

Analisis Kualitas Air Hasil Pelindian *Slag* Nikel PT Vale Indonesia Tbk, Desa Sorowako, Kecamatan Nuha, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan

Aan Nugrahadi Dewanto¹⁾, Rr. Dina Asrifah²⁾, Agus Bambang Irawan³⁾, Wisnu Aji Dwi Kristanto⁴⁾, Ika Wahyuning Widiarti⁵⁾

^{1,2,3,4,5)}Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta/Jurusan Teknik Lingkungan

a) Corresponding author: dina_asrifah@upnyk.ac.id

b) 114190010@student.upnyk.ac.id

ABSTRAK

Slag nikel merupakan suatu limbah padat non-B3 hasil peleburan bijih nikel secara *pyrometalurgi* yang memiliki karakteristik kandungan logam yang cukup tinggi. Penyimpanan *slag* nikel di TPS Delaney PT Vale Indonesia Tbk dilakukan secara terbuka sehingga *slag* nikel dapat terpapar oleh air hujan sehingga berpotensi untuk melindikan logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah logam yang terdapat dalam *slag* nikel yang disimpan di TPS Delaney dapat terlindi ke lingkungan dengan cara menganalisis kualitas air hasil pelindian *slag* nikel. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu dengan melakukan rancangan percobaan pelindian menggunakan metode *Free Draining Column Leach Test* selama 28 hari dengan menggunakan air hujan sebagai air pelindi dengan nilai pH 6-7 dan pengujian laboratorium untuk mengetahui kualitas air hasil pelindian. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa *slag* nikel memiliki karakteristik kimia dengan dominasi unsur besi (Fe) dengan persentase 39,030%. Kualitas air hasil pelindian yang ditinjau dari karakteristik kimia air dengan parameter pH, Fe, Ni, dan Cr total menunjukkan bahwa nilai dan konsentrasi dari keempat parameter tidak melebihi baku mutu air limbah dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 09 Tahun 2006.

Kata Kunci: Bijih Nikel; Limbah Padat; Logam; *Slag nikel*

ABSTRACT

Nickel slag is a non-B3 solid waste resulting from pyrometallurgical smelting of nickel ore which is characterized by a high metal content. Storage of nickel slag at Delaney TPS PT Vale Indonesia Tbk is carried out openly so that nickel slag can be exposed to rainwater so that it has the potential to leach metals. This study aims to determine whether the metals contained in nickel slag stored at Delaney TPS can be leached into the environment by analyzing the water quality of nickel slag leaching results. This research uses two methods, namely by conducting a leaching experiment design using the Free Draining Column Leach Test method for 28 days using rainwater as leaching water with a pH value of 6-7 and laboratory testing to determine the quality of leached water. The results showed that nickel slag has chemical characteristics with a dominance of iron (Fe) with a percentage of 39.030%. The quality of leached water in terms of the chemical characteristics of water with the parameters of pH, Fe, Ni, and total Cr showed that the values and concentrations of the four parameters did not exceed the wastewater quality standards in the Regulation of the Minister of Environment and Forestry Number 09 of 2006.

Keywords: Nickel Ore; Solid Waste; Metals; Nickel Slag

PENDAHULUAN

Nikel merupakan salah satu bahan galian tambang berupa mineral logam yang keberadaannya melimpah di Indonesia salah satunya di Pulau Sulawesi. PT Vale Indonesia Tbk menggunakan metode *open cast mining* dalam melakukan penambangan bijih nikel laterit dan melakukan proses peleburan bijih nikel laterit di area pabrik menggunakan metode *pyrometalurgi*. Hasil peleburan di *electric furnace* menghasilkan *matte* dan *slag*. *Slag* memiliki berat jenis yang lebih rendah dibandingkan dengan *matte* sehingga *slag* dikeluarkan melalui proses *skimming*. Menurut Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 *slag* nikel merupakan suatu limbah padat non-B3 hasil peleburan bijih nikel secara *pyrometalurgi* dengan kode limbah N102. *Slag* nikel memiliki karakteristik kandungan logam yang tinggi yang terdapat dalam senyawa FeO, SiO₂, Al₂O₃, CaO, MnO, dan MgO (Wu dkk., 2018). Selama proses produksi hingga pada bulan September tahun 2022, PT Vale Indonesia Tbk telah menghasilkan *slag* nikel sebesar 2.953.384 ton dengan rata – rata 328.154 ton per bulan.

Penyimpanan *slag* nikel di TPS Delaney PT Vale Indonesia Tbk dilakukan secara terbuka sehingga *slag* nikel dapat terpapar langsung oleh air hujan dan dapat membentuk air limbah. TPS Delaney memiliki kapasitas penyimpanan sebesar 2,1 juta ton *slag* nikel. Rata – rata curah hujan di area TPS Delaney selama 10 tahun terakhir memiliki nilai 111,4 mm/hari dengan besar air limpasan 0,678 m³/s. Air limbah dari tumpukan *slag* nikel ini berpotensi untuk mencemari lingkungan karena mobilitas logam dalam *slag* dapat dipengaruhi oleh kondisi pH air hujan di tempat penyimpanan sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai kondisi pH air hujan dan karakteristik kimia dan kualitas air limbah yang dapat terbentuk dari pelindian *slag* nikel menggunakan metode *Free Draining Column Leach Test*. Penelitian sejenis sebelumnya pernah dilakukan oleh Rambu dkk pada tahun 2021 dengan metode yang sama namun terdapat perbedaan lama waktu pengujian dan jenis air pelindi yang digunakan.

METODE

Analisis Unsur *Slag* Nikel

Pengujian unsur *slag* nikel dilakukan untuk mengetahui unsur dan senyawa yang terdapat dalam XRF digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur – unsur yang terkandung dalam suatu sampel dengan menggunakan metode spektrometer. Suatu spektrometer XRF bekerja karena jika sampel diterangi oleh sinar X-ray intens, yang dikenal sebagai insiden balok, sebagian energi tersebar, namun beberapa juga diserap dalam sampel. Dalam pengujian ini dilakukan dua jenis analisis unsur yaitu analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk menganalisis jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan (Asliah dkk., 2020).

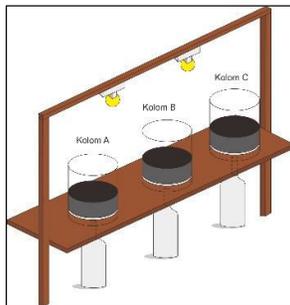
Pengujian pH Air Hujan

Pengujian pH air hujan dilakukan untuk menentukan nilai pH dari larutan pelindi yang akan digunakan untuk pelindian *slag* nikel menggunakan *Free Draining Column Leach Test*. Air hujan yang ditampung dan dikumpulkan di area tempat penyimpanan *slag* nikel di TPS Delaney yang kemudian diuji nilai pH nya menggunakan pH strip.

Pengujian Pelindian *Slag* Nikel

Uji pelindian *slag* nikel dilakukan dengan uji pelindian kinetik menggunakan metode *Free Draining Column Leach Test*. Uji pelindian dilakukan selama satu bulan atau 30 hari dengan siklus pengujian air lindian secara mingguan dengan menyesuaikan kondisi di lapangan. Larutan pelindi merupakan air hujan dengan nilai pH yang sesuai dengan area tempat penyimpanan *slag* nikel di TPS Delaney sehingga hasil dari pengujian dapat merepresentasikan karakteristik air limbah yang terbentuk setelah tumpukan *slag* nikel terpapar dengan air hujan. Dalam pengujian menggunakan metode *Free Draining Column Leach Test*, *slag* yang digunakan memiliki ukuran yang sama seperti saat pengambilan sampel tanpa ada penghalusan *slag* nikel. Pengujian pelindian menyesuaikan dengan prosedur yang ada di dalam ARD Test Handbook AMIRA P387A lampiran F dengan tahapan sebagai berikut :

1. Memasang tiga kolom dengan rincian kolom A dan B merupakan kolom pengujian pelindian *slag* nikel sedangkan kolom C merupakan kolom kontrol air hujan. Susunan kolom terdapat pada **Gambar 1**.
2. Memasukan *slag* pada kolom A dan B sejumlah 1 kg/kolom.
3. Pengujian dilakukan selama 28 hari dengan menyiramkan air hujan di kolom A dan B dengan jumlah air hujan menyesuaikan curah hujan yang ada di bulan April tahun 2015, pemilihan curah hujan ini karena pada bulan April tahun 2015 memiliki total curah hujan tertinggi selama 10 tahun terakhir.
4. Menyalakan lampu untuk menjaga suhu permukaan kolom tetap pada 30-35°C.
5. Melakukan pemanenan dan pengujian karakteristik kimia air setiap minggunya pada tanggal 24 Februari 2023, 03 Maret 2023, 10 Maret 2023, dan 17 Maret 2023.



Gambar 1. Susunan Kolom Pelindian *Slag* Nikel Metode *Free Draining Column Leach Test*

Sumber : Miller (2002)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Unsur *Slag* Nikel

Hasil analisis unsur dalam *slag* nikel pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa Besi (Fe) merupakan unsur logam yang paling mendominasi dengan persentase 39,03 %. Dalam sampel *slag* nikel yang diujikan juga terdapat beberapa logam lain selain besi (Fe) seperti kromium (Cr) sebesar 1,42%, dan nikel (Ni) sebesar 0,25%. Besi (Fe), kromium (Cr), dan nikel (Ni) merupakan unsur logam yang dapat menjadi sumber pencemar badan air seperti yang terdapat dalam Permen Lingkungan Hidup Nomor 09 Tahun 2006. Tingginya kandungan besi (Fe) dalam *slag* nikel disebabkan karena kalsin berasal dari bijih nikel saprolit dan bijih nikel limonit yang memiliki kandungan besi yang besar (Sufriadin dkk., 2011).

Tabel 1. Unsur *Slag* Nikel

Unsur	% massa
Besi (Fe)	39,030
Silika (Si)	13,140
Magnesium (Mg)	1,860
Alumunium (Al)	1,670
Kromium (Cr)	1,420
Terbium (Tb)	1,090
Kalsium (Ca)	0,730
Mangan (Mn)	0,720
Nikel (Ni)	0,250

Slag nikel di PT Vale Indonesia Tbk dihasilkan dari dua proses yaitu pada tahap peleburan kalsin di *electric furnace* dan pengkayaan kadar *matte* di *converter* sehingga menghasilkan dua jenis *slag*, *electric furnace slag* (EFS) dan *converter slag* (CS). Sampel yang dianalisis merupakan sampel *slag* nikel di TPS Delaney yang diambil secara acak. Hasil analisis unsur logam, sampel *slag* nikel yang diuji memiliki unsur – unsur yang mendekati analisis unsur – unsur dalam *electric furnace slag* nikel yang dilakukan oleh Perederiy (2011) seperti yang terdapat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Unsur *Slag* Nikel

Besi (Fe)	Silika (Si)	Magnesium (Mg)	Aluminium (Al)	Nikel (Ni)
% massa	% massa	% massa	% massa	% massa
39,8	17,7	0,8	1,65	1,2

Sumber : Perederiy (2011)

Nilai pH Air Hujan

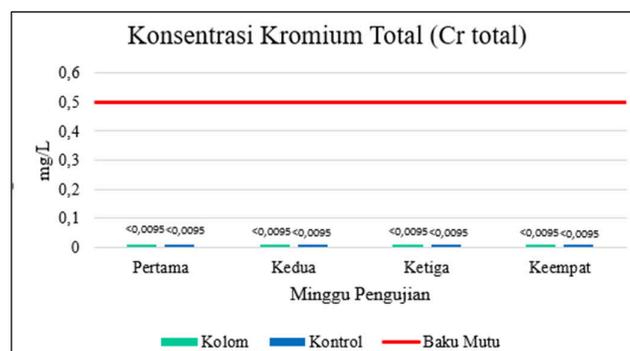
Pengukuran pH air hujan dilakukan dengan mengukur air hujan yang sudah tertampung dalam wadah yang telah disiapkan menggunakan pH strip. Nilai pH air hujan akan digunakan sebagai acuan tingkat keasaman air pelindi yang akan digunakan dalam uji pelindian *slag* nikel. Hasil menunjukkan bahwa air hujan di area TPS Delaney memiliki nilai pH dengan rentang 6-7.

Analisis Kualitas Air Lindian

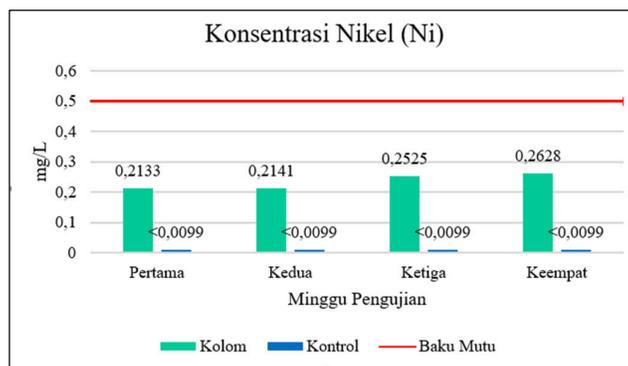
Kualitas air lindian *slag* nikel ditinjau dari karakteristik kimia air lindian berupa nilai konsentrasi unsur logam besi (Fe), kromium (Cr Total), dan nikel (Ni) yang kemudian akan dibandingkan dengan baku mutu yang terdapat pada Permen Lingkungan Hidup Nomor 09 Tahun 2006. Ketiga logam ini dijadikan parameter kualitas air lindian karena ketiganya terdapat dalam *slag* nikel dan terdapat dalam Permen Lingkungan Hidup Nomor 09 Tahun 2006 sebagai unsur logam yang dapat menjadi sumber pencemar badan air.



Gambar 2. Konsentrasi Besi (Fe) Air Lindian



Gambar 3. Konsentrasi Kromium Total (Cr Total) Air Lindian



Gambar 4. Konsentrasi Nikel (Ni) Air Lindian

Hasil dari pengujian menggunakan metode *Free Draining Column Leach Test* terdapat pada **Gambar 2** hingga **Gambar 4**. Masing – masing unsur logam memiliki nilai yang berbeda. Konsentrasi besi (Fe) mengalami fluktuasi dimana mengalami kenaikan pada minggu kedua dan ketiga, namun mengalami penurunan di minggu keempat. Rata – rata konsentrasi besi (Fe) dalam kolom pengujian pelindian dalam waktu empat minggu adalah 0,4696 mg/L. Nilai konsentrasi besi (Fe) dari setiap minggunya masih jauh di bawah baku mutu. Pada Gambar 2 juga terdapat konsentrasi kromium total (Cr total), pada gambar tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi kromium total pada air hasil pelindian sangatlah rendah yaitu dengan rata – rata kurang dari <math><0,0095</math> mg/L, nilai ini juga sangat jauh dibawah baku mutu yang ada. Pada logam nikel (Ni) terdapat kenaikan konsentrasi setiap minggunya, kenaikan ini tidak membuat konsentrasi nikel (Ni) melebihi baku mutu. Rendahnya nilai konsentrasi logam nikel (Ni) dalam air hasil pelindian disebabkan karena senyawa nikel yang terdapat pada *slag* adalah nikel (ii) oksida (NiO). Senyawa nikel oksida merupakan senyawa nikel yang memiliki karakteristik kelarutan dalam air yang rendah (Tepe, 2014). Rata – rata konsentrasi nikel (Ni) air hasil pelindian *slag* nikel selama empat minggu adalah 0,2357 mg/L.

Rendahnya konsentrasi logam dari air hasil pelindian dipengaruhi dua faktor utama yaitu pH air hujan dan struktur fisik *slag* nikel. Air hujan berperan sebagai agen pelindi logam yang terkandung dalam *slag* nikel baik itu di lokasi penyimpanan di TPS Delaney dan juga dalam percobaan uji pelindian metode *Free Draining Column Leach Test* siklus mingguan. Tingkat keasaman (pH) agen pelindi menentukan mobilitas dan pelepasan logam dari *slag*. Nilai pH yang rendah akan menyebabkan pelarutan permukaan dan melepaskan kation – kation logam dalam *slag* sehingga konsentrasi logam yang terlarut akan tinggi (Potysz, 2016). Air hujan di TPS Delaney memiliki pH dalam rentang 6 - 7, nilai pH ini termasuk netral sehingga konsentrasi logam yang terlarut rendah.

Faktor kedua adalah struktur fisik dan kimia *slag* nikel. Struktur fisik *slag* nikel dapat diketahui melalui analisis morfologi *slag* nikel. Penelitian morfologi *slag* nikel PT Vale Indonesia Tbk yang dilakukan oleh Majalis dkk. (2020) menggunakan metode analisis *scanning electron microscope-energy dispersive x-ray* (SEM-EDX) menunjukkan bahwa *slag* nikel memiliki morfologi permukaan halus, porositas kecil, padat, dan bentuk poligon tidak beraturan. Morfologi *slag* nikel yang padat tersebut disebabkan oleh pendinginan yang cepat menggunakan air ketika *slag* dituang di tempat penyimpanan. Silika merupakan komposisi kimia *slag* nikel yang berperan dalam penyusunan struktur *slag* nikel. Distribusi silika yang lebih padat dalam *slag* nikel dapat menekan mobilisasi logam pada *slag* nikel (Kuo, dkk., 2008). Hasil analisis unsur dalam *slag* nikel menggunakan XRF menunjukkan bahwa silika memiliki persentase 13,140% dan merupakan unsur kedua terbanyak setelah besi (Fe) sehingga keberadaan silika tersebut memungkinkan dalam menekan mobilisasi logam.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa *slag* nikel memiliki karakteristik kimia dengan dominasi unsur besi (Fe) dengan persentase 39,030%. Kualitas air hasil pelindian yang ditinjau dari karakteristik kimia air dengan parameter pH, Fe, Ni, dan Cr total menunjukkan bahwa nilai dan konsentrasi dari keempat parameter tidak melebihi baku mutu air limbah dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 09 Tahun 2006. Hal ini menunjukkan bahwa logam dalam *slag* nikel tidak mudah untuk terlindi apabila terkena air hujan dengan nilai pH netral.

Saran

Untuk mengetahui potensi keterlindian logam berat dalam *slag* nikel perlu dilakukan penelitian pembandingan menggunakan larutan pelindi dengan nilai pH yang rendah dan juga memperhatikan faktor – faktor lain untuk hasil yang lebih maksimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam mendukung dan membantu penelitian ini, khususnya kepada kedua orang tua saya dan PT Vale Indonesia Tbk yang sudah memberikan izin dan dukungan kepada penulis untuk melakukan penelitian dan juga penyusunan karya tulis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asliah, Suaedi, Hammado, N., & Manrulu, R. H. (2020). Identifikasi Dan Karaktersasi Kandungan Unsur Dan Struktur Kristal *Slag* Nickel. *Applied Physics of Cokroaminoto Palopo*, 1(1), 6–11.
- Kuo Y., Wang J., Wang Ch., T. C. (2008). Effect Of Water Quenching And SiO₂ Addition During Vitrification Of Fly Ash Part 1: On The Crystalline Characteristics Of *Slags*. *Journal of Hazardous Materials*, 152(3), 994–1001.
- Majalis, A. N., Permatasari, N. V., Novitasari, Y., Wicaksono, N., Armin, D., & Pratiwi, R. (2020). Kajian Awal Produksi Fero Sulfat dari *Slag* Nikel Melalui Proses Pelindian Menggunakan Asam Sulfat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 31–38. <https://doi.org/10.14710/jil.18.1.31-38>
- Miller, S. & Stewart, W. 2002. ARD Test Handbook In *Project P387A, Prediction And Kinetic Control Of Acid Mine Drainage*. Melbourne : Ian Wark Research Institute.
- Perederiy, I. (2011). *Dissolution Of Valuable Metals From Nickel Smelter Slags By Means Of High Pressure Oxidative Acid Leaching*. University of Toronto.
- Potysz, A. (2016). *Copper Metallurgical Slags : Mineralogy , Bio / Weathering Processes And Metal Bioleaching*. Université Paris-Est.
- Rambu, M. I., Yusuf, F. N., Nawir, A., & Wakila, M. H. (2021). Analisis Kualitas Air Lindian Sisa Pengolahan Nikel (Ferronickel, Nickel Matte Dan Nickel Pig Iron). *Jurnal GEOSAPTA*, 7(1), 15. <https://doi.org/10.20527/jg.v7i1.7817>
- Sufriadin, S., Idrus, A., Pramumijoyo, S., Warmada, I. W., & Imai, A. (2011). Study on mineralogy and chemistry of the saprolitic nickel ores from Soroako, Sulawesi, Indonesia: Implication for the lateritic ore processing. *Journal of Applied Geology*, 3(1), 23–33. <https://doi.org/10.22146/jag.7178>
- Tepe, A. Y. (2014). Toxic Metals: Trace Metals – Chromium, Nickel, Copper, and Aluminum. *Encyclopedia of Food Safety*, 2, 356–362.
- Wu, Q., Wu, Y., Tong, W., & Ma, H. (2018). Utilization Of Nickel *Slag* As Raw Material In The Production Of Portland Cement For Road Construction. *Construction and Building Materials*, 193, 426–434. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.10.109>