



FERRONICKEL PROCESSING WASTEWATER QUALITY STANDARDS

BAKU MUTU BUANGAN AIR LIMBAH PENGOLAHAN FERONIKEL

Nurul Musfiroh¹, A. Sry Iryani²

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Fajar Makassar

E-mail: nurulmusfiroh2122@gmail.com¹, andisryani@unifa.ac.id²

ARTICLE INFO

Correspondent:

Nurul Musfiroh
nurulmusfiroh2122@gmail.com

Key words:

skimming water, chloride (Cl-), alkalinity (OH-), hardness, pH, conductivity

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Page: 1951 - 1959

ABSTRACT

This study aims to determine the levels of chloride (Cl⁻), Alkalinity (OH⁻), hardness, pH, and conductivity (electrical conductivity) in skimming water left over from ferronickel processing and compare it with the thresholds set by government regulations. Sampling is carried out once via the water output pump from the skimming water reservoir. Testing for chloride (Cl⁻), Alkalinity (OH⁻) and hardness levels is measured using the titrimetric method and for PH and conductivity meter using a pH meter and conductivity meter. The research was carried out at the Morowali Testing Center Laboratory. The results obtained were Cl⁻ levels ranging from 91.87 mg/L – 114.57 mg/L. The alkalinity level is 0.86 mmol/L – 2.05 mmol/L. The hardness level is 1477.94 mg/L - 1827.74 mg/L. The pH meter obtained was 8.32 – 8.59. The conductivity obtained is 2226 (μs/cm) – 2601 (μs/cm). The content of (Cl⁻), (OH⁻), and pH values are lower than the threshold set by the government, while the levels for hardness and conductivity (electrical conductivity) exceed the threshold. Therefore, skimming water needs to be processed to reduce the hardness and conductivity values so that the water can be reused as cooling water or can be safely discharged into the environment.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

Koresponden

Nurul Musfiroh
nurulmusfiroh2122@gmail.com

Kata kunci:

air skimming, klorida (Cl⁻),
alkalinitas (OH⁻),
kesadahan, pH,
konduktivitas

Website:

<https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR>

Hal: 1951 - 1959

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar klorida (Cl⁻), Alkalinitas (OH⁻), kesadahan, nilai pH, dan konduktivitas (daya hantar listrik) dalam air *skimming* sisa pengolahan feronikel dan membandingkan dengan ambang batas yang ditetapkan oleh peraturan pemerintah. Pengambilan sampel dilakukan satu kali melalui pompa keluaran (output) air dari penampungan air *skimming*. Pengujian kadar klorida (Cl⁻), Alkalinitas (OH⁻) dan kesadahan diukur menggunakan metode titrimetri dan untuk nilai PH dan konduktivitas menggunakan alat pH meter dan *conductivity* meter. Penelitian dilakukan di Laboratorium Testing Center Morowali. Hasil yang diperoleh adalah kadar Cl⁻ berkisar 91.87 mg/L - 114.48 mg/L. Kadar alkalinitas sebesar 0.93 mmol/L - 2.06 mmol/L. Kadar kesadahan sebesar 1439.27 mg/L - 1779.64 mg/L. Nilai pH yang diperoleh 8.32 - 8.59. Untuk nilai konduksi didapatkan 2226 (μs/cm) - 2601 (μs/cm). Kandungan (Cl⁻), (OH⁻), dan nilai pH lebih rendah dari ambang batas yang ditetapkan oleh pemerintah, sedangkan untuk kadar kesadahan dan konduktivitas (daya hantar listrik) melebihi ambang batas. Oleh karena itu air *skimming* perlu dilakukan pengolahan untuk menurunkan nilai kesadahan dan konduktivitas sehingga air tersebut bisa digunakan kembali sebagai air pendinginan atau dapat dibuang ke lingkungan dengan aman.

Copyright © 2024 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Feronikel adalah logam paduan antara besi dan nikel, dimana kandungan nikel bervariasi mulai dari 10-14%. Feronikel digunakan sebagai bahan paduan dalam pembuatan baja. Nikel dan logam kromium merupakan unsur logam padu yang terdapat di dalam baja tahan karat.

Untuk menghasilkan sebuah feronikel, tanah yang mengandung nikel dilebur di dalam *electric furnace* pada temperatur sekitar 1.400-1450 °C. Dalam proses pengolahan feronikel terdapat limbah berupa slag yang merupakan agregat bahan sisa hasil pembuangan dari pembakaran *furnace* (Laratika, 2018).

Proses pengeluaran cairan slag dari dalam *furnace* melalui lubang *skimming* dengan dialiri air. Fungsi air ini membantu slag menjadi butiran-butiran kecil dan membuat slag tersebut tidak mudah mengeras. Air yang membantu proses dinamakan air *skimming* yang akan ditampung di dalam sebuah kolam penampungan.

Air yang berasal dari proses peleburan dan pemurnian dapat mengganggu atau mencemari lingkungan perairan disebabkan karena mengandung logam berat yang dapat menimbulkan gangguan terhadap bio tanah maupun tumbuhan (Syah, 2017).

Berdasarkan fakta tersebut sehingga dilakukan penelitian mengenai kualitas air *skimming* limbah slag dari feronikel untuk memastikan air tersebut melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) atau tidak melebihi nilai. Selain itu, dengan mengetahui kualitas air *skimming* dapat dijadikan referensi apakah air tersebut dapat digunakan kembali sebagai air pendinginan slag.

METODE PENELITIAN

Pengambilan sampel air *skimming* sisa peleburan dari feronikel dilakukan pada 5 perusahaan. Proses pengambilan sampel dilakukan pada pompa air keluaran air *skimming* dari kolam *skimming* atau penampungan menggunakan sebuah botol. Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif, yaitu menggambarkan hasil perbandingan data kualitas air hasil uji laboratorium dengan baku mutu yang berlaku dan mendeskripsikan hasil penelitian berdasarkan kajian kepustakaan. Bahan digunakan berupa larutan standar Cl^- , larutan standar OH^- , larutan standar kesadahan, larutan standar pH dan larutan standar konduktivitas, aquades, AgNO_3 , HNO, indikator *Phenoptaline* (PP), K_2CrO_4 , EDTA, $\text{NH}_4\text{Cl}+\text{NH}_3$ (larutan penyangga), *triethanolamine*, indikator *mordant black T*, H_2SO_4 , Indikator *bromine cresol hijau+methyl red*. Alat-alat yang digunakan antara lain mesin pH, mesin konduksi, peralatan gelas, pipet volume, bulp, statif, dan buret.

Persiapan Sampel

Sampel dalam botol dikocok terlebih dahulu untuk dihomogenkan, kemudian pipet sampel sebanyak 50 mL masukkan ke dalam elrenmeyer 250 mL untuk pengujian kadar Cl^- dan OH^- . Untuk kesadahan pipet sampel sebanyak 25 mL dan tambahkan aquades sebanyak 25 mL ke dalam elrenmeyer 250 mL.

Pembuatan Larutan Standar Cl^- , OH^- , dan kesadahan

1. Larutan Standar Klorida (Cl^-)

NaCl yang telah di oven ditimbang sebanyak 8.2400 gram kemudian diencerkan hingga 1 liter. Diambil 10 mL dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan dipipet 5 mL NaCl dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL dan ditambahkan aquades 45 mL kemudian tambahkan K_2CrO_4 1 mL untuk dilakukan pengujian standar AgNO_3 titrasi hingga berwarna merah bata, dilakukan secara triplo untuk mendapatkan konsentrasi AgNO_3 .

$$C_{\text{AgNO}_3} : \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}}\right) = \frac{C \text{ NaCl} \times 5}{V_1 - V_0}$$

Keterangan:

V_1 : Volume titrasi standar (mL)

V_0 : Volume balnko (mL)

$C \text{ NaCl}$: 0.0141 (mol/L)

2. Larutan Standar Alkalinitas (OH^-)

Na_2CO_3 yang telah di oven ditimbang sebanyak 0.2000 gram dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL kemudian ditambahkan aquades 50 mL, tambahkan indikator *bromine cresol hijau+methyl red* sebanyak 3 tetes dan titrasi hingga terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah muda gelap, lakukan secara triplo untuk mendapatkan konsentrasi H_2SO_4 .

$$C_{\text{H}_2\text{SO}_4} : \left(\frac{\text{mol}}{\text{L}}\right) = \frac{\text{gr} \times 1000}{(V_1 - V_0) \times (\text{Mr} \text{ Na}_2\text{CO}_3 / 2)}$$

Keterangan:

V_1 : Volume titrasi standar (mL)

V_0 : Volume blanko (mL)

$\text{Mr} \text{ Na}_2\text{CO}_3$: 105.9888 (g/mol)

gr : Berat timbangan Na_2CO_3

3. Larutan Standar Kesadahan

CaCO₃ yang telah di oven ditimbang sebanyak 0.0300 gram masukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL tambahkan 2 mL HCL 20% untuk melarutkan kemudian tambahkan aquades sebanyak 100 mL atur pH larutan 7-8 dengan NH₃ 10%, ditambahkan 10 mL larutan penyangga ammonium klorida dan 3 tetes indikator *mordant black T* selanjutnya lakukan pengujian standar EDTA secara triplo untuk mendapatkan konsentrasi EDTA.

$$C_{H_2SO_4} : \left(\frac{mol}{L} \right) = \frac{gr \times 1000}{(V_1 - V_0) \times Mr \text{ CaCO}_3}$$

Keterangan:

V₁ : Volume titrasi standar (mL)

V₀ : Volume blanko (mL)

Mr CaCO₃ : 100.08 (g/mol)

gr : Berat timbangan CaCO₃

Pengujian kadar Klorida (Cl⁻)

Sampel yang telah dipipet ditambahkan indikator PP sebanyak 3 tetes, jika larutan berubah warna menjadi merah muda tambahkan HNO₃ hingga berwarna bening untuk menetralkan larutan. Kemudian tambahkan K₂CrO₄ sebanyak 1 mL dan titrasi dengan AgNO₃ yang telah diketahui konsentrasinya hingga terjadi perubahan warna merah bata (lakukan secara duplo). Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus:

$$\text{Klorida} : \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(V_2 - V_0) \times C \times 35.45}{V_1} \times 1000$$

Keterangan:

V₂ : volume larutan yang digunakan saat titrasi sampel (mL)

V₁ : Volume sampel air (mL)

V₀ : Volume blanko (mL)

C : Konsetrasi larutan AgNO₃ 0.0138 (mol/L)

Tabel 1. Hasil Titrasi Kadar Klorida

Nama Perusahaan	Voume Titran Rata-rata (mL)
Feronikel 1	11.43
Feronikel 2	9.59
Feronikel 3	10.04
Feronikel 4	11.90
Feronikel 5	10.56

Pengujian kadar Alkalinitas (OH⁻)

Sampel yang telah dipipet ditambahkan indikator PP sebanyak 3 tetes, jika larutan berubah warna menjadi merah muda titrasi dengan H₂SO₄ sampai terjadi perubahan warna dari merah muda ke bening selanjutnya tambahkan indikator *bromine cresol hijau+methyl red* sebanyak 3 tetes dan titrasi hingga terjadi perubahan warna dari hijau ke merah gelap (lakukan secara duplo). Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah alkalinitas} : \left(\frac{mmol}{L} \right) = \frac{V_1 \times C}{V_2} \times 1000$$

Keterangan:

V1 : volume larutan yang digunakan saat titrasi sampel (mL)

V2 : Volume sampel air (mL)

C : Konsetrasi larutan H₂SO₄ 0.1082 (mol/L)

Tabel 2. Hasil Titrasi Kadar Alkalinitas

Nama Perusahaan	Voume Titran Rata-rata (mL)
Feronikel 1	0.43
Feronikel 2	0.83
Feronikel 3	0.93
Feronikel 4	0.95
Feronikel 5	0.90

Pengujian kadar Kesadahan

Sampel yang telah dipipet ditambahkan *triethanolamine* 3 mL, NH₄Cl+NH₃ sebanyak 5 mL dan indikator *mordant black T* 3 tetes. Selanjutnya titrasi dengan EDTA yang telah diketahui konsentrasinya hingga berwarna biru terang (lakukan secara duplo). Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus:

$$\text{Kesadahan: } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) = \frac{(V2 - V0) \times C \times 100.08}{V1} \times 1000$$

Keterangan:

V2 : volume larutan yang digunakan saat titrasi sampel (mL)

V1 : Volume sampel air (mL)

V0 : Volume blanko (mL)

C : Konsetrasi larutan EDTA 0.0111 (mol/L)

Tabel 3. Hasil Penetapan Titrasi Kesadahan Total

Nama Perusahaan	Voume Titran Rata-rata (mL)
Feronikel 1	37.14
Feronikel 2	32.97
Feronikel 3	32.40
Feronikel 4	40.06
Feronikel 5	35.52

Pengujian nilai pH

Sebelum pembacaan sampel lakukan pembacaan standar. Setelah itu pembacaan sampel dengan memasukkan sampel ke dalam gelas secukupnya rendam elektroda lakukan pembacaan nilai pH hingga konstan (lakukan secara paralel).

Pengujian Konduktivitas

Sebelum pembacaan sampel lakukan pembacaan standar. Setelah itu pembacaan sampel dengan memasukkan sampel ke dalam gelas secukupnya rendam elektroda lakukan pembacaan nilai konduktivitas hingga konstan (lakukan secara paralel).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Air *skimming* merupakan air yang keluar dari pipa yang terdapat di luar tungku *furnace* digunakan untuk mengairi limbah slag yang keluar dari dalam *furnace*, dapat dilihat pada gambar 1. Paramter air *skimming* sisa pendinginan slag dari feronikel yang dievaluasi dan dianalisis pada penelitian Ini yaitu klorida (Cl⁻), alkalinitas (OH⁻), kesadahan, pH, dan konduktivitas. Pengujian dilakukan dengan metode titrimetri dan menggunakan alat pH meter dan *konduktivitiy* meter. Pembuatan Larutan standar dalam proses analisis pada sampel dilakukan untuk mengetahui konsentrasi larutan

sekunder sebelum digunakan untuk analisa sampel. Sampel air yang diteliti akan dibandingkan dengan baku mutu kualitas air.



Gambar 1. (a) Air skimming



Gambar 2. (b) Padatan terlarut

Tabel 4. Hasil pengujian parameter

Nama Perusahaan	Cl ⁻ (mg/L)	OH ⁻ (mmol/L)	Kesadahan (mg/L)	pH	Konduktivitas (μS/cm)
Feronikel 1	109.88	0.93	1649.89	8.32	2555
Feronikel 2	91.87	1.80	1464.59	8.58	2264
Feronikel 3	96.28	2.01	1439.27	8.59	2226
Feronikel 4	114.48	2.06	1779.64	8.58	2601
Feronikel 5	101.36	1.95	1577.91	8.55	2347

Berdasarkan keterangan pada Tabel 1. hasil pengujian klorida (Cl⁻) tidak diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan hidup No. 59 Tahun 2016, namun dari kelima perusahaan masih memenuhi nilai ambang batas PERMENKES No. 416 Tahun 1990 tentang persyaratan kualitas air bersih sebesar 600 mg/L. Ion klorida adalah salah satu anion organik utama yang ditemukan di perairan alam. Klorida biasanya terdapat dalam bentuk senyawa natrium klorida (NaCl), kalium klorida (KCl), dan kalsium klorida (CaCl₂) (Aisyah, 2021). Keberadaan Ion klorida didalam air mengindikasikan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran. Jika air yang mengandung klorida tinggi dibuang ke lingkungan dapat menyebabkan pengkaratan pada logam karena sifatnya yang korosif sehingga dapat menyebabkan kerusakan ekosistem pada perairan terbuka (Ngibad & Herawati, 2019).

Alkalinitas merupakan kapasitas air untuk menetralkan tambahan asam tanpa menurunkan pH larutan atau kuantitas anion di dalam air yang dapat menetralkan kation hidrogen dan mampu mengikat ion positif (Pranomya, 2022). Dari 5 perusahaan feronikel nilai alkalinitas di dapatkan nilai terendah 0.93 mmol/L dan nilai tertinggi 2.05 mmol/L yang mana hasil dari pengukuran tersebut masih memenuhi standar baku mutu untuk perairan tidak melebihi 500 mg/L atau 10.87 mmol/L, menurut Peraturan Pemerintah No.82 Tahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Penyebab utama alkalinitas di dalam air karena adanya ion-ion hidroksida (OH⁻), karbonat (CO₃), dan bikarbonat (HCO₃) (Hakim, et al., 2023). Kegunaan alkalinitas dalam air dapat memberikan buffer untuk menahan perubahan pH.

Nilai kesadahan yang didapatkan relatif tinggi sehingga melebihi baku mutu PERMENKES No.32 Tahun 2017 yaitu 500 mg/L. Kesadahan dapat terjadi karena adanya ion-ion Ca²⁺, Mg²⁺ atau disebabkan oleh adanya ion-ion logam dengan valensi yang banyak seperti Fe, Al, Mn, Zn dalam bentuk garam sulfat, klorida dan bikarbonat (Pranomya, 2022). Untuk itu perlu pengolahan lebih lanjut untuk mengurangi nilai

kesadahan agar air dapat digunakan kembali ataupun dibuang ke lingkungan dengan aman. Untuk menurunkan kesadahan dapat dilakukan dengan kolam penukar Ion untuk demineralisasi atau dengan penyerapan Ion dengan resin. Resin padatan akan bereaksi dengan menyerap ion yang berada pada fase cair melalui ikatan kimia. Resin akan melepaskan ion lain sebagai ganti dari ion yang diserap. Saat proses berlangsung, setiap Ion akan ditukarkan dengan ion pengganti lainnya sehingga seluruh resin jenuh dengan ion yang diserap (Setyowati, *et al.*, 2018). Air yang mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi akan mudah menimbulkan kerak (Ristiana, *et al.*, 2009).

Nilai pH pada suatu perairan mempunyai pengaruh yang besar terhadap organisme perairan sehingga sering kali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan (Bayu & Sugito, 2017). Jika dibandingkan dengan baku mutu, nilai pH dari 5 perusahaan yang di dapatkan relatif sama berkisar 8.32-8.58 dan masih dibawah ambang batas, 6-9 PERMEN-LH No.9 Tahun 2006 seperti yang terlihat pada tabel 1. Skala pH digunakan untuk mengukur sejauh mana larutan bersifat asam, netral, atau basa. Perubahan kadar pH mempengaruhi kesehatan dan keberlanjutan ekosistem air.

Konduktivitas merupakan ukuran kemampuan suatu larutan untuk menghantarkan listrik. Arus listrik dalam larutan diantarkan oleh ion yang terkandung di dalamnya seperti ion garam, terlarut dan senyawa anorganik seperti alkali, klorida, sulfida, dan senyawa karbonat (Toruan, *et al.*, 2023). Hasil pengujian konduktivitas air yang di dapatkan pada tabel 1. tergolong tinggi melebihi standar PERMENKES No.32 Tahun 2017 yaitu 1000 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Nilai konduksi atau daya hantar listrik (DHL) merupakan ukuran terhadap konsentrasi total elektrolit di dalam air (Prayitno, 2015). Tingginya nilai konduksi dipengaruhi oleh temperature dan padatan terlarut dalam air (Singkam, *et al.*, 2021). Untuk menurunkan nilai Konduksi pada air dapat dilakukan dengan pengangkatan padatan terlarut yang dapat dilihat pada gambar b dan dapat dilakukan dengan menambahkan air bersih.

Dari hasil pengujian di dapatkan nilai pH, klorin (Cl^-), dan alkalinitas (OH^-) masih memenuhi standar yang telah ditentukan untuk dapat dibuang ke lingkungan. Sedangkan untuk pengujian konduktivitas dan kesadahan air melebihi standar baku mutu yang telah ditentukan sehingga harus diolah lebih dulu sebelum dibuang ke lingkungan. Air *skimming* juga dapat digunakan kembali sebagai air pendinginan slag setelah dilakukan pengolahan penurunan nilai konduktivitas dan kesadahan.

Tahapan pengolahan yang dapat dilakukan yaitu slag yang keluar dari dalam *furnace* melalui lubang *skimming* yang dialiri oleh air akan masuk ke dalam kolam pemisahan pasir dan lumpur, pada kolam dilakukan pengangkatan padatan menggunakan *crane* selanjutnya slag yang tidak terambil dengan *crane* akan tersaring masuk ke kolam kedua. Slag yang telah mengendap pada kolam kedua kemudian dilakukan pengangkatan padatan kembali sedangkan air akan melewati saringan masuk ke dalam kolam selanjutnya untuk dilakukan penambahan air bersih.

SIMPULAN

Pengujian air *skimming* hasil pendinginan limbah slag feronikel di dapatkan kadar Cl^- berkisar 91.87 mg/L - 114.48 mg/L. Kadar alkalinitas sebesar 0.93 mmol/L - 2.06 mmol/L. Kadar kesadahan sebesar 1439.27 mg/L - 1779.64 mg/L. nilai pH yang diperoleh 8.32 - 8.59 dan nilai konduktivitas didapatkan 2226 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) - 2601 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Kandungan (Cl^-), (OH^-), dan nilai pH lebih rendah dari ambang batas yang ditetapkan

oleh pemerintah, sedangkan untuk kadar kesadahan dan konduktivitas (daya hantar listrik) melebihi ambang batas. Oleh karena itu air *skimming* perlu dilakukan pengolahan untuk menurunkan nilai kesadahan dan konduktivitas sehingga air tersebut bisa digunakan kembali sebagai air pendinginan atau dapat dibuang ke lingkungan dengan aman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih di sampaikan kepada penanggung jawab dan analis yang berada di Laboratorium Testing Center, atas peran dalam menerima dan membantu dalam pengujian yang telah saya lakukan serta kesediaannya sebagai tempat konsultasi dalam interperensi data sehingga pengujian ini dapat terselesaikan dengan baik dan sesuai target yang telah direncanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S. (2021). Analisis Kadar Klorida pada Sampel Air Sumur Menggunakan Metode Argentometri Berdasarkan SNI 6989.19.2009. Jambi: Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Jambi.
- Bayu, & Sugito, S. (2017). Analisis Derajat Keasaman (pH) Dalam Pemeliharaan Ikan Hias Koki Pada Media Tanaman Hias Air dengan Penambahan Nonolfenol. *Buletin Teknik Litkayasa Akuakultur*, 25-28.
- Departemen Kesehatan (1990). Peraturan Menteri Kesehatan No. 416/MENKES/PER/IX/1990 Tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- Hakim, M. S., Hermayantiningsih, D., Dewi, S. R., Andhita, N. A., Tantri, & Krissilvio, E. J. (2023). Analisis Kadar Asiditas dan Alkalinitas Pada Saluran Drainase Primer Pengeringan IV Bukit Keminting Kota Palangka Raya Kalimantan Tengah. *IJCR-Indonesia Journal of Chemical Research*, 57-56.
- Ngibad, K., & Herawati. (2019). Analisis Klorida Dalam Air Sumur dan PDAM di Desa Ngelom Sidoarjo. *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, Vol. 4 1-6.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 9. (2006). Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/ Atau Kegiatan Pertambangan Biji Nikel.
- Permenkes Nomor 32. (2017). Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Hygiene Sanitasi.
- Pranamy, R. (2022). Laporan Praktikum Kimia Lingkungan Modul I & II Alkalinitas Dan Kesadahan. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Prayitno, E. (2015). Analisis Kualitas Air Sumur Dangkal Dengan Filtrasi Sederhana Berdasarkan Parameter DO dan DHL. *Jurnal Inersia VII*, 1-10.
- Ristiana, N., Astuti, D., & Kurniawan, T. P. (2009). Keefektifan Ketebalan Kombinasi Zeolit Dengan Arang Aktif Dalam Menurunkan Kadar Kesadahan Air Sumur Di Karang Tengah Weru Kabupaten Sukoharjo. *Jurnal Kesehatan*, ISSN 1979-7621, Vol 2, No.1, 91-102.
- Setyowati, D., Haryono, & Iswanto. (2018). Pengaruh Waktu Perendaman Resin Saset Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Gali. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta: Repository Polkesyo.

- Singkam, A. R., Lestari, I. L., Agustin, F., Miftahussalimah, P. L., Maharani, A. Y., & Lingga, R. (2021). Perbandingan Kualitas Air Sumur Galian Dan Bor Berdasarkan Parameter Kimia Dan Parameter Fisika. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 155-165.
- Toruan, P. L., Margereta, B., Jumarni, A., Pratiwi, S. S., & Atina. (2023). Pengaruh Temperatur Air Terhadap Konduktivitas Dan Total Dissolved Solid. *Jurnal Kumparan Fisika*, 11-16.