Indonesian Trust Health Journal
Cetak ISSN : 2620-5564
Online ISSN : 2655-1292
https://doi.org/10.37104/ithj.v9i2.518

ANALISIS KADAR KADMIUM PADA DAGING IKAN NILA TAMBAK DAN DAMPAKNYA TERHADAP KELUHAN KESEHATAN MASYARAKAT SEKITAR TPA TERJUN PAYA PASIR

Widya Sabila, Yulia Khairina Ashar, Adenan, Nadya Ulfa Tanjung, Rani Suraya
Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakar, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
E-mail: widyasabila35@gmail.com; yuliakhairinaa@uinsu.ac.id; adenan@uinsu.ac.id; ranisuraya@uinsu.ac.id; nadyaulfatanjung@uinsu.ac.id

Abstract

The Terjun Paya Pasir Final Disposal Site (TPA) poses a potential risk of environmental contamination via heavy metals specifically cadmium (Cd) which can accumulate in farmed tilapia and endanger the health of the local population consuming them. This study aimed to analyze cadmium (Cd) levels in the flesh of farmed tilapia and examine the associations between length of residence, consumption frequency, and consumption portion size with health complaints among residents living near the Terjun Paya Pasir TPA in Medan Marelan District. A cross-sectional study design was employed, involving a sample of eight fish and 91 respondents. Cadmium levels in the eight tilapia samples were analyzed using the SM APHA (24th ed., 3030B, 2023) method, while data on respondent characteristics and health complaints were gathered through questionnaire-based interviews. Data analysis involved univariate and bivariate methods, utilizing the Chi-Square test and calculating the Prevalence Ratio (PR). The results indicated that cadmium levels across all tilapia samples ranged from 0.000328 to 0.000547 mg/L, remaining below established safety thresholds. Bivariate analysis revealed significant associations between health complaints and both length of residence (p=0.001; PR=6.328) and tilapia consumption frequency (p=0.001; PR=3.154); however, consumption portion size showed no significant association (p=0.277; PR=0.786). In conclusion, length of residence and tilapia consumption frequency are associated with health complaints among the community, whereas consumption portion size does not show a significant association. Therefore, attention must be paid to food safety, the monitoring of environmental quality and fishery products, and the surveillance of heavy metal exposure in the vicinity of the Terjun landfill.
Keywords: Cadmium, Terjun Final Disposal Site, Food Safety

Abstrak

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Terjun Paya Pasir berpotensi mencemari lingkungan melalui logam berat, salah satunya kadmium (Cd), yang dapat terakumulasi pada ikan nila tambak dan menimbulkan risiko gangguan kesehatan bagi masyarakat yang mengonsumsinya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kadar kadmium (Cd) pada daging ikan nila tambak serta hubungannya dengan lama tinggal, frekuensi konsumsi, dan porsi konsumsi terhadap keluhan kesehatan masyarakat di sekitar TPA Terjun Paya Pasir Kecamatan Medan Marelan. Penelitian menggunakan desain *cross sectional* dengan jumlah sampel ikan sebanyak 8 ekor dan responden sebanyak 91. Kadar kadmium pada delapan sampel ikan nila dianalisis menggunakan metode SM APHA, 24th., 3030B,2023, sedangkan data karakteristik responden dan keluhan kesehatan dikumpulkan melalui wawancara menggunakan kuesioner. Analisis data dilakukan secara univariat dan bivariat menggunakan uji *Chi-Square* dengan nilai *Prevalence Ratio* (PR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar kadmium pada seluruh sampel ikan nila berkisar antara 0,000328-0,000547 mg/L dan masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan. Analisis bivariat menunjukkan terdapat hubungan yang signifikan antara lama tinggal (p=0,001; PR=6,328) dan frekuensi konsumsi ikan nila (p=0,001; PR=3,154) dengan keluhan kesehatan. Disimpulkan bahwa lama tinggal dan frekuensi konsumsi ikan nila berhubungan dengan keluhan kesehatan masyarakat, sedangkan porsi konsumsi

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Indonesian Trust Health Journal
Cetak ISSN : 2620-5564
Online ISSN : 2655-1292
https://doi.org/10.37104/ithj.v9i2.518

tidak menunjukkan hubungan yang bermakna. Oleh karena itu, diperlukan perhatian terhadap keamanan pangan, pemantauan kualitas lingkungan dan hasil perikanan, serta pengawasan paparan logam berat di sekitar TPA Terjun.
Kata Kunci: Kadmium, TPA Terjun, Keamanan Pangan

PENDAHULUAN

Sampah dan pengelolaannya merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terus berkembang seiring dengan pertumbuhan penduduk, urbanisasi, dan peningkatan aktivitas manusia. Peningkatan jumlah sampah yang tidak diimbangi dengan sistem pengelolaan yang memadai dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan, terutama pencemaran tanah, air, dan udara. Fenomena tersebut semakin relevan di negara berkembang seperti Indonesia, di mana pertumbuhan penduduk dan aktivitas perkotaan berkontribusi terhadap peningkatan produksi sampah serta penurunan kualitas lingkungan (1).

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) merupakan bagian penting dalam sistem pengelolaan sampah. Namun, keberadaan TPA juga berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan apabila pengelolaan sampah dan limbah tidak dilakukan secara optimal (2). Salah satu sumber pencemar yang dapat berasal dari TPA adalah air lindi (*leachate*). Air lindi dapat membawa berbagai zat pencemar, termasuk senyawa kimia dan logam berat, kemudian mencemari tanah, air tanah, maupun air permukaan di sekitar kawasan TPA (3).

Salah satu logam berat yang perlu mendapat perhatian dalam pencemaran lingkungan adalah kadmium (Cd). Kadmium merupakan logam berat yang terutama ditemukan bersama bijih seng, timbal, dan tembaga serta memiliki berbagai aplikasi industri, termasuk pada baterai, pigmen, dan pelapis pelindung. Kadmium bersifat toksik dan dapat masuk ke lingkungan melalui berbagai sumber limbah. Keberadaannya di lingkungan menjadi perhatian karena logam berat dapat bertahan dalam waktu lama dan berpotensi terakumulasi dalam organisme.

Perairan merupakan salah satu media lingkungan yang rentan terhadap pencemaran logam berat. Kadmium yang masuk ke lingkungan perairan dapat berada dalam air maupun sedimen dan selanjutnya masuk ke dalam tubuh organisme akuatik. Dalam konteks ekotoksikologi, ikan memiliki peran penting sebagai bioindikator pencemaran logam berat karena mampu mengakumulasi kadmium melalui insang, kulit, dan jaringan tubuh (4). Proses tersebut menyebabkan keberadaan logam berat dalam lingkungan perairan perlu mendapat perhatian, terutama pada ikan yang dikonsumsi oleh masyarakat.

Ikan nila (*Oreochromis niloticus*) merupakan salah satu spesies ikan air tawar yang banyak dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomi tinggi. Ikan nila menjadi salah satu komoditas perikanan budidaya utama karena memiliki pertumbuhan yang relatif cepat, mampu beradaptasi terhadap berbagai kondisi lingkungan, serta menjadi salah satu sumber protein hewani bagi masyarakat (5). Namun, ikan nila juga dikenal sebagai salah satu organisme yang mampu mengakumulasi logam berat, termasuk kadmium (Cd), timbal (Pb), dan merkuri (Hg), pada jaringan tubuhnya (6).

Kemampuan ikan dalam mengakumulasi logam berat menyebabkan ikan dapat menjadi media perpindahan pencemar dari lingkungan ke manusia melalui rantai makanan. Kadmium yang terdapat dalam air, sedimen, atau sumber pakan dapat masuk ke dalam tubuh ikan dan mengalami akumulasi. Akumulasi logam berat pada jaringan ikan tidak hanya dapat memengaruhi kesehatan organisme tersebut, tetapi juga dapat menjadi perhatian terhadap kesehatan manusia yang mengonsumsinya (7).

Ikan nila merupakan salah satu komoditas perikanan budidaya yang penting di Indonesia. Produksi ikan nila sebagai salah satu komoditas utama perikanan budidaya mencapai lebih dari 1,3 juta ton pada tahun

This is an open access article under the CC-BY-SA license

2023, sedangkan Sumatera Utara memberikan kontribusi sekitar 9% terhadap produksi nasional . Tingginya produksi dan konsumsi ikan nila menunjukkan pentingnya pengawasan terhadap keamanan produk perikanan, khususnya apabila budidaya dilakukan di lingkungan yang memiliki potensi pencemaran (8).

Keamanan pangan hasil perikanan menjadi semakin penting apabila tambak ikan berada di sekitar sumber pencemar, seperti Tempat Pembuangan Akhir. Tambak yang berada dekat dengan fasilitas pengelolaan limbah berpotensi terpapar zat pencemar melalui air, tanah, maupun lingkungan sekitarnya. Air lindi yang berasal dari timbunan sampah dapat mengandung logam berat dan berpotensi masuk ke lingkungan sekitar apabila pengelolaan tidak dilakukan secara optimal (9).

TPA Terjun yang berada di Kelurahan Paya Pasir, Kecamatan Medan Marelan, Kota Medan, merupakan salah satu kawasan yang memiliki aktivitas masyarakat dan tambak ikan di sekitarnya. TPA tersebut telah beroperasi sejak tahun 1993 dan memiliki luas sekitar 13,44 hektare. Kawasan tersebut menjadi perhatian dalam kajian kesehatan lingkungan karena adanya pemukiman masyarakat dan aktivitas budidaya ikan yang berada di sekitar lokasi TPA.

Penelitian sebelumnya di kawasan sekitar TPA Terjun menunjukkan adanya potensi pencemaran logam berat pada media lingkungan. Penelitian Egidia yang digunakan sebagai salah satu penelitian terdahulu dalam skripsi menunjukkan adanya hubungan antara faktor lingkungan dan keberadaan kadmium pada air sumur masyarakat di sekitar TPA Terjun. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pencemaran dari lingkungan TPA perlu mendapat perhatian karena masyarakat dapat terpapar melalui berbagai media lingkungan (10).

Selain pada air, keberadaan kadmium juga dapat menjadi perhatian pada organisme akuatik yang berasal dari lingkungan sekitar TPA. Penelitian sebelumnya menunjukkan adanya bioakumulasi kadmium pada ikan nila di kawasan sekitar TPA Terjun, dengan konsentrasi yang pada beberapa titik dilaporkan melebihi standar keamanan pangan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pemeriksaan kandungan logam berat pada ikan yang dikonsumsi masyarakat penting dilakukan sebagai bagian dari pengawasan keamanan pangan dan kesehatan lingkungan.

Batas maksimum kandungan kadmium dalam bahan pangan diperlukan untuk melindungi masyarakat dari risiko pajanan logam berat. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia Nomor 7387:2009 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan, batas maksimum kandungan kadmium pada ikan dan produk perikanan secara umum adalah sebesar ≤0,1 mg/kg (11). Oleh karena itu, pemeriksaan kadar kadmium pada ikan nila diperlukan untuk mengetahui apakah ikan yang berasal dari lingkungan sekitar TPA masih memenuhi persyaratan keamanan pangan untuk dikonsumsi.

Kadmium yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan. Konsumsi ikan yang terpapar logam berat dapat berhubungan dengan munculnya gangguan pada sistem pencernaan, seperti mual, muntah, nyeri perut, penurunan nafsu makan, serta iritasi pada saluran pencernaan. Paparan kadmium dalam jangka panjang juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan secara bertahap dan berkelanjutan (12).

Risiko kesehatan akibat pajanan suatu zat tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi zat tersebut dalam bahan pangan, tetapi juga oleh pola pajanan individu. Lama tinggal merupakan salah satu faktor yang dapat menggambarkan durasi seseorang berada dalam suatu lingkungan. Masyarakat yang tinggal lebih lama di sekitar sumber pencemar berpotensi mengalami pajanan lingkungan dalam waktu yang lebih panjang dibandingkan dengan masyarakat yang tinggal dalam periode lebih singkat.

Selain lama tinggal, frekuensi konsumsi pangan juga menjadi salah satu faktor penting dalam menggambarkan potensi pajanan melalui makanan. Konsumsi ikan secara berulang dapat meningkatkan jumlah pajanan suatu zat apabila ikan berasal dari

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Indonesian Trust Health Journal
Cetak ISSN : 2620-5564
Online ISSN : 2655-1292
https://doi.org/10.37104/ithj.v9i2.518

lingkungan yang telah tercemar. Masyarakat yang tinggal di sekitar kawasan perairan atau lokasi budidaya ikan cenderung memiliki kebiasaan mengonsumsi ikan lokal dengan frekuensi yang cukup tinggi karena faktor ketersediaan dan kemudahan memperoleh ikan (13).

Penelitian mengenai pencemaran logam berat di sekitar TPA telah banyak dilakukan, terutama pada media lingkungan seperti air, tanah, dan sedimen. Namun, penelitian yang mengkaji akumulasi logam berat pada biota perairan, khususnya ikan yang dikonsumsi masyarakat, masih perlu dikembangkan. Selain itu, sebagian penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada pengukuran kandungan logam berat di lingkungan tanpa mengaitkannya dengan gambaran keluhan kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar sumber pencemar (12).

Pemeriksaan kadar kadmium pada daging ikan nila dapat memberikan informasi mengenai keamanan pangan, sedangkan pengukuran lama tinggal dan frekuensi konsumsi dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik pajanan masyarakat. Penggabungan pemeriksaan laboratorium pada bahan pangan dengan kajian karakteristik pajanan dan keluhan kesehatan masyarakat dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi risiko kesehatan lingkungan di kawasan sekitar TPA.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis kadar kadmium (Cd) pada daging ikan nila yang dibudidayakan di tambak sekitar TPA Terjun Paya Pasir serta menganalisis hubungan lama tinggal dan frekuensi konsumsi ikan nila dengan keluhan kesehatan masyarakat di sekitar TPA Terjun Paya Pasir, Kecamatan Medan Marelan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu kesehatan lingkungan, khususnya terkait pencemaran logam berat pada bahan pangan hasil perikanan dan potensi dampaknya terhadap kesehatan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain observasional menggunakan pendekatan *cross-sectional*. Penelitian dilakukan untuk menggambarkan kadar logam berat kadmium (Cd) pada daging ikan nila tambak di sekitar TPA Terjun serta menganalisis hubungan karakteristik pajanan masyarakat dengan keluhan kesehatan. Penelitian dilaksanakan di sekitar Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Terjun, khususnya Lingkungan I, Kelurahan Paya Pasir, Kecamatan Medan Marelan, Kota Medan. Lokasi penelitian dipilih karena wilayah tersebut berada berdekatan dengan TPA dan terdapat aktivitas masyarakat serta tambak ikan yang menjadi sumber konsumsi masyarakat. Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai April 2026.

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian terdiri atas masyarakat Lingkungan I di sekitar TPA Terjun dan ikan nila yang dibudidayakan di tambak sekitar TPA. Sampel masyarakat berjumlah 91 responden yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Sampel ikan nila berjumlah delapan ekor yang diambil dari delapan tambak pada jarak 100-800 meter dari titik terluar TPA. Responden memenuhi kriteria berusia >18 tahun, telah tinggal minimal 10 tahun di lokasi penelitian, tidak menggunakan air sumur sebagai air minum, dan tidak merokok. Responden dengan riwayat penyakit saluran pencernaan atau ginjal serta yang sedang menjalani pengobatan akibat keluhan saluran pencernaan dikeluarkan dari penelitian.

Instrumen dan Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan kuesioner terstruktur untuk mengumpulkan data karakteristik responden, lama tinggal, frekuensi konsumsi ikan nila, dan keluhan kesehatan yang meliputi mual, muntah, diare, dan nyeri perut. Uji validitas terhadap 30 responden menunjukkan seluruh item keluhan kesehatan valid (r hitung 0,701–0,713 > r tabel 0,361), sedangkan uji reliabilitas

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Indonesian Trust Health Journal
Cetak ISSN : 2620-5564
Online ISSN : 2655-1292
https://doi.org/10.37104/ithj.v9i2.518

menghasilkan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,660.

Data kadar kadmium diperoleh melalui pemeriksaan laboratorium pada daging ikan nila menggunakan metode SM APHA 24th Edition 3030B dan 3120B tahun 2023. Sampel ikan diambil dari masing-masing tambak, dipreparasi dengan memisahkan bagian daging, kemudian sebanyak 300 gram daging ikan dari setiap sampel disimpan dalam wadah steril dan dibawa menggunakan *cool box* ke laboratorium untuk pemeriksaan.

Data masyarakat dikumpulkan melalui wawancara menggunakan kuesioner. Lama tinggal dikategorikan menjadi 10-20 tahun dan >20 tahun, sedangkan frekuensi konsumsi ikan nila dikategorikan menjadi 1-3 kali per minggu dan >3 kali per minggu. Keluhan kesehatan dikategorikan berisiko apabila responden mengalami lebih dari satu jenis keluhan, sedangkan tidak berisiko apabila tidak mengalami keluhan atau hanya mengalami satu jenis keluhan.

Analisis Data

Analisis univariat dilakukan untuk menggambarkan distribusi kadar kadmium, lama tinggal, frekuensi konsumsi ikan nila, dan keluhan kesehatan masyarakat. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi, persentase, dan deskripsi hasil pemeriksaan laboratorium. Analisis bivariat dilakukan untuk menganalisis hubungan antara lama tinggal dengan keluhan kesehatan serta hubungan antara frekuensi konsumsi ikan nila dengan keluhan kesehatan. Uji statistik yang digunakan adalah uji *Chi-Square* dengan tingkat kemaknaan 95% (α = 0,05). Hubungan dinyatakan bermakna apabila nilai *p-value* <0,05. Besarnya risiko hubungan antara variabel independen dan keluhan kesehatan dihitung menggunakan *Prevalence Ratio* (PR) dengan *Confidence Interval* (CI) 95%.

HASIL PENELITIAN

Tabel 1. Kadar Kadmium (Cd) pada Daging Ikan Nila Berdasarkan Jarak Tambak dari TPA Terjun

No	Jarak tambak	Kadar Cd (mg/L)	Keterangan
1	100 m	0,000490	Memenuhi standar
2	200 m	0,000328	Memenuhi standar
3	300 m	0,000345	Memenuhi standar
4	400 m	0,000455	Memenuhi standar
5	500 m	0,000399	Memenuhi standar
6	600 m	0,000437	Memenuhi standar
7	700 m	0,000521	Memenuhi standar
8	800 m	0,000547	Memenuhi standar

Secara keseluruhan, kadar Cd pada delapan sampel berada pada rentang 0,000328-0,000547. Seluruh sampel dinyatakan memenuhi standar berdasarkan batas yang digunakan dalam penelitian. Meskipun demikian, keberadaan Cd pada seluruh sampel menunjukkan bahwa logam berat tersebut terdeteksi pada daging ikan nila yang berasal dari tambak di sekitar TPA Terjun.

Tabel 2. Distribusi Responden Berdasarkan Lama Tinggal

Lama Tinggal	n	%
10-20 tahun	64	70,3
>20 tahun	27	29,7
Total	**91**	**100**

Sebanyak 64 responden (70,3%) telah tinggal selama 10-20 tahun, sedangkan 27 responden (29,7%) telah tinggal lebih dari 20 tahun.

Tabel 3. Distribusi Responden Berdasarkan Konsumsi Ikan Nila dari Tambak Sekitar TPA

Konsumsi ikan nila	n	%
Ya	91	70,3
Tidak	0	29,7
Total	**91**	**100**

Sebanyak 91 responden (100%) mengonsumsi ikan nila dari tambak sekitar TPA, sehingga tidak terdapat responden yang termasuk dalam kelompok tidak mengonsumsi.

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Indonesian Trust Health Journal
Cetak ISSN : 2620-5564
Online ISSN : 2655-1292
https://doi.org/10.37104/ithj.v9i2.518

Tabel 4. Distribusi Frekuensi Konsumsi Ikan Nila

Lama Tinggal	n	%
>3 kali/minggu	36	39,6
1-3 kali/minggu	55	60,4
Tidak pernah	0	0,0
Total	**91**	**100**

Sebanyak 55 responden (60,4%) mengonsumsi ikan nila 1-3 kali per minggu, sedangkan 36 responden (39,6%) mengonsumsi lebih dari tiga kali per minggu. Tidak terdapat responden yang tidak mengonsumsi ikan nila dalam satu minggu terakhir.

Tabel 5. Distribusi Keluhan Kesehatan Masyarakat

Keluhan Kesehatan	Ya		Tidak	
	n	%	n	%
Mual	34	37,4	57	62,6
Muntah	12	13,2	79	86,8
Nyeri perut	28	30,8	63	69,2
Diare	21	23,1	70	6,9

Keluhan yang paling banyak dilaporkan adalah mual, yaitu sebanyak 34 responden (37,4%), diikuti nyeri perut sebanyak 28 responden (30,8%), diare sebanyak 21 responden (23,1%), dan muntah sebanyak 12 responden (13,2%). Sementara itu, responden yang tidak mengalami mual sebanyak 57 orang (62,6%), tidak mengalami muntah sebanyak 79 orang (86,8%), tidak mengalami nyeri perut sebanyak 63 orang (69,2%), dan tidak mengalami diare sebanyak 70 orang (76,9%).

Tabel 6. Distribusi Responden Berdasarkan Kategori Risiko Keluhan Kesehatan

Kategori	n	%
Berisiko	27	29,7
Tidak berisiko	64	70,3
Total	**91**	**100**

Sebanyak 27 responden (29,7%) termasuk kategori berisiko, sedangkan 64 responden (70,3%) termasuk kategori tidak berisiko.

Tabel 7. Distribusi Waktu Munculnya Keluhan setelah Mengonsumsi Ikan Nila

Waktu Munculnya Keluhan	n	%
<1 jam	10	11,0
1-6 jam	36	39,6
6-24 jam	6	6,6
Tidak tahu	39	42,9
Total	**91**	**100**

Sebanyak 36 responden (39,6%) melaporkan keluhan pada rentang 1-6 jam setelah mengonsumsi ikan nila. Sebanyak 10 responden (11,0%) melaporkan keluhan kurang dari satu jam dan 6 responden (6,6%) pada rentang 6–24 jam. Sementara itu, 39 responden (42,9%) tidak mengetahui atau tidak dapat memastikan waktu munculnya keluhan.

Tabel 8. Hubungan Lama Tinggal dengan Keluhan Kesehatan Masyarakat

Lama Tinggal	Keluhan kesehatan		P value	PR (95% CI)
	Berisiko	Tidak berisiko		
>20 tahun	23	4	0,001	6,328
10-20 tahun	4	60		
Total	**27**	**64**		

Kelompok responden yang tinggal lebih dari 20 tahun memiliki jumlah keluhan kesehatan berisiko yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang tinggal 10-20 tahun. Hasil uji statistik menunjukkan p=0,001, sehingga terdapat hubungan yang bermakna antara lama tinggal di sekitar TPA Terjun Paya Pasir dengan keluhan kesehatan. Nilai PR sebesar 6,328 (95% CI: 2,556-15,669) menunjukkan bahwa responden yang tinggal lebih dari 20 tahun memiliki risiko keluhan kesehatan 6,328 kali dibandingkan responden yang tinggal 10-20 tahun.

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Indonesian Trust Health Journal
Cetak ISSN : 2620-5564
Online ISSN : 2655-1292
https://doi.org/10.37104/ithj.v9i2.518

Tabel 9. Hubungan Frekuensi Konsumsi Ikan Nila dengan Keluhan Kesehatan Masyarakat

Frekuensi Konsumsi	Keluhan Kesehatan		p value	PR (95% CI)
	Berisiko	Tidak Berisiko		
>3x	25	11	0,001	3,154
1-3x	2	53		
Total	**27**	**64**		

Hasil analisis menunjukkan bahwa responden yang mengonsumsi ikan nila lebih dari tiga kali per minggu memiliki jumlah keluhan kesehatan berisiko yang lebih tinggi dibandingkan kelompok yang mengonsumsi 1-3 kali per minggu. Uji statistik menunjukkan p=0,001, dengan PR sebesar 3,154 (95% CI: 1,922-5,147). Dengan demikian, terdapat hubungan yang bermakna antara frekuensi konsumsi ikan nila dengan keluhan kesehatan masyarakat.

PEMBAHASAN

Kadar Kadmium (Cd) Pada Daging Ikan Nila

Hasil pemeriksaan laboratorium terhadap delapan sampel daging ikan nila dari tambak di sekitar TPA Terjun Paya Pasir menunjukkan adanya kandungan kadmium (Cd) pada seluruh sampel, dengan kadar berkisar antara 0,000328-0,000547 mg/L. Meskipun Cd terdeteksi pada seluruh sampel, nilainya masih berada di bawah ambang batas maksimum yang digunakan dalam penelitian, sehingga berdasarkan parameter kadmium, ikan nila yang diperiksa masih memenuhi persyaratan keamanan pangan.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa keberadaan Cd di lingkungan sekitar TPA belum dapat diabaikan meskipun konsentrasinya pada daging ikan relatif rendah. Kadmium merupakan logam berat yang dapat terakumulasi dalam organisme melalui proses penyerapan dari lingkungan dan selanjutnya terdistribusi ke jaringan tubuh. Akumulasi tersebut dapat dipengaruhi oleh konsentrasi pencemar di lingkungan, lama paparan, ukuran atau umur ikan, kualitas air, sumber pakan, serta kemampuan organisme dalam mengeliminasi logam.

Variasi kadar Cd pada delapan titik pengambilan sampel juga menunjukkan bahwa konsentrasi Cd tidak meningkat secara linear berdasarkan jarak tambak dari TPA. Kadar terendah ditemukan pada jarak 200 m sebesar 0,000328 mg/L, sedangkan kadar tertinggi ditemukan pada jarak 800 m sebesar 0,000547 mg/L. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jarak dari sumber pencemar bukan satu-satunya faktor yang menentukan kadar Cd pada ikan. Karakteristik masing-masing tambak, kondisi perairan, sedimentasi, sumber air, pakan, serta proses pengenceran dan perpindahan pencemar dapat memengaruhi keberadaan Cd pada ikan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Arisma yang menemukan adanya kandungan Cd pada ikan nila di perairan, meskipun kadarnya masih berada di bawah batas yang ditetapkan (14). Penelitian lain mengenai bioakumulasi Cd pada ikan nila juga menunjukkan bahwa logam tersebut dapat terakumulasi pada organ insang, hati, dan daging ikan (15). Dengan demikian, meskipun hasil pemeriksaan dalam penelitian ini belum menunjukkan kadar yang melebihi batas, ditemukannya Cd pada seluruh sampel tetap perlu menjadi perhatian karena paparan berulang terhadap logam yang bersifat akumulatif dapat meningkatkan beban paparan dalam jangka panjang.

Konsumsi Ikan Nila dari Tambak Sekitar TPA

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh responden mengonsumsi ikan nila yang berasal dari tambak di sekitar TPA Terjun Paya Pasir. Kondisi ini memperlihatkan bahwa ikan nila dari tambak sekitar wilayah penelitian merupakan salah satu sumber pangan yang dikonsumsi masyarakat. Keadaan tersebut menjadi penting dalam perspektif kesehatan lingkungan karena ikan dapat menjadi media perpindahan pencemar dari lingkungan perairan ke manusia melalui rantai makanan.

Kebiasaan mengonsumsi ikan lokal dapat dipengaruhi oleh ketersediaan, kemudahan memperoleh ikan, harga yang

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Indonesian Trust Health Journal
Cetak ISSN : 2620-5564
Online ISSN : 2655-1292
https://doi.org/10.37104/ithj.v9i2.518

relatif terjangkau, serta kebiasaan masyarakat dalam menjadikan ikan sebagai sumber protein. Penelitian Maiman menunjukkan bahwa masyarakat pada wilayah yang memiliki sumber daya perikanan cenderung mengonsumsi ikan lokal karena mudah diperoleh dan tersedia di lingkungan sekitar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa aspek keamanan ikan yang berasal dari lingkungan sekitar perlu mendapat perhatian, khususnya apabila lokasi budidaya berada di wilayah yang berpotensi menerima paparan pencemar (16).

Dalam penelitian ini, keberadaan Cd pada seluruh sampel ikan menunjukkan adanya jalur pajanan yang secara teoritis dapat terjadi melalui konsumsi pangan. Namun, temuan tersebut belum dapat diartikan bahwa keluhan kesehatan responden disebabkan oleh Cd pada ikan. Kadar Cd yang diperoleh masih berada di bawah ambang batas yang digunakan dalam penelitian dan tidak dilakukan pemeriksaan biomarker Cd pada tubuh responden. Oleh karena itu, hasil penelitian lebih tepat dipahami sebagai gambaran adanya potensi pajanan melalui konsumsi ikan serta pentingnya pengawasan keamanan pangan secara berkala.

Frekuensi Konsumsi Ikan Nila

Sebagian besar responden mengonsumsi ikan nila sebanyak 1-3 kali per minggu, yaitu 55 orang (60,4%), sedangkan 36 orang (39,6%) mengonsumsi ikan nila lebih dari tiga kali per minggu. Tidak terdapat responden yang tidak mengonsumsi ikan nila. Dengan demikian, seluruh responden memiliki kebiasaan mengonsumsi ikan nila dari tambak sekitar TPA dengan frekuensi tertentu setiap minggu.

Frekuensi konsumsi menjadi penting karena semakin sering suatu bahan pangan dikonsumsi, semakin sering pula individu berpotensi mengalami pajanan terhadap zat yang terdapat dalam pangan tersebut. Dalam konteks logam berat, paparan berulang perlu diperhatikan karena efek paparan tidak hanya ditentukan oleh konsentrasi zat dalam satu kali konsumsi, tetapi juga dapat berkaitan dengan frekuensi dan lamanya pajanan. Dwipayanti menjelaskan bahwa penilaian risiko logam berat dari konsumsi ikan dipengaruhi oleh konsentrasi logam dalam ikan, jumlah ikan yang dikonsumsi, frekuensi konsumsi, lama paparan, dan karakteristik individu (17).

Namun demikian, frekuensi konsumsi dalam penelitian ini tidak dapat digunakan sebagai bukti bahwa Cd merupakan penyebab keluhan kesehatan. Hal tersebut karena sumber keluhan kesehatan dapat berasal dari berbagai faktor lain dan penelitian tidak melakukan pengukuran kadar Cd dalam tubuh responden. Oleh sebab itu, frekuensi konsumsi lebih tepat diposisikan sebagai salah satu indikator potensi pajanan melalui jalur pangan.

Keluhan Kesehatan Masyarakat

Keluhan kesehatan yang dilaporkan responden meliputi mual, muntah, nyeri perut, dan diare. Keluhan yang paling banyak dilaporkan adalah mual sebanyak 34 responden (37,4%), diikuti nyeri perut sebanyak 28 responden (30,8%), diare sebanyak 21 responden (23,1%), dan muntah sebanyak 12 responden (13,2%). Meskipun demikian, sebagian besar responden tidak mengalami masing-masing keluhan tersebut.

Keluhan tersebut merupakan gejala yang dapat ditemukan pada berbagai gangguan saluran pencernaan dan tidak bersifat spesifik untuk paparan Cd. Pada paparan Cd dalam jumlah tinggi, gangguan saluran pencernaan seperti mual, muntah, nyeri abdomen, dan diare dapat terjadi. Konsumsi kadmium dalam jumlah tinggi melalui makanan atau minuman dapat menimbulkan gangguan saluran cerna, tetapi respons individu terhadap paparan dapat berbeda berdasarkan dosis, lama paparan, dan kondisi kesehatan individu (18).

Selain Cd, keluhan pencernaan juga dapat dipengaruhi oleh kondisi pangan dan lingkungan lainnya. Penelitian Shabhati menunjukkan adanya keterkaitan antara konsumsi makanan yang tidak aman dengan kejadian diare (19), sedangkan Sari menjelaskan bahwa kejadian diare juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan, terutama

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Indonesian Trust Health Journal
Cetak ISSN : 2620-5564
Online ISSN : 2655-1292
https://doi.org/10.37104/ithj.v9i2.518

higiene dan sanitasi. Oleh karena itu, keluhan kesehatan yang ditemukan pada penelitian ini tidak dapat secara langsung dikaitkan dengan kandungan Cd pada ikan. Temuan tersebut lebih tepat menunjukkan adanya keluhan saluran pencernaan pada sebagian responden yang mengonsumsi ikan nila dari tambak sekitar TPA (20).

Waktu Munculnya Keluhan Kesehatan

Berdasarkan hasil penelitian, sebanyak 36 responden (39,6%) melaporkan keluhan muncul dalam waktu 1-6 jam setelah mengonsumsi ikan nila, 10 responden (11,0%) dalam waktu kurang dari satu jam, dan 6 responden (6,6%) dalam waktu 6-24 jam. Sementara itu, 39 responden (42,9%) tidak mengetahui waktu pasti munculnya keluhan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian responden yang mengalami keluhan merasakan gejala dalam beberapa jam setelah konsumsi, meskipun waktu munculnya keluhan tidak dapat digunakan untuk memastikan penyebabnya.

Munculnya keluhan dalam hitungan jam dapat ditemukan pada berbagai kondisi gangguan saluran pencernaan setelah konsumsi makanan, tetapi waktu munculnya gejala tidak dapat digunakan untuk memastikan jenis zat pencemar yang menjadi penyebab. Terjadinya mual, muntah, nyeri perut, atau diare dapat dipengaruhi oleh jenis kontaminan, jumlah zat yang masuk, kondisi pangan, serta respons masing-masing individu (21).

Dalam konteks Cd, interpretasi waktu munculnya keluhan perlu dilakukan secara hati-hati. Paparan Cd dalam jumlah tinggi dapat menimbulkan gangguan saluran cerna, sedangkan paparan dalam jangka panjang lebih berkaitan dengan sifat Cd yang dapat terakumulasi dalam tubuh. Oleh karena itu, meskipun terdapat responden yang melaporkan keluhan beberapa jam setelah mengonsumsi ikan, penelitian ini belum dapat membuktikan bahwa keluhan tersebut merupakan efek akut Cd dari ikan nila (22).

Hubungan Lama Tinggal dengan Keluhan Kesehatan

Hasil analisis menunjukkan terdapat hubungan yang bermakna antara lama tinggal di sekitar TPA Terjun Paya Pasir dengan keluhan kesehatan dengan nilai p = 0,001. Responden yang telah tinggal lebih dari 20 tahun memiliki PR sebesar 6,328 (95% CI: 2,556-15,669) dibandingkan responden yang tinggal selama 10–20 tahun. Dengan demikian, responden dengan lama tinggal lebih dari 20 tahun memiliki prevalensi keluhan kesehatan yang lebih tinggi dibandingkan kelompok dengan lama tinggal 10-20 tahun.

Hubungan tersebut dapat menunjukkan bahwa lama tinggal merupakan salah satu indikator panjangnya waktu seseorang berada di lingkungan sekitar TPA. Semakin lama seseorang tinggal di suatu wilayah, semakin panjang pula kesempatan untuk mengalami paparan terhadap berbagai faktor lingkungan. Paparan tersebut tidak hanya dapat berasal dari konsumsi ikan, tetapi juga dapat berasal dari kualitas air, udara, tanah, sanitasi, maupun sumber pencemar lainnya.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Panjaitan, yang menemukan adanya hubungan antara lama paparan di lingkungan TPA dengan keluhan kesehatan. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa durasi berada di lingkungan yang berpotensi tercemar dapat menjadi salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam kajian kesehatan masyarakat sekitar TPA (23).

Meskipun demikian, hasil penelitian ini tidak dapat diartikan bahwa semakin lama tinggal maka keluhan kesehatan pasti disebabkan oleh Cd pada ikan nila. Penelitian tidak mengukur kadar Cd dalam tubuh responden dan tidak menganalisis berbagai faktor perancu seperti kualitas air minum, sanitasi, pekerjaan, status gizi, maupun paparan logam berat dari sumber lain. Oleh karena itu, hubungan lama tinggal dengan keluhan kesehatan menunjukkan adanya keterkaitan, sedangkan mekanisme spesifik Cd dari ikan sebagai penyebab keluhan masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Hubungan Frekuensi Konsumsi dengan Keluhan Kesehatan

Hasil analisis menunjukkan terdapat hubungan yang bermakna antara frekuensi konsumsi ikan nila dengan keluhan kesehatan dengan nilai *p* = 0,001. Responden yang mengonsumsi ikan nila lebih dari tiga kali per minggu memiliki PR sebesar 3,154 (95% CI: 1,922-5,147) dibandingkan responden yang mengonsumsi ikan nila 1-3 kali per minggu. Pada kelompok konsumsi lebih dari tiga kali per minggu terdapat 25 responden yang termasuk kategori berisiko dan 11 responden yang tidak berisiko, sedangkan pada kelompok 1-3 kali per minggu terdapat 2 responden berisiko dan 53 responden tidak berisiko.

Hubungan tersebut menunjukkan bahwa frekuensi konsumsi yang lebih tinggi berkaitan dengan prevalensi keluhan kesehatan yang lebih tinggi. Secara epidemiologis, frekuensi konsumsi dapat menggambarkan seberapa sering seseorang terpapar melalui jalur pangan. Hal ini menjadi relevan pada logam berat karena paparan yang berlangsung berulang perlu diperhatikan dalam penilaian risiko. Penelitian Dwipayanti juga menempatkan frekuensi dan lama konsumsi sebagai faktor yang perlu diperhitungkan dalam penilaian risiko logam berat dari konsumsi ikan (17).

Selain itu, penelitian Indrawati menunjukkan bahwa ikan nila dapat digunakan sebagai bioindikator pencemaran logam berat karena mampu mengakumulasi logam dari lingkungan (24). Kondisi tersebut memperkuat pentingnya pemantauan ikan konsumsi yang berasal dari wilayah yang berpotensi tercemar.

Namun, hasil hubungan antara frekuensi konsumsi dan keluhan kesehatan dalam penelitian ini tetap harus ditafsirkan secara hati-hati. Seluruh sampel ikan memang menunjukkan adanya Cd, tetapi kadarnya masih berada di bawah ambang batas yang digunakan. Selain itu, tidak dilakukan pemeriksaan biomarker Cd pada responden. Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan adanya hubungan antara frekuensi konsumsi ikan nila dengan keluhan kesehatan, tetapi belum dapat membuktikan bahwa hubungan tersebut secara spesifik disebabkan oleh paparan Cd dari ikan nila.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar kadmium (Cd) pada daging ikan nila tambak di sekitar TPA Terjun Paya Pasir masih berada di bawah ambang batas yang ditetapkan. Lama tinggal dan frekuensi konsumsi ikan nila berhubungan dengan keluhan kesehatan masyarakat, sedangkan porsi konsumsi tidak menunjukkan hubungan yang bermakna. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi dalam memberikan gambaran mengenai keamanan ikan konsumsi serta karakteristik pajanan yang berkaitan dengan keluhan kesehatan masyarakat di sekitar TPA.

SARAN

Pemantauan kualitas lingkungan di sekitar TPA Terjun Paya Pasir dan pemeriksaan kandungan logam berat pada ikan yang dikonsumsi masyarakat perlu dilakukan secara berkala sebagai upaya pencegahan pajanan. Masyarakat juga disarankan memperhatikan keamanan dan sumber ikan yang dikonsumsi serta menjaga higiene dan sanitasi untuk mengurangi faktor lain yang dapat memengaruhi keluhan saluran pencernaan. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan melakukan penelitian dengan jumlah dan cakupan sampel yang lebih besar serta mengukur biomarker Cd pada manusia, kualitas air dan sedimen, serta faktor perancu lainnya sehingga hubungan antara paparan Cd dari ikan dan kondisi kesehatan masyarakat dapat dianalisis dengan lebih kuat.

REFERENSI

1. Syafii M, Ashar T, Nurmaini. Analysis of Cadmium Contamination in Well Water Around the Terjun Landfill Medan Marelan District. Contagion: Scientific Periodical Journal of Public Health and Coastal Health. 2024 Mar 14;6(1):101–14. doi:10.30829/CONTAGION.V6I1.18727

This is an open access article under the CC-BY-SA license

2. Syafutra R, Sari SG, Setiawati I, Safriani M, Islami PYN, Tan I, et al. Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan . Yuluani W, editor. Padang: Lingkar Edukasi Indonesia; 2026.
3. Ashar YK. Level of Knowledge and Attitude of Waste Management in Faculty of Public Health Students UIN Sumatera Utara Medan. Contagion: Scientific Periodical Journal of Public Health and Coastal Health. 2020 May 16;2(1):28–38. doi:10.30829/CONTAGION.V2I1.7258
4. Zarkasy MR, Khairuddin K, Yamin M. Analysis of Cadmium (Cd) Heavy Metals Using Bioindicator Climbing pearch fish (Anabas testudineus) Derived from Rawa Taliwang Lake, West Sumbawa Regency 2025. Jurnal Biologi Tropis. 2025 Jun 22;25(2):2304–10. doi:10.29303/JBT.V25I2.9359
5. Aini NR, Diniarti N, Diamahesa WA. The Effect of Herbal Probiotic Supplementation on the Growth Performance and Survival Rate of Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) in a Closed Aquaculture System. Jurnal Biologi Tropis. 2025 May 21;25(2):1885–93. doi:10.29303/JBT.V25I2.9072
6. Khairuddin, Yamin M, Kusmiyati, Sedijani P. Analysis of Mercury Heavy Metal Content in Tilapia (Oreochromis niloticus) From Rawa Taliwang Lake. Jurnal Biologi Tropis. 2025 Sep 30;25(3):4730–8. doi:10.29303/JBT.V25I3.10331
7. Tuska HSA, Residiwati G, Hariati AM, Sanusi A, Ciptadi G, Rumhayati B, et al. Ecotoxicological effects of heavy metal contamination on reproductive health and gamete quality in female Nile tilapia (Oreochromis niloticus) from the Brantas River Basin, Indonesia. Vet World. 2025 Jun 1;18(6):1634. doi:10.14202/VETWORLD.2025.1634-1643 PubMed PMID: 40689198.
8. Aeni N. Strategi Pengembangan Budi Daya Ikan Nila Salin (Oreochromis niloticus) di Kabupaten Pati. Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. 2023 Jun 27;9(1):1–16. doi:10.15578/MARINA.V9I1.11739
9. Shidqi MT, Ekalaturrahmah YAC. Kualitas Perairan Laut dan Dampak Limbah Budidaya Udang. Yuliani W, editor. Padang: CV Dunia Penerbitan Buku; 2026.
10. Harpah N, Egidia V, Manalu SP, Sari YA, Herlina N, Anggraini D, et al. The bioaccumulation of heavy metal on Tilapiah (Oreochromis niloticus) on traditional tidal ponds for aquaculture in the vicinity of the Terjun landfill in Medan. IOP Conf Ser Earth Environ Sci. 2024 Nov 1;1413(1):012001. doi:10.1088/1755-1315/1413/1/012001
11. Gonibala NNR, Sondakh RC, Doda DVD. Analisis Kandungan Logam Berat Arsenik (As), Timbal (Pb), Dan Kadmium (Cd) Pada Daging Ikan Di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung. VitaMedica : Jurnal Rumpun Kesehatan Umum. 2026 Jul 30;4(3):323–37. doi:10.62027/VITAMEDICA.V4I3.829
12. Thaher YN. Analisis Pengaruh Logam Berat Dalam Air Bersih/Minum Terhadap Risiko Kejadian Bibir Sumbing dan/atau Celah Langit-Langit Mulut di Kabupaten Bandung. Insititut Teknologi Bandung; 2022.
13. Husnayaen Y, Cahrial E, Nuryaman H, Sumarsih E. Pola Pemenuhan Kebutuhan Konsumsi Pangan Hewani dari Jenis Ikan di Indonesia. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh. 2021;8(3).
14. Arisma DA, Purnaini R, Saziati O. Identifikasi Kandungan Logam Berat Kadmium (Cd) pada Ikan Nila (Oreochromis niloticus) di Sungai Kapuas Kecil. Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah. 2023;11(1):117–22.
15. Widyanita A. Bioakumulasi dan Eliminasi Kadmium pada Insang, Hati dan Daging Ikan Nila (Oreochromis niloticus) . Universitas Airlangga; 2015.
16. Milda Y, Hasanah U. Analisis Tingkat Konsumsi Ikan Di Desa Arongan,

This is an open access article under the CC-BY-SA license

Kecamatan Kuala Pesisir, Kabupaten Nagan Raya. Jurnal Perikanan Tropis [Internet]. 2022 [cited 2026 Sep 3];9(1). Available from: http://jurnal.utu.ac.id/jptropis/article/viewFile/4979/3132
17. Dwipayanti NMU, Dewi IGAKSP, Palgunadi NPGS, Rofida M, Sutiari NK, Purnama IGH. Health Risks Assessment of Heavy Metal from Consumption of Oreochromis Mossambicus and Oreochromis Niloticus in Denpasar, Bali. Jurnal Kesehatan Lingkungan. 2021 Oct 30;13(4):250–8. doi:10.20473/JKL.V13I4.2021.250-258
18. Handayani CO, Sukarjo, Dewi T. Distribusi Logam Berat Pb, Cd, Cr, Ni dan Risiko Kesehatan Akibat Paparan Logam Berat Melalui Saluran Pencernaan di Lahan Sawah Sekitar Kawasan Industri Kabupaten Bandung. Jurnal Tanah dan Iklim. 2022 Jul 19;46(1):47–59. doi:10.21082/jti.v46n1.2022.47-59
19. Shabhati B, Adi AC. The Correlation between Snack Consumption and Diarrhea Incidences in Elementary School Students in Surabaya. Media Gizi Kesmas. 2023 Nov 30;12(2):713–8. doi:10.20473/MGK.V12I2.2023.713-718
20. Sari N, Pangestuti A, Wismaningsih ER, Putri EH, Utomo AP. Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Diare di Indonesia Tahun 2023. Jurnal Mutiara Kesehatan Masyarakat. 2025 Dec 31;10(2). doi:10.35816/JISKH.V10I2.643
21. Astuti YD, Sumarni T, Siwi AS. Gambaran Pengetahuan dan Sikap Tentang Penanganan Pertama pada Kasus Keracunan pada Siswa di SMP Negeri 1 Madukara Banjarnegara. Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan. 2024 Jun 29;10(12):912–23. doi:10.5281/ZENODO.12589678
22. Lubis SBP, Inayah S, Duana CM, Ismi N, Dienna AN, Permatasari DI, et al. Pencemaran Toksikologi Logam Berat: Dampak Deteksi dam Penanggulangannya. Padang: U ME Publishing; 2026.
23. Br Panjaitan D, Ashar T, Nurmaini. Hubungan Lama Kerja dengan Keluhan Gangguan Pernapasan pada Pumulung di TPA Sei Giling Kota Tebing Tinggi. Jurnal Kesmas dan Gizi (JKG). 2020 Apr 30;2(2):151–5. doi:10.35451/JKG.V2I2.418
24. Indrawati E, Musada Z, Tantu AG, Renal R. Status Pencemaran Logam Berat Timbal dan Kadmium di Sungai Tallo Menggunakan Bioindikator Ikan Nila Oreochromis Niloticus. Jurnal Ilmiah Ecosystem. 2022 Aug 30;22(2):348–61. doi:10.35965/eco.v22i2.1562

This is an open access article under the CC-BY-SA license