spesies hewan dan tumbuhan.
4. Kecelakaan kerja. Kegiatan pertambangan di sekitar void dapat menjadi tempat berbahaya bagi pekerja tambang. Terdapat risiko kecelakaan kerja yang dapat mengakibatkan cedera atau kematian.

Oleh karena itu, pengelolaan void yang baik sangat penting untuk meminimalkan dampak negatif pada lingkungan dan manusia. Beberapa metode pengelolaan void meliputi pengisian kembali (*backfilling*) dengan material lain,

penggunaan teknologi geoteknik, atau penggunaan teknologi injeksi semen atau beton untuk mengisi void.

Pemanfaatan void pertambangan dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung pada kondisi dan karakteristik lubang bekas penambangan tersebut. Beberapa pemanfaatan yang mungkin dilakukan antara lain:

1. Pembuatan tempat penyimpanan limbah. Void bekas tambang yang telah dihentikan operasinya dapat dimanfaatkan sebagai tempat penyimpanan limbah padat, cair atau berbahaya. Pemanfaatan ini harus dilakukan dengan sangat hati-hati dan memperhatikan peraturan dan regulasi yang berlaku agar tidak menyebabkan dampak lingkungan yang merugikan.
2. Pembuatan tempat pengisian dan penimbunan. Void bekas tambang dapat dimanfaatkan sebagai tempat pengisian dan penimbunan material seperti tanah, batu, dan bahan bangunan lainnya. Pemanfaatan ini dapat memberikan manfaat ekonomi dan mengurangi biaya penggalian material di tempat lain.
3. Pembuatan tempat pengelolaan sampah. Void bekas tambang juga dapat dimanfaatkan sebagai tempat pengelolaan sampah. Namun, pengelolaan sampah di dalam void harus dilakukan dengan hati-hati dan memperhatikan peraturan dan regulasi yang berlaku agar tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.
4. Pengembangan kegiatan ekonomi. Void bekas tambang dapat dikembangkan menjadi tempat wisata seperti tempat olahraga air atau tempat rekreasi. Selain itu, lubang bekas tambang dapat dimanfaatkan untuk pertanian, peternakan, dan kegiatan ekonomi lainnya, tergantung pada karakteristik lubang dan kondisi lingkungan di sekitarnya.
5. Penyimpanan air. Jika void bekas tambang memiliki sumber air, lubang tersebut dapat dimanfaatkan untuk penyimpanan air untuk pertanian, perikanan, atau kebutuhan air lainnya. Namun, sebelum melakukan pemanfaatan tersebut, kualitas air harus diperiksa dan dipastikan tidak mengandung bahan kimia berbahaya.

Pemanfaatan void bekas tambang dapat memberikan manfaat ekonomi dan lingkungan, namun harus dilakukan dengan hati-hati dan memperhatikan dampak lingkungan yang mungkin timbul.

2.3 Pengertian tentang pH

pH adalah istilah yang digunakan secara universal untuk menunjukkan intensitas asam atau basa dari suatu larutan. Nilai pH merupakan nilai yang menunjukkan konsentrasi ion hidrogen atau aktivitas ion hidrogen. Parameter ini sangat penting bagi bidang teknik lingkungan. Secara definisi pH adalah ukuran aktivitas hidrogen bebas dalam air dan dapat dinyatakan sebagai:

$$pH = -\log I_{H^+}$$

Dalam istilah yang lebih praktis (meskipun tidak secara teknis benar dalam semua kasus) pH adalah ukuran keasaman atau kebasaaan bebas dari air (asiditas dan alkalinitas air). Diukur pada skala 0-14, larutan dengan pH kurang dari 7,0 adalah asam sementara larutan dengan pH lebih besar dari 7,0 adalah basa di berbagai unit proses dan operasi pengolahan air limbah, seringkali dibutuhkan *pH adjustimeni*. Berbagai bahan kimia dapat digunakan, pemilihannya tergantung pada kesesuaian aplikasinya dan dari segi ekonomi.

Air limbah dengan pH rendah dapat dinetralkan dengan berbagai jenis bahan kimia misalnya sodium hidroksida atau sodium karbonat yang walaupun cukup mahal tapi banyak digunakan untuk pengolahan yang skalanya tidak begitu besar. Kapur adalah bahan yang cukup murah sehingga banyak digunakan. Kapur dapat ditemukan dalam berbagai bentuk misalnya *limestone* atau batu gamping dan *dohmitic lime* (kapur dengan kadar kalsium tinggi). Kapur mudah didapat seringkali membentuk lapisan sehingga penggunaannya dibatasi untuk proses tertentu. Senyawa kimia dengan kalsium dan magnesium sebagai pembentuk utamanya kerap menghasilkan lumpur atau endapan yang membutuhkan pengerukan dan pembuangan.

2.4 Sumber Pencemaran

Sumber pencemar air berdasarkan karakteristik limbah yang dihasilkan dapat dibedakan menjadi sumber limbah domestik dan sumber limbah non

domestik. Sumber limbah domestik umumnya berasal dari daerah pemukiman penduduk dan sumber limbah non domestik berasal dari kegiatan seperti industri, pertanian dan peternakan, perikanan, pertambangan atau kegiatan yang bukan berasal dari wilayah pemukiman.

Berdasarkan sumbernya (Mudarisin, 2004), jenis limbah cair yang dapat mencemari air dapat dikelompokkan menjadi beberapa golongan yaitu :

1. Limbah cair domestik, yaitu limbah cair yang berasal dari pemukiman, tempat-tempat komersial (perdagangan, perkantoran, institusi) dan tempat-tempat rekreasi. Air limbah domestik (berasal dari daerah pemukiman) terutama terdiri atas tinja, air kemih, dan buangan limbah cair (kamar mandi, dapur, cucian yang kira-kira mengandung 99,9 % air dan 0,1 % padatan). Zat padat yang ada tersebut terbagi atas ± 70 % zat organik terutama protein, karbohidrat dan lemak serta sisanya 30 % zat anorganik terutama pasir, air limbah, garam-garam dan logam.
2. Limbah cair industri merupakan limbah cair yang dikeluarkan oleh industri sebagai akibat dari proses produksi. Limbah cair ini dapat berasal dari air bekas pencuci, bahan pelarut ataupun air pendingin dari industri-industri tersebut. Pada umumnya limbah cair industri lebih sulit dalam pengolahannya, hal ini disebabkan karena zat-zat yang terkandung di dalamnya yang berupa bahan atau zat pelarut, mineral, logam berat, zat-zat organik, lemak, garam-garam, zat warna, nitrogen, sulfida, amoniak, dan lain-lain yang bersifat toksik.
3. Limbah pertanian yaitu limbah yang bersumber dari kegiatan pertanian seperti penggunaan pestisida, herbisida, fungisida dan pupuk kimia yang berlebihan.
4. *Infiltration/inflow* yaitu limbah cair yang berasal dari perembesan air yang masuk ke dalam dan luapan dari sistem pembuangan air kotor.

2.5 Pencemaran Air

Air merupakan sumber utama dari kebutuhan manusia, akan tetapi air juga dapat menjadi sumber penyakit yang dapat membahayakan kesehatan, hal ini dikarenakan oleh polusi dan air yang telah tercemar. Definisi pencemaran air

menurut Surat Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup Nomor: KEP-02/MENKLH/I/1988 adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam air dan atau berubahnya tatanan air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Menurut Effendi, (2003) air dinyatakan tercemar bila terdapat gangguan pada mutu air sehingga air tidak dapat digunakan sesuai dengan tujuan penggunaannya. Air tercemar karena masuknya makhluk hidup, zat, atau energi ke dalam air oleh karena kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak berfungsi lagi sesuai dengan manfaatnya.

Menurut Fardiaz (1992), ada beberapa indikator air lingkungan telah tercemar yaitu adanya perubahan atau tanda yang dapat teramati secara fisik, kimiawi dan biologis digolongkan menjadi :

1. Pengamatan secara fisik, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan tingkat kejernihan air (kekeruhan), perubahan suhu, warna, bau dan rasa.
2. Pengamatan secara kimiawi, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan zat kimia yang terlarut, perubahan pH
3. Pengamatan secara biologis, yaitu pengamatan pencemaran air berdasarkan mikroorganisme yang ada dalam air, terutama ada tidaknya bakteri patogen.

Logam berat merupakan satu dari bahan pencemar yang paling sering ditemukan di perairan akibat industri dan limbah perkotaan. Keberadaan logam berat sangat berbahaya bagi organisme. Berdasarkan hal itu, keberadaan logam berat dalam lingkungan akan membahayakan dan mengkhawatirkan.

Polusi air adalah penyimpangan sifat-sifat air dari keadaan normal, bukan dari kemurniannya (Fardiaz, 1992). Keadaan normal air berbeda-beda tergantung pada faktor penentunya, yaitu kegunaan air dan asal sumber air. Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran air, yang dimaksud dengan pencemaran air adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain

ke dalam air oleh kegiatan manusia, sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya.

Berdasarkan definisi pencemaran air, penyebab terjadinya pencemaran dapat berupa masuknya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain yang berupa gas, bahan-bahan terlarut dan partikular ke dalam air yang menyebabkan kualitas air tercemar sehingga mengganggu fungsi air. Masukan tersebut sering disebut dengan istilah unsur pencemar (polutan), yang pada prakteknya masukan tersebut berupa buangan yang bersifat rutin, misalnya buangan limbah cair. Bahan pencemar (polutan) adalah bahan-bahan yang bersifat asing bagi alam atau bahan yang berasal dari alam itu sendiri yang memasuki suatu tatanan ekosistem sehingga mengganggu peruntukan ekosistem tersebut. Berdasarkan cara masuknya ke dalam lingkungan, polutan dikelompokkan menjadi dua, yaitu polutan alamiah dan polutan antropogenik (Effendi, 2003).

Polutan alamiah adalah polutan yang memasuki suatu lingkungan (badan air) secara alami, misalnya akibat letusan gunung berapi, tanah longsor, banjir dan fenomena alam yang lain. Polutan yang memasuki suatu ekosistem secara alamiah sukar dikendalikan. Polutan antropogenik adalah polutan yang masuk ke badan air akibat aktivitas manusia, misalnya kegiatan domestik (rumah tangga), kegiatan urban (perkotaan) maupun kegiatan industri. Intensitas polutan antropogenik dapat dikendalikan dengan cara mengontrol aktivitas yang menyebabkan timbulnya polutan tersebut. Berdasarkan perbedaan sifat-sifatnya, polutan air dapat dikelompokkan menjadi 9 (sembilan) kelompok yaitu : (1) padatan; (2) bahan buangan yang 10 membutuhkan oksigen (*oxygen-demanding wastes*); (3) mikroorganisme; (4) komponen organik sintetik; (5) nutrient tanaman; (6) minyak; (7) senyawa anorganik dan mineral; (8) bahan radioaktif dan (9) kemarau. Pengelompokan tersebut bukan merupakan pengelompokan yang baku, karena suatu jenis polutan dapat dimasukkan ke dalam lebih dari satu kelompok (Fardiaz, 1992).

2.6 Faktor Pencemaran Air

Menurut Syakti (2012), berdasarkan sudut pandang faktor penyebab potensial terpaparnya bahan pencemar ke lingkungan perairan, ada dua kelompok besar sumbernya yakni :

1. Sumber dari aktivitas manusia (*anthropogenic*)

- a. Limbah domestik

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999/ Jo.PP 85/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha atau kegiatan manusia. Dikatakan sebagai limbah domestik ketika berasal dari buangan rumah tangga di zona urban, bangunan perdagangan, perkantoran, dan saran sejenis dimana aktivitas sehari-hari masyarakat dapat menghasilkan limbah padat maupun limbah cair (mandi, cuci, dan tinja).

- b. Limbah industri

Limbah industri berasal dari industri kecil, menengah, dan besar yang dioperasikan dalam bentuk bengkel kerja, laboratorium ataupun pabrik yang dapat menghasilkan limbah berupa air dan bahan buangan lainnya yang terlarut maupun tersuspensi di dalam air yang digunakan dalam proses produksinya.

- c. Limbah pertanian.

Aktivitas pertanian memberikan kontribusi pelepasan garam-garam mineral (N, P, K) terkait dengan penggunaan pupuk, pelepasan senyawa purin, dan bahan penggemuk ternak serta senyawa pengontrol hama dan gulma seperti insektisida, herbisida, dan fungisida di samping obat-obatan dari jenis antibiotika.

2. Sumber alami (*natural*)

Sumber alami berupa rembesan hidrokarbon, gunung api, tsunami, *blooming algae*, dan lain sebagainya. Pencemaran di lingkungan laut secara alami berasal dari rembesan hidrokarbon minyak bumi (*seepage*) dan semburan gas (*degassing*) di lantai laut ataupun samudra. Rembesan alami banyak mewakili 40 % kontaminasi senyawa hidrokarbon di lautan dunia (Syakti 2004). Di lingkungan terrestrial (daratan), debu vulkanik dikatakan

sebagai pencemaran gas SO₂ dan NO_x sebagai pembentuk hujan asam. Tsunami memiliki dampak negatif berupa kerusakan ekosistem pantai (ekosistem kerang, ekosistem mangrove, ekosistem lamun) sebagai akibat meningkatnya kandungan material dasar laut yang terbawa, TSS, kekeruhan, bahan-bahan toksik, bakteri pathogen, dan lain sebagainya. Fenomena *upwelling* mendorong terjadinya *blooming algae*. Ledakan populasi alga akan meningkatkan konsumsi alga-alga yang memiliki produksi toksin oleh kerang-kerangan. Ketika manusia mengkonsumsi kerang yang mengandung alga *Alexandrium sp.*, resiko keterpaparan *Paralytic Shellfish Poisoning* (PSP) dengan jenis racun saxitoxin dapat menyebabkan konsumen terkena kanker hati.

2.7 Indikator Pencemaran Air

Indikator atau tanda bahwa air lingkungan telah tercemar adalah adanya perubahan atau tanda yang dapat diamati melalui (Wardhana, 2004) :

1. Adanya perubahan suhu air
2. Adanya perubahan PH atau konsentrasi ion Hidrogen
3. Adanya perubahan warna, bau dan rasa air
4. Timbulnya endapan, koloidal, bahan pelarut
5. Adanya mikroorganisme
6. Meningkatnya radioaktivitas air lingkungan

Pengamatan yang dilakukan untuk mengetahui adanya perubahan kualitas air dapat digolongkan menjadi pengamatan secara fisis, kimia dan biologis (Warlina, 2004). Parameter digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air yaitu antara lain :

a. Suhu

Suhu atau temperatur pada badan air penerima/sungai dapat berubah karena perubahan musim, perubahan harian dan masukan berupa buangan air limbah yang kemasir dari industri. Suhu memperlihatkan kecenderungan aktivitas kimiawi dan biologis di dalam air. Perubahan suhu berpengaruh terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Kenaikan suhu air akan menimbulkan beberapa akibat sebagai berikut

: (1) jumlah oksigen terlarut di dalam air menurun; (2) kecepatan reaksi kimia meningkat; (3) kehidupan ikan dan hewan air lainnya terganggu dan (4) jika batas suhu yang mematikan terlampaui, ikan dan hewan air lainnya mungkin akan mati (Fardiaz, 1992). Peningkatan suhu juga menyebabkan terjadinya peningkatan dekomposisi bahan organik oleh mikroba. Kisaran suhu optimum bagi pertumbuhan fitoplankton di perairan adalah 20 °C-30 °C (Effendi, 2003).

b. Padatan Tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*)

Total Suspended Solid atau padatan tersuspensi adalah padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Padatan tersuspensi terdiri dari partikel-partikel yang ukuran maupun beratnya lebih kecil dari pada sedimen, seperti bahan-bahan organik tertentu, tanah liat dan lainnya. Partikel menurunkan intensitas cahaya yang tersuspensi dalam air umumnya terdiri dari fitoplankton, zooplankton, kotoran hewan, sisa tanaman dan hewan, kotoran manusia dan limbah industri (Fardiaz, 1992).

c. pH atau Konsentrasi Ion Hidrogen

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5-7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air (Wardhana, 2004). Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimia perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir pada pH yang rendah (Effendi, 2003).

d. Besi

Kandungan besi dalam air yang teroksidasi berwarna kecoklatan dan tidak larut mengakibatkan penggunaan air menjadi terbatas. Air tidak dapat lagi dipergunakan untuk air rumah tangga, cucian dan air industri. Kandungan besi dalam air dapat berasal dari larutan batu-batuan yang

mengandung senyawa Fe seperti *Pyrit*. Dalam buangan limbah industri kandungan besi berasal dari korosi pipa-pipa air mineral logam sebagai hasil reaksi elektrokimia yang terjadi pada perubahan air yang mengandung padatan larut mempunyai sifat menghantarkan listrik dan ini mempercepat terjadinya korosi (Ginting, 2007). Pada pH sekitar 7,5 - 7,7 ion ferri mengalami oksidasi dan berikatan dengan hidroksida membentuk $(\text{Fe}(\text{OH})_3)$ yang bersifat tidak larut dan mengendap (presipitasi) di dasar perairan, membentuk warna kemerahan pada substrat dasar. Oleh karena itu, besi hanya ditemukan pada perairan yang berada kondisi anaerob (anoksik) dan suasana asam. Sumber besi di alam adalah *pyrite* (FeS_2), *hematite* (Fe_2O_3), *magnetite* (Fe_3O_4), *limonite* [$\text{FeO}(\text{OH})$], *goethite* (HFeO_2), dan *ochre* [$\text{Fe}(\text{OH})_3$]. Senyawa besi pada umumnya bersifat sukar larut dan cukup banyak terdapat di dalam tanah. Besi juga terdapat sebagai senyawa *siderite* (FeCO_3) yang bersifat mudah larut dalam air. Kadar besi pada perairan alami berkisar antara 0,05-0,2 mg/L. Kadar besi $>1,0$ mg/L dianggap membahayakan kehidupan organisme akuatik. Air yang diperuntukkan bagi air minum sebaiknya memiliki kadar besi kurang dari 0,3 mg/L dan perairan yang diperuntukkan bagi keperluan pertanian sebaiknya memiliki kadar besi tidak lebih dari 20 mg/L. Besi termasuk unsur yang esensial bagi makhluk hidup. Pada tumbuhan, termasuk algae, besi berperan sebagai penyusun sitokrom dan klorofil. Kadar besi yang berlebihan dapat menimbulkan warna merah dan mengakibatkan karat pada logam serta memudarkan bahan celupan (*dyes*) dan tekstil. Pada tumbuhan, besi berperan dalam sistem enzim dan transfer elektron pada proses fotosintesis. Namun, kadar besi yang berlebihan dapat menghambat fiksasi unsur lainnya (Effendi, 2003). Besi banyak digunakan dalam kegiatan pertambangan, industri kimia, bahan celupan, tekstil, penyulingan, minyak dan sebagainya.

2.8 Logam Berat

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan densitas lebih besar dari 5 g/cm, mempunyai afinitas yang tinggi dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92, dari periode 4 sampai 7. Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam organisme hidup. Berbeda dengan logam biasa, logam berat menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup (Palar, 2008).

Semua logam berat dapat dikatakan menjadi bahan racun yang bisa meracuni tubuh makhluk hidup. Sebagai contoh adalah logam air raksa (Hg), cadmium (Cd), timah hitam (Pb), mangan (Mn), besi (Fe). Meskipun semua logam berat dapat mengakibatkan keracunan atas makhluk hidup, sebagian dari logam berat tersebut tetap dibutuhkan oleh makhluk hidup. Karena dibutuhkan dalam tubuh maka disebut logam esensial, logam beresensial ini adalah tembaga (Cu), seng (Zn), besi (Fe), magnesium (Mg) (Palar, 2008).

Adapun penjelasan mengenai besi (Fe), mangan (Mn) dan magnesium (Mg) sebagai berikut:

a. Besi (Fe)

Logam Besi (Fe^+) merupakan logam transisi dan memiliki nomor atom 26. Fe memiliki berat atom 55,845 g/raol, titik leleh 1.5380 °C, dan titik didih 2.8610 °C menempati urutan sepuluh besar sebagai unsur di bumi. Logam Besi (Fe^+) ditemukan bempa hematit di dalam inti bumi. Logam besi (Fe^+) hampir tidak dapat ditemukan sebagai unsur bebas. Di dalam kerak bumi diperkirakan kandungan (Fe^+) adalah sebesar $5,63 \times 10^4$ mg/kg sedangkan kandungan di laut sebesar 2×10^{-3} mg/L. Di dalam air, mineral yang sering berada dalam jumlah besar adalah kandungan besi (Fe^+). Apabila besi berada dalam jumlah yang banyak maka, akan mengakibatkan berbagai gangguan pada lingkungan. Besi dalam air tanah bisa berbentuk (Fe^{2+}) dan (Fe^{3+}) terlanit. Ferro (Fe^{2+}) terlarut dapat bergabung dengan zat organik dan membentuk senyawa kompleks yang sulit dihilangkan dengan aerasi biasa (Widowati *et.al*, 2008).

Adapun ciri-ciri tingginya kadar besi dalam tanah:

1. Ada lapisan seperti minyak di permukaan air
2. Ada lapisan merah di pinggiran saluran
3. Tampak gejala keracunan besi pada tanaman

Menurut Widowati et al (2008), didalam tubuh manusia Fe memiliki berbagai fungsi esensial dalam konsentrasi tertentu, diantaranya:

1. Sebagai alat angkut elektron dalam sel.
2. Sebagai bagian terpadu dari berbagai reaksi enzim.
3. Sebagai alat angkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh.

Di dalam tubuh manusia kadar Fe kira-kira sebesar 3-5 gr. Sebanyak 2/3 bagian terikat oleh Hb, 10% diikat mioglobin dan enzim mengandung logam besi (Fe^+) dan sisanya terikat dalam hemosiderin dan protein ferritin (Widowati dkk. 2008). Asupan Fe dalam dosis besar dapat bersifat toksik bagi manusia karena besi ferro (Fe^{2+}) bisa bereaksi dengan peroksida dan menghasilkan radikal bebas, kerusakan jaringan karena akumulasi (Fe^+) disebut hemokromatosis. Penderita hemokromatosis berisiko terserang kanker hati, penyakit jantung, serosis, dan berbagai penyakit lain. Konsumsi (Fe^+) dosis besar akan merusak sel alat pencernaan secara langsung, kemudian akan mengikuti peredaran darah. Toksisitas kronis Fe dapat menyebabkan gangguan fungsi kardiovaskuler, gangguan fungsi hati, dan gangguan fungsi endokrin. Perlakuan toksisitas akut besi per oral bisa mengakibatkan muntah, gangguan alat pencernaan, dan *shock*. Dalam mengurangi pencemaran logam besi dapat digunakan teknologi fitoremediasi. menaikkan pH larutan, saringan pasir aktif, mikroorganisme bioremoval, dan oksidasi menggunakan H_2O_2 sebagai oksidator (Widowati et al, 2008).

b. Mangan (Mn)

Logam mangan (Mn^+) adalah logam berwarna abu-abu keputihan yang mempunyai sifat yang mirip besi (Fe^+), merupakan logam yang mudah retak, mudah teroksidasi, dan merupakan logam keras. Logam mangan (Mn^+) termasuk unsur terbesar yang ada di kerak bumi. Logam mangan (Mn^+) bereaksi dengan air dan larut dalam larutan asam (Widowati et al., 2008).

Secara alami mangan ditemukan di air, tanah, dan udara. Logam Mangan (Mn^{+}) termasuk ke dalam unsur logam golongan VII. Mangan memiliki berat atom sebesar 54,93, titik lebur 12470 °C, dan titik didih 2032 °C. Mangan jarang ditemukan dalam keadaan unsur di alam tetapi berada dalam bentuk senyawa dengan berbagai macam valensi. Di dalam sistem air alami konsentrasi mangan umumnya kurang dari 0,1 mg/L. Oleh karena itulah air dengan konsentrasi mangan yang melebihi 1 mg/L maka, pengolahan air dengan cara biasa akan sangat sulit untuk menurunkan konsentrasi mangan sampai dengan batas yang diizinkan sebagai air minum (Said, 2008).

Kadar mangan yang berlebihan akan berpengaruh terhadap kesehatan. Mengonsumsi air minum yang secara alami mengandung konsentrasi mangan yang cukup tinggi seumur hidup dapat mengakibatkan gangguan pada sistem saraf dan menimbulkan peningkatan retensi mangan. Sedangkan menurut Said (2008), di dalam tubuh manusia mangan tidak menimbulkan gangguan kesehatan bila dalam jumlah yang kecil tetapi dalam jumlah yang besar dapat mengakibatkan tertimbunnya mangan di dalam hati dan ginjal. Pada umumnya dalam keadaan kronis, mangan dapat menimbulkan gangguan pada sistem saraf dan menampakkan gejala seperti penyakit parkinson.

c. Zn

Zinc adalah unsur kimia dengan lambang kimia Zn, nomor atom 30, dan massa atom relatif 65,39. Ia merupakan unsur pertama golongan 12 pada tabel periodik. Beberapa sifat kimia seng mirip dengan magnesium (Mg). Hal ini dikarenakan ion kedua unsur ini berukuran hampir sama. Selain itu, keduanya juga memiliki keadaan oksidasi +2. Seng merupakan unsur paling melimpah ke-24 di kerak bumi dan memiliki lima isotop stabil.

2.9 Logam Berat di Perairan

Air merupakan zat yang penting bagi kehidupan seluruh makhluk hidup. Apabila suatu perairan telah tercemar oleh logam-logam berbahaya maka akan mengakibatkan hal-hal yang buruk bagi kehidupan. Pencemaran oleh logam berat beracun di lingkungan perairan disebabkan terutama oleh meningkatnya skala

kegiatan sektor perindustrian yang tidak disertai proses penanggulangan air limbah yang dihasilkan (Darmono, 2001).

Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat toksisitas logam berat antara lain suhu, salinitas, pH dan kesadahan. Penurunan pH dan salinitas perairan menyebabkan toksisitas logam berat semakin besar. Peningkatan suhu menyebabkan toksisitas logam berat meningkat. Sedangkan kesadahan yang tinggi dapat mengurangi toksisitas logam berat, karena logam berat dalam air dengan kesadahan tinggi membentuk senyawa kompleks yang mengendap dalam air.

Logam berat masuk kedalam perairan melalui air hujan, aliran air permukaan, erosi korofikasi batuan mineral, dan berbagai kegiatan manusia seperti aktivitas industri, pertambangan, pengolahan atau penggunaan logam dan bahan yang mengandung logam. Kelarutan logam berat dalam air bisa berubah menjadi lebih tinggi atau lebih rendah, tergantung kondisi lingkungan perairan. Pada perairan yang kekurangan oksigen akibat tingginya konsentrasi bahan organik, kelarutan beberapa jenis logam seperti Zn, Cd, Pb dan Hg semakin rendah dan lebih mudah mengendap. Logam berat yang masuk ke sistem perairan baik di sungai maupun lautan akan dipindahkan dari badan airnya melalui tiga proses yaitu pengendapan, *adsorbs* dan *absorbs* oleh organisme-organisme perairan.

Sumber-sumber logam alamiah yang masuk ke dalam badan perairan bisa berupa pengikisan dari batu mineral yang banyak di sekitar perairan. Di samping itu, partikel-partikel logam yang ada di udara dikarenakan oleh hujan, juga dapat menjadi sumber logam di badan perairan. Umumnya logam-logam yang terdapat dalam perairan dalam bentuk persenyawaan, seperti senyawa hidroksida, senyawa oksida, senyawa karbonat dan senyawa sulfida. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam tersebut. Umumnya pada pH yang semakin tinggi maka kestabilan akan bergeser dari karbonat ke hidroksida. Hidroksida-hidroksida ini mudah sekali membentuk ikatan permukaan dengan partikel-partikel yang terdapat pada badan perairan. Lama-kelamaan persenyawaan yang terjadi antara hidroksida dengan partikel-partikel yang ada di badan perairan akan mengendap dan membentuk lumpur.

2.10 Baku Mutu Lingkungan

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, parameter logam yang diatur dalam baku mutu limbah cair untuk kegiatan penambangan adalah baku mutu untuk pH, TSS, logam berat. Tabel 2.1 di bawah menunjukkan nilai baku mutu tambang berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran VI.

Tabel 2.1 Nilai Baku Mutu

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu
1	pH	-	6-9
2	TSS	mg/L	40
3	Mn	mg/L	0,1
4	Fe	mg/L	0,3
5	Ni	mg/L	0,05
6	Cu	mg/L	0,02
7	Zn	mg/L	0,05
8	As	mg/L	0,05
9	Cr	mg/L	0,05
10	Co	mg/L	0,2
11	Hg	mg/L	0,001