

SEBARAN DAN KONTAMINASI LOGAM BERAT NIKEL (NI) PADA SEDIMEN DI PESISIR DESA TAPUEMEA DAN TAPUNGGAYA, KABUPATEN KONAWA UTARA

DISTRIBUTION AND CONTAMINATION OF HEAVY METAL NICKEL (NI) IN SEDIMENT AT COASTAL OF TAPUEMEA AND TAPUNGGAYA VILLAGE, NORTH KONAWA REGENCY

Mohammad Afdhal Adidharma¹, Noverita Dian Takarina², Supriatna³, Emiyarti⁴, & A. Ginong Pratikino⁵

¹Program Studi Magister Ilmu Kelautan, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jln. Lingkar UI, Beji 16424, Depok, Jawa Barat

²Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jln. Lingkar UI, Beji 16424, Depok, Jawa Barat. *E-mail: noverita.dian@sci.ui.ac.id

³Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jln. Lingkar UI, Beji 16424, Depok, Jawa Barat

⁴Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo, Jln. H. E. A. Mokodompit, Kampus Hijau Bumi Tridharma, Anduonohu 93232, Kendari, Sulawesi Tenggara

⁵Program Studi Oseanografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Jln. H. E. A. Mokodompit, Kampus Hijau Bumi Tridharma, Anduonohu 93232, Kendari, Sulawesi Tenggara

e-mail : sripu@apps.ipb.ac.id

Diterima tanggal: 23 Oktober 2023 ; diterima setelah perbaikan: 28 November 2023 ; Disetujui tanggal: 04 Desember 2023

ABSTRAK

Besarnya potensi Nikel di Sulawesi Tenggara berefek pada tingginya aktifitas eksploitasi tambang nikel di wilayah ini, khususnya di Desa Tapuemea dan Tapunggay, Kecamatan Molawe Kabupaten Konawe Utara. Metode penambangan terbuka (*Opet-pit mining*) yang digunakan di wilayah ini, menyebabkan masuknya material padat yang membawa unsur logam berat dari daratan ke perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi, sebaran dan tingkat kontaminasi logam berat nikel dalam sedimen di Perairan Desa Tapuemea dan Tapunggay. Pengambilan data dilakukan pada Bulan Maret 2020 di pesisir Desa Tapuemea dan Desa Tapunggay, Kecamatan Molawe. Sampel sedimen dianalisis menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat nikel dalam sedimen berkisar antara 3,922 hingga 34,08 mgkg⁻¹, dan hasil tersebut dikategorikan cukup tercemar menurut US EPA-2004. Konsentrasi Ni tertinggi berada di dekat area pertambangan dan jetty aktif untuk kegiatan bongkar muat material tambang, dan kemudian konsentrasinya menurun secara linear ke arah timur hingga mencapai konsentrasi terendah di muara sungai. Hasil penilaian tingkat pencemaran indeks geoakumulasi (Igeo) dan faktor kontaminasi (CF) menunjukkan bahwa sampel sedimen berada dalam kisaran tercemar sedang dan tercemar sedang hingga berat.

Kata kunci: Kontaminasi, Nikel, Sebaran, Tapuemea, Tapunggay.

ABSTRACT

The abundance of nickel potential in Southeast Sulawesi has led to high mining activities in the region, particularly in the villages of Tapuemea and Tapunggay, Molawe District, North Konawe Regency. The open-pit mining method employed in this area has resulted in the introduction of solid materials carrying heavy metal elements from the land to the waters. This research aims to determine the concentration, distribution, and contamination level of heavy metal nickel in sediments in the waters of Tapuemea and Tapunggay villages. Data collection was conducted in March 2020 along the coasts of Tapuemea and Tapunggay villages, Molawe District. Sediment samples were analyzed using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. The research findings indicate that the concentration of heavy metal nickel in sediments ranges from 3.922 to 34.08 mgkg⁻¹, categorizing them as moderately contaminated according to US EPA-2004 standards. The highest Ni concentration is near the mining area and the active jetty for loading and unloading mining materials, with concentrations decreasing linearly towards the east until reaching the lowest concentration at the river mouth. The assessment results of the geoaccumulation index (Igeo) and contamination factor (CF) indicate that sediment samples fall within the range of moderate to strong contamination.

Keywords: Contamination, Nickel, Distribution, Tapuemea, Tapunggay.

PENDAHULUAN

Kabupaten Konawe Utara adalah salah satu daerah yang memiliki potensi sumberdaya nikel terbesar di Sulawesi Tenggara. Potensi nikelnya yang mencapai $\pm 2.974.688$ ton (Anshariah *et al.*, 2016) dari total 97,4 miliar ton potensi nikel Sulawesi Tenggara diikuti dengan Izin Usaha Pertambangan (IUP) yang beroperasi sebanyak 157 IUP (Prasetyo *et al.*, 2015). Dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah Kabupaten (RPJMD) Konawe Utara 2016 – 2021 menjelaskan bahwa terdapat rencana pengembangan industri pertambangan secara terbatas di beberapa wilayah kecamatan, salah satunya adalah Kecamatan Molawe. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Tenggara, terdapat setidaknya enam perusahaan tambang nikel yang beroperasi di wilayah Kecamatan Molawe pada Tahun 2020.

Kegiatan pertambangan di kecamatan Molawe berpotensi menimbulkan dampak terhadap perairan pesisir. Hal ini dikarenakan metode penambangan terbuka (*open-pit mining*) yang diterapkan oleh perusahaan tambang pada wilayah ini. Metode penambangan terbuka dapat berdampak negatif terhadap lingkungan (Pekol, 2019), dimana dapat menyebabkan degradasi lahan dan hutan (Pratiwi *et al.*, 2021; Hou *et al.*, 2019). Selain terhadap daratan, *open-pit mining* juga dapat berdampak negatif terhadap perairan terutama yang berada di sekitar tambang terbuka hingga yang berjarak beberapa puluh kilometer (Koščová *et al.*, 2018).

Dampak yang terjadi di daratan tersebut dapat turut berdampak ke perairan pesisir Desa Tapuemea dan Tapunggay, yaitu masuk dan terendapkannya unsur logam berat ke perairan. Logam berat merupakan bahan pencemar yang tidak dapat diurai secara alami dan dapat terakumulasi (Pratikino *et al.*, 2022; Vidu *et al.*, 2020).

Pencemaran logam berat dalam sedimen merupakan masalah yang tidak dapat dihindari seiring dengan kegiatan penambangan (Yi & Cheng, 2019). Material pencemar yang masuk akan diendapkan dan terakumulasi dalam sedimen dasar sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran di perairan (Darmansyah *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian-penelitian yang ada, aktivitas pertambangan telah menimbulkan dampak terhadap ekosistem laut di sekitar Molawe (Kaslan & Saenuddin, 2017; Deniyatno & Armid, 2022). Logam berat Ni telah dideteksi baik dalam air (Kusmiana *et al.*,

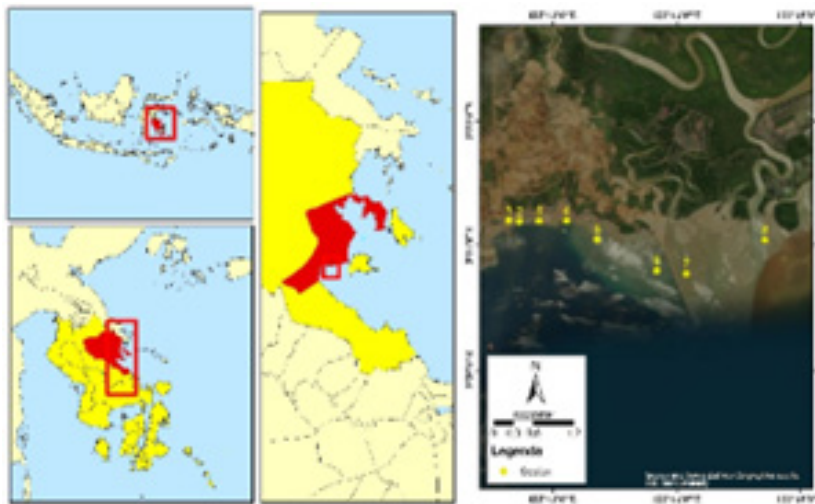
2020; Adidharma *et al.*, 2021) dan sedimen (Wali *et al.*, 2020). Hasil penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi logam berat yang terdapat dalam sedimen lebih tinggi jika dibandingkan dalam air. Hal ini disebabkan oleh kemampuan sedimen yang dapat menyerap, mengikat dan mengakumulasi logam berat karena faktor luas permukaan dan ukuran partikel sedimen yang lebih kecil (Huang *et al.*, 2020).

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya, seluruh penelitian masih terbatas pada pengukuran konsentrasi dan sebaran logam berat dan belum terdapat adanya analisis lebih lanjut mengenai penilaian tingkat kontaminasi logam berat di perairan pesisir Desa Tapuemea dan Tapunggay. Penilaian tingkat kontaminasi sangat diperlukan dilakukan untuk dapat mengidentifikasi rekomendasi kebijakan yang dapat dilakukan untuk memitigasi pencemaran dan pengelolaan lingkungan (Zhao *et al.*, 2022). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan dan sebaran konsentrasi serta menilai tingkat kontaminasi logam berat nikel dalam sedimen di pesisir Desa Tapuemea dan Tapunggay, Kecamatan Molawe, Kabupaten Konawe Utara.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Maret 2020 yang berlokasi di Pesisir Desa Tapuemea dan Desa Tapunggay, Kecamatan Molawe, Kabupaten Konawe Utara (Gambar 1) dengan letak geografis $3^{\circ}33'47.80''S$ dan $122^{\circ}12'38.90''E$. Titik sampling yang dipilih sejajar pantai dan membentang dari dekat jetty perusahaan tambang di Desa Tapuemea (I, II, VI, VII), dekat permukiman masyarakat (III, IV, V) dan muara sungai (VIII).

Alat ukur parameter oseanografi yang digunakan adalah layangan arus untuk mengukur kecepatan arus, thermometer untuk mengukur suhu, pH indicator untuk mengukur pH air, dan *hand refractometer* untuk mengukur salinitas air laut. Sedimen dasar diambil pada daerah permukaan, lalu disimpan dalam plastik sampel, diberi label sesuai titik stasiun dan dimasukkan ke dalam *coolbox*. Sampel sedimen kemudian diuji di UPTD Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Tenggara menggunakan metode AAS (*Atomic Absorption Spectrofotometry*). Konsentrasi logam berat hasil analisis Ni dibandingkan dengan standar baku mutu sedimen laut US-EPA, 2004 dalam sumber Sharifuzzaman *et al.* (2016) yaitu 20 mgkg^{-1} (Tabel 1). Hasil analisis kandungan logam berat kemudian di layout dalam bentuk peta sebaran menggunakan



Gambar 1. Peta Lokasi Stasiun Penelitian
 Figure 1. Map of Research Station Locations

ArcGIS 10.8 dengan metode interpolasi IDW (*Inverse Distance Weighted*).

Penilaian Status Pencemaran Sedimen

Tingkat kontaminasi logam berat dalam sedimen dari sumber alami dan antropogenik di pantai Kecamatan Molawe ditentukan berdasarkan penilaian indeks geoakumulasi (I_{geo}) dan *Contamination Factors* (CF) untuk mendapatkan tingkat pencemaran relatif dari lokasi penelitian.

Indeks Geoakumulasi (I_{geo})

I_{geo} digunakan untuk menilai intensitas pencemaran logam berat di sedimen sebelum dan sesudah adanya pengaruh daratan (Abdullah *et al.*, 2020; Halawani *et al.*, 2022). I_{geo} dihitung menggunakan persamaan (1).

$$I_{geo} = \log_2 \left[\frac{C_i}{1,5C_{ri}} \right] \dots\dots\dots 1)$$

Dimana I_{geo} adalah Indeks Geoakumulasi, C_i adalah konsentrasi logam berat dalam sedimen (mg/kg) dan C_{ri} adalah konsentrasi baku mutu logam berat yang

Tabel 1. Ambang Batas Logam Berat Nikel dalam Sedimen Menurut US-EPA

Table 1. Threshold Limit of Nickel Heavy Metal in Sediments According to US-EPA

| No. | Konsentrasi Ni (mgkg ⁻¹) | Kualitas Sedimen |
|-----|--------------------------------------|------------------|
| 1 | <20 | Tidak Tercemar |
| 2 | 20 – 50 | Cukup Tercemar |
| 3 | >50 | Sangat Tercemar |

Sumber: (Sharifuzzaman *et al.*, 2016)

menjadi acuan. Klasifikasi sedimen berdasarkan nilai indeks geoakumulasi adalah sebagai berikut: (a) 0 – 1 = tidak tercemar hingga tercemar sedang, (b) 1 – 2 = tercemar sedang, (c) 2 – 3 = tercemar sedang hingga berat, (d) 3 – 4 = tercemar berat, (e) 4 – 5 = tercemar berat hingga ekstrim, (f) >5 = tercemar ekstrim (Muller, 1969).

Faktor Kontaminasi/Contamination Factor (CF)

Faktor kontaminasi (CF) digunakan untuk mengukur tingkat kontaminasi suatu logam berat dalam sedimen (Kabir *et al.*, 2021). CF dihitung dengan membagi konsentrasi logam dalam sedimen dengan nilai acuan (Esshaimi *et al.*, 2012) dengan menggunakan persamaan (2).

$$CF = \frac{C_x}{C_b} \dots\dots\dots 2)$$

Dimana CF adalah faktor kontaminasi, C_x adalah konsentrasi logam berat dalam sedimen dan C_b adalah nilai acuan logam berat atau dapat diambil pada nilai baku mutu. Nilai CF dibagi dalam empat kelas sebagai berikut: (i) $CF < 1$ = rendah, (ii) $1 < CF < 3$ = sedang, (iii) $3 < CF < 6$ = cukup, dan (iv) $CF > 6$ = sangat tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Logam Berat Ni dalam Sedimen

Berdasarkan hasil analisis logam berat dalam sedimen, konsentrasi nikel berkisar antara 3,392 mgkg⁻¹ hingga 34,08 mgkg⁻¹. Konsentrasi nikel tertinggi berada dekat jetty di Desa Tapuemeadan konsentrasi terendah terdapat di muara Sungai Lasolo. Konsentrasi dan pola sebaran logam berat nikel pada sedimen dapat dilihat dalam Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Konsentrasi Logam Berat Ni dalam Sedimen
 Table 2. Heavy Metal Ni Concentrations in Sediments

| St. | Logam Berat (mgkg ⁻¹) | Nilai Ambang Batas (mgkg ⁻¹) | Status |
|-----|-----------------------------------|--|----------------|
| 1 | 34,08 | 20 | Cukup tercemar |
| 2 | 28,084 | | Cukup tercemar |
| 3 | 26,514 | | Cukup tercemar |
| 4 | 24,469 | | Cukup tercemar |
| 5 | 17,393 | | Tidak tercemar |
| 6 | 6,961 | | Tidak tercemar |
| 7 | 5,564 | | Tidak tercemar |
| 8 | 3,392 | | Tidak tercemar |

Parameter Fisika-Kimia Perairan

Hasil pengukuran parameter perairan yang mencakup kecepatan arus, suhu, pH air, pH sedimen dan salinitas menunjukkan nilai kecepatan arus berkisar antara 0,024 – 0,339 ms⁻¹, suhu 28 – 31°C, pH air 6 – 8, pH sedimen 3,5 – 6,3 dan salinitas 3 – 27 ppt. Hasil pengukuran parameter perairan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Fisika-Kimia Perairan
 Table 3. Physico-Chemical Parameters of Water

| St. | Kec. Arus (m/s) | Arah Arus | Suhu (°C) | pH air | Salinitas (ppt) |
|-----|-----------------|--------------------|-----------|--------|-----------------|
| 1 | 0,024 | Timur Laut | 31 | 8 | 27 |
| 2 | 0,028 | Tenggara | 31 | 7 | 27 |
| 3 | 0,024 | Timur | 31 | 8 | 24 |
| 4 | 0,025 | Tenggara | 31 | 7 | 27 |
| 5 | 0,043 | Tenggara | 31 | 6 | 25 |
| 6 | 0,142 | Tenggara | 31 | 8 | 25 |
| 7 | 0,153 | Selatan Barat Daya | 28 | 8 | 5 |
| 8 | 0,339 | Selatan Barat Daya | 28 | 8 | 3 |

Tingkat Kontaminasi

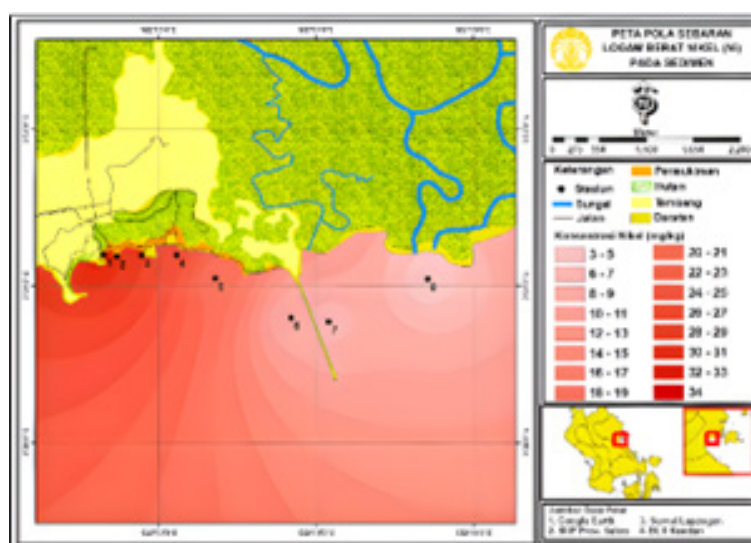
Hasil analisis menunjukkan indeks geoakumulasi (I_{geo}) berkisar antara terkontaminasi sedang dan terkontaminasi sedang hingga berat. Faktor kontaminasi berkisar antara rendah hingga sedang. Hasil analisis tersebut dapat dilihat dalam Tabel 4.

Pengaruh Parameter Perairan Terhadap Konsentrasi Ni dalam Sedimen

Hasil analisis korelasi antara parameter fisika-kimia perairan dengan konsentrasi Ni dalam sedimen, kecepatan arus berkorelasi sangat kuat secara negatif, pH berkorelasi lemah, salinitas dan suhu berkorelasi

Tabel 4. Nilai Indeks Geoakumulasi (I_{geo}) dan Faktor Kontaminasi (CF) dari Setiap Sampel
 Table 4. Geoaccumulation Index (I_{geo}) and Contamination Factor (CF) values for each sample

| St. | I _{geo} | Status | CF | Status |
|-----|------------------|------------------------------------|------|--------|
| 1 | 2,96 | Terkontaminasi Sedang hingga berat | 1,7 | Sedang |
| 2 | 2,87 | Terkontaminasi Sedang hingga berat | 1,4 | Sedang |
| 3 | 2,85 | Terkontaminasi Sedang hingga berat | 1,33 | Sedang |
| 4 | 2,81 | Terkontaminasi Sedang hingga berat | 1,22 | Sedang |
| 5 | 2,67 | Terkontaminasi Sedang hingga berat | 0,87 | Rendah |
| 6 | 2,27 | Terkontaminasi Sedang hingga berat | 0,35 | Rendah |
| 7 | 2,17 | Terkontaminasi Sedang hingga berat | 0,28 | Rendah |
| 8 | 1,96 | Terkontaminasi sedang | 0,17 | Rendah |



Gambar 2. Pola Sebaran Logam Berat Ni pada Sedimen. Sumber: Hasil analisis Laboratorium
 Figure 2. Distribution pattern of the heavy metal Ni in sediments. Source: Laboratory Analysis Results

Tabel 5. Korelasi Setiap Parameter Fisika-Kimia dengan Kandungan Ni dalam Sedimen
 Table 5. Correlation of Each Physico-Chemical Parameter with Ni Content in Sediment

| Parameter | R ² |
|----------------|----------------|
| Kecepatan Arus | -0,827 |
| pH air | -0,224 |
| Salinitas | 0,758 |
| Suhu air | 0,772 |

kuat secara positif. Hasil analisis tersebut dapat dilihat dalam Tabel 5.

Konsentrasi dan Pola Sebaran Logam Berat Ni pada Sedimen

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi logam berat nikel pada sedimen berada pada kisaran 3,922 hingga 34,08 mg/l. Nilai konsentrasi tersebut masih lebih rendah jika dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian di lokasi-lokasi perairan yang berbeda (Tabel 6) seperti di Teluk Jakarta, Perairan Kota Dumai, Teluk Lampung, Teluk Aden (Yaman) dan perairan Pulau Kabaena, Muna serta Buton. Namun, nilai tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi logam berat nikel di Pesisir Desa Tapuemea pada Bulan April 2019 (Wali *et al.*, 2020). Empat (I, II, III, IV) sampel sedimen tercemar sedang berada di sepanjang pesisir permukiman Desa Tapuemea hingga ke dekat saluran irigasi Desa Tapunggyaya. Empat sampel lainnya (V, VI, VII, dan VIII) memiliki kandungan yang masih dibawah baku mutu, dimana keempat lokasi tersebut berada di perairan sekitar permukiman Desa Tapunggyaya, jetty dan Muara Sungai Lasolo.

Merujuk pada pola distribusi, pola tersebut memiliki kesamaan dengan pola sebaran logam berat nikel pada air berdasarkan penelitian (Adidharma *et al.*, 2021) dimana konsentrasi tertinggi juga ditemukan di Stasiun I dan terendah di Stasiun VIII. Konsentrasi nikel tertinggi berada di Stasiun I yang berada dekat dengan

Jetty pertambangan di Desa Tapuemea. Nilai konsentrasi tersebut secara linear terus menurun dari Stasiun II hingga yang terendah pada Stasiun VIII yang berada di muara Sungai Lasolo dan Jetty pertambangan di Desa Tapunggyaya. Jetty pada Stasiun I diketahui merupakan satu-satunya jetty yang aktif digunakan untuk aktivitas bongkar muat hasil tambang. Menurut Perez-Cid *et al.*, (2021) dan Adibrata *et al.* (2021), lokasi dekat aktivitas tambang umumnya memiliki konsentrasi logam berat yang tinggi dan akan semakin rendah apabila lokasi semakin jauh dari aktivitas pertambangan karena aktivitas pertambangan merupakan sumber utama dari logam berat (Gunawan *et al.*, 2015). Meskipun dekat dengan Jetty pertambangan, Stasiun VII dan VIII memiliki konsentrasi Ni yang paling rendah. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya aktivitas bongkar muat yang dilakukan di jetty tersebut. Berdasarkan informasi yang dihimpun dari Konasaranews.com (2022), diketahui bahwa pada daerah pertambangan Blok Mandiodo di Kecamatan Molawe, hanya terdapat satu pelabuhan khusus atau jetty yang memiliki izin operasional lengkap dari Kementerian Perhubungan (Kemenhub) yaitu Jetty yang beroperasi di Desa Tapuemea. Selain tidak adanya aktivitas bongkar muatan tambang, ekosistem mangrove yang berada di sekitar muara Sungai Lasolo turut diduga menjadi faktor yang mempengaruhi rendahnya konsentrasi logam berat pada sedimen di lokasi ini. Mangrove sendiri dikenal dapat sebagai perangkap polutan karena memiliki sistem perakaran yang dapat menyerap logam berat serta dapat mengangkut dan menyimpan logam berat dalam jaringan mangrove itu sendiri (Takarina & Pin, 2017; Ayujawi & Takarina, 2020).

Berdasarkan Tabel 5, parameter arus (-0,827), suhu (0,772), dan salinitas (0,758) memiliki korelasi yang kuat hingga sangat kuat terhadap konsentrasi Ni pada sedimen, sedangkan pH air (-0,224) memiliki korelasi yang lemah terhadap konsentrasi Ni.

Kecepatan arus merupakan parameter yang memiliki hubungan negatif yang kuat dengan konsentrasi Ni,

Tabel 6. Komparasi Konsentrasi Logam Berat Nikel dalam Sedimen di Beberapa Lokasi yang Berbeda
 Table 6. Comparison of Nickel Heavy Metal Concentrations in Sediments at Several Different Locations

| Lokasi Perairan | Kandungan (mg kg ⁻¹) | Referensi |
|--|----------------------------------|-----------------------------|
| Perairan Desa Tapuemea dan Tapunggyaya | 3,922 - 34,08 | Studi ini |
| Perairan Desa Tapuemea, Konawe Utara | 0,76 - 9,72 | (Wali <i>et al.</i> , 2020) |
| Perairan Kabaena, Muna & Buton | 3,774 - 155,877 | (Ahmad, 2009) |
| Teluk Aden, Yaman | 16,17 - 48,07 | (Nasr <i>et al.</i> , 2006) |
| Teluk Lampung | 68,88 - 71,46 | (Sari <i>et al.</i> , 2016) |
| Perairan Kota Dumai | 215,4 - 237,18 | (Siregar & Edward, 2010) |
| Teluk Jakarta | 13,7 - 75,8 | (Budiyanto & Lestari, 2017) |

artinya semakin cepat aliran arus maka akan semakin rendah konsentrasi logam berat Ni pada sedimen. Meningkatnya kecepatan arus di suatu perairan dapat mempercepat laju pelepasan logam berat dalam sedimen sehingga dapat menurunkan konsentrasi logam berat pada sedimen dan meningkatkan konsentrasi logam berat terlarut pada air (Yan *et al.*, 2021; Najamuddin *et al.*, 2016; Al-Asadi *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2021; Gunes, 2022). Hasil pengukuran menunjukkan kecepatan arus di lokasi penelitian terus meningkat secara linear dari Stasiun 1 hingga ke Stasiun 8. Kecepatan arus yang terukur tinggi di stasiun 7 dan 8 (muara sungai Lasolo) diduga menyebabkan logam berat terlepas ke dalam air. Sedangkan rendahnya kecepatan arus di sekitar stasiun 1 hingga 4 menyebabkan laju pelepasan logam berat ke air relatif lebih rendah. Selain itu, aliran arus muara sungai yang kuat dapat menjadi faktor yang memperbesar pengangkut logam berat (Yao *et al.*, 2022) dibandingkan pengendapan ke sedimen yang umumnya terjadi pada kondisi aliran arus yang lemah (Xu *et al.*, 2023). Pada stasiun 5 dan 6, jarak lokasi dari garis pantai diduga menjadi penyebab konsentrasi logam berat di dua stasiun ini tidak setinggi di stasiun 1 hingga 4. Hal ini disebabkan karena kecepatan arus pada stasiun 5 dan 6 yang berjarak 200 – 500 meter dari garis pantai lebih kuat jika dibandingkan stasiun 1 hingga 4 yang berada di daerah pantai. Menurut Hindaryani *et al.* (2020), kecepatan arus di daerah pantai relatif lebih kecil dibanding di laut lepas.

Suhu air memiliki hubungan yang positif dengan konsentrasi logam berat dalam sedimen. Hal tersebut mendasarkan bahwa semakin tinggi suhu maka konsentrasi logam berat di sedimen makin meningkat. Menurut Surbakti *et al.* (2021) pada suhu yang relatif tinggi, konsentrasi logam berat pada air akan menjadi lebih rendah dan menyebabkan logam berat cenderung mengendap dan masuk ke sedimen. Suhu 28 – 31°C yang terukur di lapangan merupakan kisaran suhu yang umum ditemukan di perairan dan suhu tersebut relatif tidak terlalu tinggi dan juga tidak terlalu rendah. Namun, menurut (Li *et al.*, 2013), pelepasan logam berat dari sedimen ke air dapat meningkat pada suhu yang relatif tinggi yaitu 30–35°C. Berdasarkan hal tersebut, Stasiun 1 hingga Stasiun 6 dapat diduga mengalami pelepasan logam berat dari sedimen ke air, namun dengan laju pelepasan yang relatif sangat rendah. Sedangkan pada Stasiun 7 dan 8 yang memiliki suhu relatif rendah, laju pelepasan tersebut sangat rendah. Salinitas air laut umumnya dapat mempengaruhi konsentrasi logam berat dalam sedimen akibat pelepasan logam berat dari sedimen (Tao *et al.*, 2021).

Salinitas berkorelasi positif dengan logam berat dalam sedimen, sehingga dapat dikatakan bahwa semakin tinggi salinitas air laut maka semakin tinggi pula konsentrasi logam berat dalam sedimen. Salinitas air yang tinggi dapat menyebabkan terbentuknya gumpalan-gumpalan bahan organik dan mempercepat pengendapan logam berat sehingga konsentrasi logam berat dalam sedimen akan meningkat (Surbakti *et al.*, 2021). Salinitas 25 – 27 ppt yang terukur pada Stasiun 1 hingga 6 mengindikasikan bahwa salinitas air menyebabkan pengendapan logam berat lebih cepat terjadi di lokasi ini. Berbeda dengan Stasiun 7 dan 8 yang salinitasnya jauh lebih rendah (3 – 5 ppt) dimana pengendapan logam berat jauh lebih rendah.

Tingkat Kontaminasi

Hasil penilaian tingkat pencemaran yang meliputi indeks geoakumulasi (I_{geo}) dan faktor kontaminasi (CF) menunjukkan nilai masing-masing 1,96 – 2,96 dan 0,17 – 1,7. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa sedimen terkategori tercemar sedang pada daerah muara sungai dan tercemar sedang hingga berat pada daerah dekat jetty di Desa Tapuemea. Nilai Igeo dalam penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan perairan lain yang juga dipengaruhi oleh tambang seperti Buton, Kabaena dan Muna, dimana perairan tersebut memiliki Igeo tertinggi mencapai 1,191 (Helfinalis *et al.*, 2022). Namun jika dibandingkan dengan perairan yang tidak dipengaruhi oleh tambang seperti pada Teluk Palk di India, nilai tersebut masih lebih rendah (3 – 3,25) (Perumal *et al.*, 2021). Berdasarkan indeks geoakumulasi dan faktor kontaminasi, dapat dikatakan bahwa sumber antropogenik berupa pertambangan memiliki efek yang cukup besar pada pencemaran Ni dalam sedimen dan oleh karena itu perlu adanya perhatian lebih terhadap pemantauan Ni di wilayah ini untuk menanggulangi efek yang lebih besar kedepannya (Cervantes-Guerra *et al.*, 2017).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menganalisis kandungan, pola sebaran dan tingkat kontaminasi logam berat Ni dalam sedimen di perairan pesisir Desa Tapuemea dan Tapungaya. Melalui analisis AAS, konsentrasi Ni dalam sedimen berkisar antara 3,392 hingga 34,08 mgkg⁻¹. Logam berat tertinggi berada dekat lokasi pertambangan dan Jetty bongkar muat aktif dan menurun secara linear ke arah timur hingga mencapai konsentrasi terendah di Muara Sungai Lasolo. Hasil analisis indeks geoakumulasi dan faktor kontaminasi, daerah dekat pertambangan telah terkontaminasi sedang hingga berat. Oleh

karena itu, diperlukan perhatian lebih besar terhadap kontaminasi logam berat Ni di pesisir Desa Tapuemea dan Tapungaya untuk menanggulangi dampak lebih besar dimasa yang akan datang.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, kami mengusulkan agar dilakukannya pembatasan ataupun pelarangan untuk pemanfaatan hasil tangkapan laut komersial di sekitar wilayah penelitian. Hal ini memerlukan penelitian lebih lanjut mengenai penilaian kontaminasi logam berat pada organisme laut komersial yang dimanfaatkan oleh masyarakat setempat. Selain itu, perlu dilakukan penelitian mengenai peran mangrove dalam mengurangi konsentrasi logam berat serta analisis tingkat kontaminasi logam berat selain Nikel dalam sedimen untuk dihasilkannya data kontaminasi logam berat yang lengkap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dikontribusi secara penuh oleh Mohammad Afdhal Adidharma dalam rangka pemenuhan syarat tugas akhir Skripsi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada teman-teman mahasiswa angkatan 2016 Ilmu Kelautan Universitas Halu Oleo khususnya yang tergabung dalam Tim Molawe yaitu Ria Amelia Safitri Walyanse, S.Si., Wa Fitriani, S.Si., Antika Wulandari, S.Si., L. M. Fachriez, S.Si., Amirudin La Adi dan Moch. Hafiz Nitasa yang telah meluangkan waktu dan tenaga di lapangan. Terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis ucapkan kepada seluruh masyarakat Desa Tapuemea dan Tapungaya serta UPTD Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sulawesi Tenggara yang telah memfasilitasi penelitian ini dari proses sampling di lapangan hingga laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, M. I. C., Sah, A. S. R. M., & Haris, H. (2020). Geoaccumulation Index and Enrichment Factor of Arsenic in Surface Sediment of Bukit Merah Reservoir, Malaysia. *Tropical Life Sciences Research*, 31(3), 109-125. <https://doi.org/10.21315/tlsr2020.31.3.8>

Adibrata, S., Yusuf, M., Irvani, & Firdaus, M. (2021). Contamination of Heavy Metals (Pb and Cu) at Tin Sea Mining Field and Its Impact to Marine Tourism and Fisheries. *Indonesian Journal of Marine Science*, 26(2), 79-86. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.26.2.79-86>.

Adidharma, M. A., Emiyarti., & Pratikino, A. G. (2021). Sebaran Logam Berat Nikel (Ni) dalam Air di Perairan Kecamatan Molawe Kabupaten Konawe Utara. *Sapa Laut*, 6(4), 273-280. <https://doi.org/10.33772/jsl.v6i4.21851>.

Ahmad, F. (2009). Tingkat Pencemaran Logam Berat dalam Air Laut dan Sedimen di Perairan Pulau Muna, Kabaena, dan Buton Sulawesi Tenggara. *Makara Journal of Science*, 13(2), 117-124. <https://doi.org/10.7454/MSS.V13I2.407>.

Al-Asadi, S. A. R., Al-Qurnawi, W. S., Al Hawash A. B., Ghalib, H. B., & Alkhelifa, N. A. A. (2020). Water quality and impacting factors on heavy metals levels in Shatt Al-Arab River, Basra, Iraq. *Applied Water Science*, 10, 103. <https://doi.org/10.1007/s13201-020-01196-1>.

Anshariah., Rachman, C. H., & Budiman, A. A. (2016). Estimasi Sumberdaya Nikel Laterit dengan Metode Inverse Distance Weight pada Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 4(1), 1-4. <https://doi.org/10.33536/JG.V4I1.36>.

Ayujawi, S. A., & Takarina, N. D. (2020). Bioaccumulation of Heavy Metal in *Avicennia* sp. from Blanakan Riparian, Subang, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 550, 012008. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/550/1/012008>.

Budiyanto, F., & Lestari. (2017). Temporal and Spatial Distribution of Heavy Metal in Sediment of Urban Coastal Waters: A Case Study in Jakarta Bay, Indonesia. *Bulletin of the Marine Geology*, 32(1), 1-10. <https://doi.org/10.32693/bomg.v32i1.364>.

Cervantes-Guerra, Y., Pierra-Conde, A., Rodríguez-Infante, A., Almaguer-Carmenates, Y., Jürgen-Gursky, H., Van-Caneghem, J., & Vandecasteele, C. (2017). Metal accumulation in surface sediment of the urban and industrial coastal area of the municipality of Moa (Cuba): distribution and pollution assessment. *Minería y Geología*, 33(2), 108-128.

Darmansyah, K. R., Wulandari, S. Y., Marwoto, J., & Supriyantini, E. (2021). Vertical Profiles of Copper (Cu), Nickel (Ni) and Manganese (Mn) Heavy Metals of Sediments Cores in Marunda

Coast Waters, Jakarta Bay. *Jurnal Kelautan Tropis*, 23(1), 98-104. <https://doi.org/10.14710/jkt.v23i1.5667>.

- Deniyatno., & Armid. (2022). Status kawasan laut akibat aktivitas pertambangan nikel di Kecamatan Lasolo Kepulauan, Kabupaten Konawe Utara, Sulawesi Tenggara. *Pheolite Jurnal Geologi Terapan*, 4(2), 123-133. <https://doi.org/10.56099/ophiolite.v4i2.37282>.
- Esshaimi, M., Ouazzani, N., Avila, M., Perez, G., Valiente, M., & Mandi, L. (2012). Heavy Metal Contamination of Soils and Water Resources Kettara Abandoned Mine. *American Journal of Environmental Sciences*, 8(3), 253-261. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2012.253.261>.
- Gunes, G. (2022). The change of metal pollution in the water and sediment of the Bartın River in rainy and dry seasons. *Environmental Engineering Research*, 27(2), 200701. <https://doi.org/10.4491/EER.2020.701>.
- Halawani, R. F., Wilson, M. E., Hamilton, K. M., Aloufi, F. A., Taleb, M. A., Al-Zubieri, A. G., & Quicksall, A. N. (2022). Spatial Distribution of Heavy Metals in Near-Shore Marine Sediments of the Jeddah, Saudi Arabia Region: Enrichment and Associated Risk Indices. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(5), 614. <https://doi.org/10.3390/jmse10050614>.
- Helfinalis, Edward, Rugebregt, M. J., & Budiyanto, F. (2022). The impact of mining activities on sediment quality in the seafloor around Southeast of Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1118, 012053. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1118/1/012053>.
- Hindaryani, I. P., Zainuri, M., Rochaddi, B., Wulandari, S. Y., Maslukah, L., Purwanto, & Rifai, A. (2020). Pola Arus Terhadap Sebaran Konsentrasi Nitrat dan Fosfat di Perairan Pantai Mangunharjo, Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(4), 313-323. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i4.8528>.
- Hou, X., Liu, S., Cheng, F., Zhang, Y., Dong, S., Su, X., & Liu, G. (2019). Vegetation community composition along disturbance gradients of four typical open-pit mines in Yunnan Province of southwest China. *Land Degradation & Development*, 30(4), 437-447. <https://doi.org/10.1002/ldr.3234>.
- Huang, Z., Liu, C., Zhao, X., Dong, J., & Zheng, B. (2020). Risk assessment of heavy metals in the surface sediment at the drinking water source of the Xiangjiang River in South China. *Environmental Science Europe*, 32, 23. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00305-w>.
- Kabir, M. H., Rashid, M. H., Wang, Q., Wang, W., Lu, S., & Yonemochi, S. (2021). Determination of Heavy Metal Contamination and Pollution Indices of Roadside Dust in Dhaka City, Bangladesh. *Processes*, 9(10), 1732. <https://doi.org/10.3390/pr9101732>.
- Kaslan, S., & Saenuddin. (2017). Studi Luasan Terumbu Karang dengan Penginderaan Jauh di Teluk Molawe Kabupaten Konawe Utara, Sebelum, Disaat, dan Setelah Penambangan Nikel di Sekitar Teluk. *Biowallacea*, 4(2), 585-590. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/wallacea/article/download/SuppFile/4231/216>.
- Konasarane.com. (2022). Di Blok Mandiodo Cuma Satu Jetty yang Kantongi Izin Kemenhub. <https://konasarane.com/2022/07/31/di-blok-mandiodo-cuma-satu-jetty-yang-lengkap-izin/>.
- Koščová, M., Hellmer, M., Anyona, S., & Gvozdkova, T. (2018). Geo-Environmental Problems of Open Pit Mining: Classification and Solutions. *E3S Web of Conference*, 41, 01034. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184101034>.
- Kusmiana, I., Irawati, & Hasria. (2020). Analisis Kualitas Air Laut di Perairan Teluk Lasolo Kecamatan Molawe Kabupaten Konawe Utara Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Rekayasa Geofisika Indonesia*, 2(3), 25-31. <https://doi.org/10.56099/jrgi.v2i03.10223>.
- Li, H., Shi, A., Li, M., & Zhang, X. (2013). Effect of pH, Temperature, Dissolved Oxygen, and Flow Rate of Overlying Water on Heavy Metals Release from Storm Sewer Sediments. *Journal of Chemistry*, 2013, 434012. <https://doi.org/10.1155/2013/434012>.
- Muller, G. (1969). Index of Geoaccumulation in Sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 2, 108-118.

- Nasr, S. M., Okbah, M. A., & Kasem, S. M. (2006). Environmental Assessment of Heavy Metal Pollution in Bottom Sediments of Aden Port, Yemen. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 1(1), 99-109.
- Pekol, A. (2019). Evaluation and Risk Analysis of Open-pit mining Operations. *BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte*, 164, 232-236. <https://doi.org/10.1007/s00501-019-0854-9>.
- Perez-Cid, B., Falque, E., & Simal-Gandara, J. (2021). Coastline Levels of Dissolved Heavy Metals in the Estuarine Water-System of Vigo. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 2136. <https://doi.org/10.3390/ijerph18042136>.
- Perumal, K., Antony, J., & Muthuramalingam, S. (2021). Heavy metal pollutants and their spatial distribution in surface sediments from Thondi coast, Palk Bay, South India. *Environmental Sciences Europe*, 33, 63. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00501-2>.
- Prasetyo, B. E., Supriadi, A., Darmawan, A., Kurniasih, T. N., Kurniawan, F., Oktaviani, K., Isra, A., Aprilia, R., Rabbani, Q., Anggreani, D., & Setiadi, I. (2015). *Dampak Pembangunan Smelter di Kawasan Ekonomi Khusus Provinsi Sulawesi Tenggara*. Pusat Data dan Teknologi Informasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Pratiwi, Narendra, B. H., Siregar, C. A., Turjaman, M., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Mulyanto, B., Suwardi, Iskandar, Maharani, R., Rayadin, Y., Prayudyaningsih, R., Yuwati, T. W., Prematuri, R., & Susilowati, A. (2021). Managing and Reforesting Degraded Post-Mining Landscape in Indonesia: A Review. *Land*, 10(6), 658. <https://doi.org/10.3390/land10060658>.
- Pratikino, A. G., Erawan, M. T. F., Subhan, Rahman, A. A., Kolibongso, D., & Wahyudi, A. I. (2022). Distribusi dan Status Kontaminasi Logam Berat pada Sedimen di Pesisir Ranokomea, Kabupaten Bombana, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, 6(1), 19-26. <http://dx.doi.org/10.33772/jsipi.v6i1.18603>.
- Sari, F. G. T., Hidayat, D., & Septiani, D. P. (2016). Kajian Kandungan Logam Berat Mangan (Mn) dan Nikel (Ni) pada Sedimen di Pesisir Teluk Lampung. *Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1), 17-25. <http://dx.doi.org/10.23960%2Faec.v1i1.2016.p>.
- Sharifuzzaman, S. M., Rahman, H., Ashekuzzaman, S. M., Islam, M. M., Chowdhury, S. R., & Hossain, M. S. (2016). Heavy Metals Accumulation in Coastal Sediments. In H. Hasegawa, I. M. M. Rahman, & M. A. Rahman. (Eds.), *Environmental Remediation Technologies for Metal Contaminated Soils*. pp:21-43. Tokyo: Springer. https://doi.org/10.1007/978-4-431-55759-3_2.
- Siregar, Y. I., & Edward, J. (2010). Faktor Konsentrasi Pb, Cd, Cu, Ni, Zn dalam Sedimen Perairan Pesisir Kota Dumai. *Maspari Journal*, 1(1), 1-10. <https://doi.org/10.36706/MASPARI.V1I1.1007>.
- Surbakti, E. P., Iswantari, A., Effendi, H., & Sulistiono. (2021). Distribution of dissolved heavy metals Hg, Pb, Cd, and As in Bojonegara Coastal Waters, Banten Bay. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 744, 012085. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012085>.
- Takarina, N. D., & Pin, T. G. (2017). Bioconcentration factor (BCF) and translocation factor (TF) of heavy metals in mangrove trees of Blanakan fish farm. *Makara Journal of Science*, 21(2), 77-81. <https://doi.org/10.7454/mss.v21i2.7308>.
- Tao, W., Li, H., Peng, X., Zhang, W., Lou, Q., Gong, J., & Ye, J. (2021). Characteristics of Heavy Metals in Seawater and Sediments from Daya Bay (South China): Environmental Fates, Source Apportionment and Ecological Risks. *Sustainability*, 13, 10237. <https://doi.org/10.3390/su131810237>.
- Vidu, R., Matei, E., Predescu, A. M., Alhalaili, B., Pantilimon, C., Tarcea, C., & Predescu, C. (2020). Removal of Heavy Metals from Wastewaters: A Challenge from Current Treatment Methods to Nanotechnology Applications. *Toxics*, 8(4), 101. <https://doi.org/10.3390/toxics8040101>.
- Wali, W., Emiyarti, & Afu, L. A. (2020). Kandungan Logam Berat Nikel (Ni) pada Sedimen dan Air di Perairan Desa Tapuemea Kabupaten Konawe Utara. *Sapa Laut*, 5(1), 37-47. <http://dx.doi.org/10.23960%2Faec.v1i1.2016.p>.

- Xu, Y., Liao, X., & Guo, B. (2023). Assessment of Heavy Metal Pollution in Water Sediment and Study on Pollution Mechanism-Taking the Weihe River Basin in China as an Example. *Processes*, *11*(2), 416. <https://doi.org/10.3390/pr11020416>.
- Yan, H., Zhang, H., Shi, Y., Zhou, P., Li, H., Wu, D., & Liu, L. (2021). Simulation on release of heavy metals Cd and Pb in sediments. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, *31*(1), 277-287. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(21\)65494-8](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(21)65494-8).
- Yang, L., Ma, X., Luan, Z., & Yan, J. (2021). The spatial-temporal evolution of heavy metal accumulation in the offshore sediments along the Shandong Peninsula over the last 100 years: Anthropogenic and natural impacts. *Environmental Pollution*, *289*, 117894. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117894>.
- Yao, Q., Chen, L., Mao, L., Ma, Y., Tian, F., Wang, R., Meng, X., & Li, F. (2022). Co-Effects of Hydrological Conditions and Industrial Activities on the Distribution of Heavy Metal Pollution in Taipu River, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(16), 10116. <https://doi.org/10.3390/ijerph191610116>.
- Yi, Q., & Cheng, H. (2019). Review of heavy metal pollution by mining. *E3S Web of Conference*, *118*, 04028. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911804028>.
- Zhao, H., Wu, Y., Lan, X., Yang, Y., Wu, X., & Du, L. (2022). Comprehensive assessment of harmful heavy metals in contaminated soil in order to score pollution level. *Scientific Reports*, *12*, 3552. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07602-9>