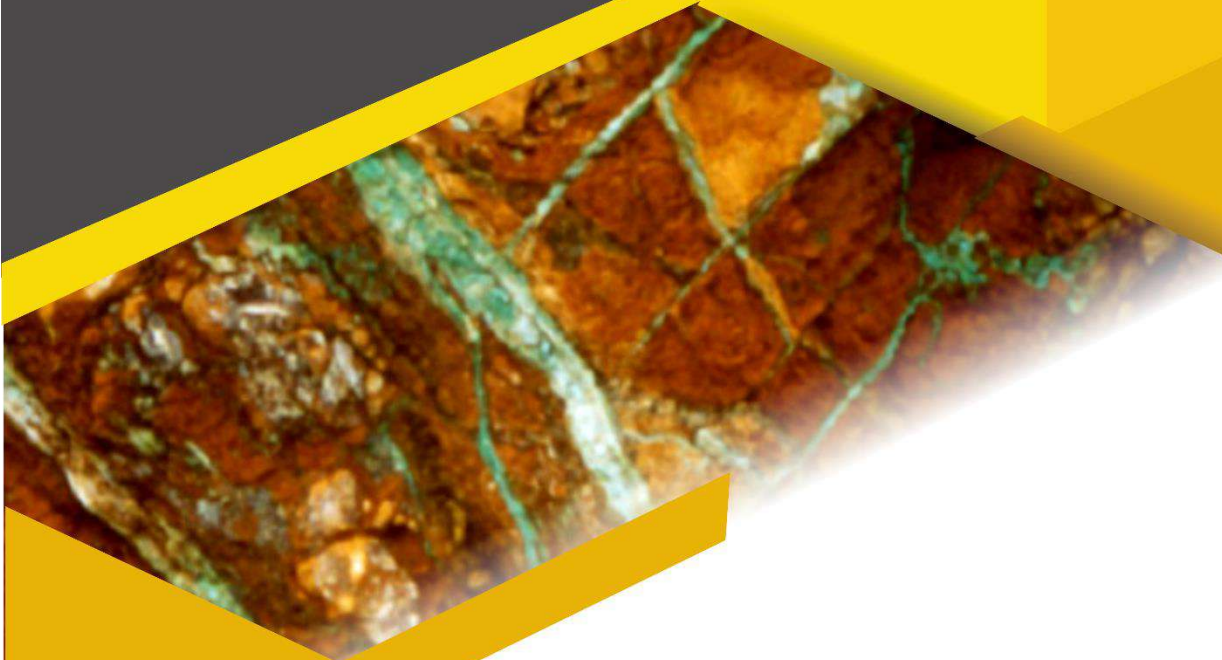




Prosiding Seminar Nasional "40 Tahun Pandu Berbakti"



**TEKNIK PERTAMBANGAN, FTM-LPPM
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"
YOGYAKARTA**

2022

Prosiding Seminar Nasional “40 Tahun Pandu Berbakti”

Steering Committee

Ir. Priyadi (Komting 82, Dirut PT. Adaro, Tbk.)

Ir. Putra Slamet Abadi

Ir. Yosep Yudianto

Organizing Committee

Ketua Pelaksana : Ir. Bambang Purwono

Wakil Ketua I : Dr. Ir. Waterman Sulistyana Bargawa, MT., IPM.

Sekretaris : Ir. Amiseno, Ir. Heru Siswandono, Ir. Heru Siswandono,
Ir. Purwoko Yulianto

Bendahara : Ir. Iryono Adi, Ir. Oki Widiyanto

Humas & Publikasi : Ir. Basuki Trubus Wicaksono

Acara : Ir. Agus Panca Suchafo, MT., Ir. M. Mochtar Chodlori, MBA

Kesekretariatan : Agus Sugiharto, MT

Distribusi : Ir. Bagus Wiyono, MT

Reviewer

Dr. Arifudin Idus UGM

Dr. Nur Heriawan ITB

Dr. Syafrizal ITB

Dr. Supandi ITNY

Dr. Waterman Sulistyana Bargawa UPNVY

Dr. Shofa Rijalul Haq UPNVY

Dr. Aldin Ardian UPNVY

Dr. Nur Ali Amri UPNVY

Editor

Ir. Saiful Kirom

Ir. Trisno Yuwono

Ir. Florentinus Agung Widodo

Ir. Heru Siswandono

Managing Editor

Ir. Eka Budhi Mahatma

Ir. Arif Budi Prasetyanto

Ir. Dadik Kiswanto

Ir. Henrico Syambastian

Risal Gunawan, ST.

Arhya Pramesti Putri Arindry, ST.

Anisyah Alqurani, ST.

Sofiannur, ST.

Cetakan Tahun 2022

Katalog Dalam Terbitan (KDT):

Prosiding Seminar Nasional “40 Tahun Pandu Berbakti”

Penerbit LPPM UPN Veteran Yogyakarta vi + 140 hlm; (21 × 29.7) cm².

ISBN: 978-623-389-202-5

Redaksi

Teknik Pertambangan Fakultas Teknologi Mineral

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Sekretariat: Gd. Ari F. Lasut ALC I UPN “Veteran” Yogyakarta

Jl. Padjadjaran 104 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta 55283

Telepon (0274) 486733, ext 154, Fax. (0274) 486400

E-mail: lppm@upnyk.ac.id

Hak Cipta dilindungi Undang-undang.

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apa pun, termasuk fotokopi, tanpa izin tertulis dari penerbit.

**PRAKATA KETUA PANDU TEKNIK PERTAMBANGAN FTM
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN”
YOGYAKARTA
2022**

Puji syukur tim editor panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Seminar Nasional 40 Tahun Pandu Berbakti dapat terlaksana dengan baik dan lancar. Seminar ini bertema “*Fleksibilitas Alumni Tambang dalam Berkarya dengan Semangat Bela Negara*” yang diselenggarakan dalam rangka reuni Alumni Tambang “82” Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta Tahun 2022.

Pada seminar dipresentasikan hasil penelitian, review, dan hasil pengabdian yang dilakukan oleh peneliti yang berasal baik dari perguruan tinggi maupun praktisi perusahaan pertambangan. Hasil seminar tersebut kemudian didokumentasikan dalam prosiding ini.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses atas bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu kami ucapkan terima kasih pihak-pihak yang telah membantu terselenggaranya acara ini.

Semoga prosiding ini bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Yogyakarta, 09 Desember 2022

Ketua Pandu 82
Ir. Putra Slamet Abadi

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN IDENTITAS PROSIDING	ii
PRAKARTA KETUA ALUMNI TAMBANG ANGKATAN "82"	iv
DAFTAR ISI	v
Analisis Kelas Massa Batuan dengan Metode Q-System Terowongan Tambang Bawah Tanah Ardy Pramesti Putri Arindry, Singgih Saptono dan Barlian Dwinagara	1
Analisis Jarak Lubang Bor untuk Klasifikasi Sumberdaya Batubara Studi Kasus Cekungan Tarakan Kalimantan Utara Septi Wulandari, Eddy Winarno, dan Nur Ali Amri	8
Pentingnya Perencanaan Lahan Pascatambang Literatur Review Risal Gunawan, Rika Ernawati dan Rahmat Fauzan Izza	16
Evaluasi Pemanfaatan Limbah Slag Nikel pada Pengolahan Biji Nikel Laterit (Studi kasus Pengolahan Biji Nikel Laterit Halmahera Selatan), Sahrul Huda, Tedy Agung Cahyadi, Rika Ernawati, Edy Nursanto, dan Nur Ali Amri	25
Pengelolaan Lahan Pascatambang Berbasis Berkelanjutan Literatur Review Risal Gunawan, Waterman Sulistyana Bargawa, dan Nur Ali Amri	32
Comparison of VES and IPI2WIN Result with Drilling Groundwater at Wonogiri Garmen Factory Project Site Winda	41
Studi Karakteristik Geologi Dalam Penentuan Lokasi As Calon Bendungan Di Sungai Nungga Kota Bima Husni Randa, Barlian Dwinagara, Muhammad Fathin Firaz dan Arif Wijaya	50
Analisis Penurunan Muka Tanah Akibat Beban Fondasi Dangkal Pada Calon Bendungan Dodu Rasanae Timur Kota Bima Nusa Tenggara Barat Husni Randa, Barlian Dwinagara, Muhammad Fathin Firaz, Diah Rahmawati dan, Alpiana	60
Literatur Review Pemanfaatan Limbah Slag Nikel pada Kegiatan Pengolahan Bijih Nikel Sahrul Huda Ode Sam, Tedy Agung Cahyadi, Rika Ernawati, Edy Nursanto, dan Nur Ali Amri	70

Study of the Mineralogical Characteristics of Laterite Nickel Deposit Wailukum Block PT. Aneka Tambang Tbk. Geomin Units East Halmahera District North Maluku Province Fahrudin Sahid dan Jeha Kunramadi	79
Overview Metode Pengelolaan Air Asam Tambang Menggunakan Bakteri Pereduksi Sulfat Anisyah Alquran Ni, Rika Ernawati, Tedy Agung Cahyadi, Edy Nursanto, dan Nur Ali Amri	89
Estimasi Sumberdaya Batubara berdasarkan Uji Prospek Beralasan Kode KCM I 2017 Eko Wicaksono	96
Tinjauan Literatur Identifikasi dan Potensi Rare Earth Element Epafras Meihaga dan Waterman Sulistyana Bargawa	104
Overview Metode Pengelolaan Limbah Tailing Akibat Kegiatan Pertambangan Emas Fitra Kurniawan, Tedy Agung Cahyadi, Rika Ernawati, Waterman Sulistyana Bargawa, dan Nur Ali Amri	111
Perbandingan Hasil Estimasi Kadar Bijih Nikel Laterit dengan Metode Inverse Distance Weighting dan Ordinary Kriging Berdasarkan Literatur Review Muh Ardian Syaputra, Aviv Alansyah dan Muh Nuzul Haq	116
Estimasi Sumberdaya Endapan Nikel Laterit Sulawesi Tengah dengan Metode metode inverse distance weighted Gede Yangda Sugianto, Waterman Sulistyana Bargawa, Dahono Haryanto	122
Estimasi cadangan memakai pendekatan lerch Grossman Studi Kasus Bijih Nikel Laterit di Bahodopi Sulawesi Tengah Muh. Ardian Syaputra, Risal Gunawan, Waterman Sulistyana Bargawa	128
Estimasi Sumberdaya Endapan Nikel Laterit Sulawesi Tengah dengan Metode Ordinary Kriging Gede Yangda Sugianto, Waterman Sulistyana Bargawa, Dahono Haryanto	135

Evaluasi Pemanfaatan Limbah Slag Nikel pada Pengolahan Biji Nikel Laterit (Studi Kasus Pengolahan Biji Nikel Laterit Halmahera Selatan)

Sahrul Huda^{1, a)}, Tedy Agung Cahyadi^{1, b)}, Rika Ernawati^{1, c)}, Edy Nursanto^{1, d)},
Nur Ali Amri^{1, e)}.

¹Magister Teknik Pertambangan UPN, SWK 104 Lingkar Utara, Yogyakarta, 55283, Indonesia

^{a)} Corresponding author: sahrulhudaodesami@gmail.com: ^{b)}tedyagungc@upnyk.ac.id:
^{c)}rika.ernawati@upnyk.ac.id: ^{d)}edynursanto@upnyk.ac.id: ^{e)}nuraliamri@upnyk.ac.id

Abstrak. Pertumbuhan industri yang pesat dapat berdampak negatif pada peningkatan volume limbah yang berpotensi menjadi masalah serius bagi lingkungan. Nikel merupakan salah satu logam terpenting dalam industri. Salah satu klasifikasi sumber nikel yaitu nikel laterit, limbah yang terbentuk saat pengolahan biji nikel yaitu slag nikel. Slag nikel adalah limbah padat metalurgi dari kilang nikel yang dapat didaur ulang sebagai salah satu sumber sekunder yang unggul karena kandungan besi yang berharga. Slag nikel termasuk dalam bahan berbahaya dan beracun (B3) yang dihasilkan dari peleburan bijih nikel dan memiliki kandungan deposit yang besar. Tujuan dari penelitian ini adalah mengevaluasi pemanfaatan slag nikel dari PT. X yang merupakan pabrik pengolahan pemurnian bijih nikel. Dari hasil analisis data yang dapat ditemukan bahwa slag nikel hasil dari pabrik pengolahan tergolong besar, pemanfaatan slag nikel menjadi batako, beton dan perkerasan jalan, harus ditingkatkan lagi melihat masih minimnya slag nikel yang dimanfaatkan dan dilakukan penimbunan, untuk itu perlu adanya sistem terpadu yang mengelola pemanfaatan limbah slag nikel.

Kata kunci: Limbah slag nikel, Pemanfaatan limbah padat, Penimbunan.

Abstract. Rapid industrial growth can hurt increasing the volume of waste which has the potential to become a serious problem for the environment. Nickel is one of the most important metals in industry. One of the classifications of nickel sources is nickel laterite, the waste formed during nickel ore processing is nickel slag. Nickel slag is metallurgical solid waste from nickel refineries which can be recycled as an excellent secondary source because of its valuable iron content. Nickel slag is included in the hazardous and toxic materials (B3) produced from nickel ore smelting and has a large deposit content. The purpose of this research is to evaluate the utilization of nickel slag from PT. X which is a nickel ore refining processing plant. From the results of analysis data it is known that the nickel slag produced by the processing plant is relatively large, the utilization of nickel slag into bricks, concrete and road pavements, must be increased considering that the amount of nickel is still minimal. slag used and stockpiled, for this reason an integrated system is needed that regulates the utilization of nickel slag waste.

Keywords: Nickel slag waste, Utilization of solid waste, Stockpiling.

4.1 PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri yang pesat dapat berdampak negatif pada peningkatan volume limbah yang berpotensi menjadi masalah serius bagi lingkungan. Nikel merupakan salah satu logam terpenting dalam industri. Salah satu klasifikasi sumber nikel yaitu nikel laterit, limbah yang terbentuk saat pengolahan biji nikel yaitu slag nikel. Slag nikel adalah limbah padat metalurgi dari kilang nikel yang dapat didaur ulang sebagai salah satu sumber sekunder yang unggul karena kandungan besi yang berharga. Slag nikel termasuk dalam bahan berbahaya dan beracun yang dihasilkan dari peleburan bijih nikel. Slag nikel merupakan jenis limbah padat granular yang dibentuk dengan pendinginan lelehan suhu tinggi dalam proses peleburan logam nikel atau paduan nikel-besi [1]. Permintaan logam nikel cukup tinggi dan pada saat yang sama pelepasan slag nikel meningkat. Karena pemanfaatan yang kurang rasional, jumlah kumulatif slag nikel mencapai puluhan juta ton. Selain itu, jutaan ton slag nikel diproduksi setiap tahun menurut statistik dalam jumlah besar. Proses ini tidak hanya menempati lahan yang luas tetapi juga

berdampak buruk bagi lingkungan sekitar. Oleh karena itu, pemanfaatan slag nikel telah menarik perhatian yang luas, komposisi kimia slag nikel sangat bervariasi dengan sumber bahan mineral dan proses peleburan. Slag nikel sering terdiri dari SiO₂, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO, dll, serta dianggap sebagai sejenis slag sistem FeO-SiO₂ [8]. Mineral-mineral dalam slag nikel sebagian besar berada dalam fase gelas dan hanya terdapat sedikit fase kristal forsterit dan SiO₂, sehingga slag nikel memiliki potensi aktivitas pozzolan. Telah banyak penelitian dan teknologi terkait pemanfaatan slag nikel seperti ekstraksi logam berharga dari residu nikel namun dengan perbaikan terus-menerus dari proses peleburan paduan nikel serta jumlah logam berharga dalam slag nikel menjadi semakin sedikit dengan demikian ekstraksi tidak lagi hemat biaya. Slag nikel juga digunakan sebagai bahan pencampur semen. Namun, karena kandungan besi yang tinggi dalam slag nikel dan adanya komponen refraktori, penambahan slag nikel tidak menguntungkan untuk meningkatkan distribusi ukuran partikel dalam produksi semen yang sebenarnya. Persiapan keramik kaca dan serat mineral anorganik dengan slag nikel telah dipelajari, tetapi rasionalitas ekonomi bahan ini perlu diverifikasi lebih lanjut. Ada juga studi yang relevan tentang slag nikel yang digunakan sebagai campuran beton dan agregat, tetapi masih dalam tahap awal. Sejauh ini, hanya sejumlah kecil slag nikel yang digunakan untuk memproduksi campuran semen dan tingkat pemanfaatan tahunan tidak lebih dari 10%. Oleh karena itu, sangat mendesak untuk mengembangkan produk bernilai tambah tinggi dari slag nikel. Pada tulisan ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan slag nikel dari limbah pengolahan dan pemurnian biji nikel pada PT. X.

4.2 METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini ada dua yaitu mempelajari kajian literatur, kemudian melakukan kegiatan pengamatan secara langsung proses pemanfaatan limbah slag nikel pada area perusahaan serta pengambilan data pendukung yaitu pemanfaatan nikel pada tahun 2019 hingga 2021. Data tersebut dilakukan analisis kemudian dievaluasi pemanfaatan efektivitas pemanfaatan pemanfaatan slag nikel pada PT X.

4.3 HASIL DAN ANALISIS

Rata-rata Produksi Limbah Slag Nikel Tahunan

Berbagai aliran limbah padat dihasilkan selama produksi nikel, tergantung pada rute ekstraksi primer yang digunakan. Diantaranya, dua jenis limbah padat yang dihasilkan selama proses pirometalurgi dan hidrometalurgi bijih nikel memiliki pangsa volume terbesar, yaitu slag nikel dan residu pelindian, yang masing-masing mengandung logam berat beracun dan dapat tercuci sehingga menimbulkan ancaman signifikan terhadap kesehatan manusia dan lingkungan dalam jangka panjang jika dibiarkan tidak terpantau atau tidak dikelola dengan baik. PT. X melakukan pendataan limbah slag nikel yang dihasilkan untuk dilakukan pemanfaatan agar tidak menghasilkan limbah yang membahayakan lingkungan. Pada tahun 2019-2021, sebagaimana **TABEL 1** PT. X telah menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sumber spesifikasi khusus berupa Slag Nikel sebanyak ± 1.947.394 ton.

TABEL 1. Produksi Slag Nikel PT. X

Bulan	Produksi Slag Nikel (Ton)		
	2019	2020	2021
Januari	34.130	42.292	83.254
Februari	27.658	56.991	60.905
Maret	54.406	67.333	63.615
April	66.780	50.373	46.256
Mei	88.601	60.975	58.305
Juni	88.487	61.999	-
Juli	93.202	70.471	-
Agustus	102.633	70.864	-
September	81.040	65.292	-
Oktober	78.536	66.004	-
November	72.812	71.549	-
Desember	84.373	78.258	-
Total	872.658	762.401	312.335
Grand Total	1.947.394		

Produksi slag nikel dipengaruhi oleh jumlah pengolahan nikel yang masuk pada PT.X. Slag nikel merupakan hasil samping/limbah dari produksi ferronikel. Slag nikel dikategorikan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sumber spesifik khusus dengan kode B403 yang termuat didalam PP 101/2014. Perusahaan telah memegang izin pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun B3 untuk kegiatan pemanfaatan Limbah B3 dari KLHK No.SK.5/Menlhk/Setjen/PLB.3/I/2018. Pada tahun 2019-2021 PT. X telah menghasilkan limbah B3 sumber spesifikasi khusus berupa Slag Nickel (SN) ± 1.947.394 ton. Slag ditempatkan di fasilitas penempatan kembali di area lahan bekas tambang Pit Raja Ampat. Slag yang telah ditimbun disolidifikasi yang merupakan semen, air serta limbah itu sendiri, solidifikasi ini bertujuan untuk mengubah bentuk fisik limbah yang sebelumnya cair menjadi padat (solid).

Pemanfaatan Limbah Slag Nikel

Slag nikel dari smelter dan residu pelindian yang dimana masing-masing residu mengandung logam berat beracun dan dapat tercuci sehingga menimbulkan dampak yang signifikan sehingga akan menyebabkan ancaman terhadap kesehatan manusia dan lingkungan dalam jangka panjang jika dibiarkan tanpa pengawasan atau tidak dikelola dengan baik. Maka dari itu diperlukan pemanfaatan limbah slag nikel untuk meminimalisir ancaman negatif pada pengelolaan nikel. PT. X telah melakukan upaya pemanfaatan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sumber spesifikasi khusus berupa Slag Nickel, diantaranya dapat dilihat pada **TABEL 2.**

TABEL 2. Material Slag Nikel PT. X yang Dimanfaatkan

Bulan	Jumlah Material SN (Ton) Dimanfaatkan 2019			Jumlah Material SN (Ton) Dimanfaatkan 2020			Jumlah Material SN (Ton) Dimanfaatkan 2021		
	Batako	Concrete	Perkerasan Jalan	Batako	Concrete	Perkerasan Jalan	Batako	Concrete	Perkerasan Jalan
Januari	-	-	-	-	410	-	-	338.2	-
Februari	-	-	-	-	849	-	-	35.4	-
Maret	-	-	-	-	649	-	27.30	89.1	-
April	-	-	-	-	2205	-	129	592	-
Mei	8.5	-	-	-	1511	-	50	137	-
Juni	303.1	-	-	-	508	-	-	-	-
Juli	485.1	117.3	-	-	279	-	-	-	-
Agustus	341.9	810.0	-	-	369	-	-	-	-
September	-	392.4	308.9	-	69	-	-	-	-
Oktober	57.9	839.2	-	-	0	-	-	-	-
November	-	778.6	-	-	317	-	-	-	-
Desember	-	881.5	-	-	1443	-	-	-	-
Total	1,196	3,819	309	0	8,610	0	206.3	1,192	0
Grand Total	15,333								

Sumber: *HSE PT.X 2021*

PT. X memanfaatkan Slag nikel hasil limbah pengolahan nikel menjadi tiga produk, yaitu produl Batako, Concrete (Beton/cor), dan digunakan sebagai perkerasan jalan. Pemanfaatan menjadi produk tidak selalu dilakukan karena membutuhkan biaya tambahan untuk campuran dan menunggu permintaan kebutuhan serta membutuhkan area yang cukup besar untuk sarana produksi. Pada tahun 2019-2021 produksi batako mencapai 1.402,3 ton, untuk beton sebesar 13.930 ton dan yang digunakan sebagai perkerasan jalan sebesar 309 ton. Slag nikel yang tidak dimanfaatkan dilakukan penimbunan. Sebelumnya penggunaan dilakukan uji tekan untuk mengetahui apakah kekuatan beton sesuai dengan kebutuhan struktur bangunan yang direncanakan. Berikut adalah hasil uji tekan.

Berdasarkan tabel di atas terlihat persentase uji tekan dan penyerapan air dari batako dengan campuran slag nikel. Batako yang sudah dikeringkan kemudian dilakukan pengujian. Kode sampel F1 setelah dikeringkan 7 hari kemudian dilakukan pengujian menghasilkan kuat tekan sebesar 267.23 kg/m², pada pengujian umur 28 hari menghasilkan kuat tekan 324.57 dan penyerapan air 1.67%. Pada sampel F1.2 hasil pengujian pada umur 7 hari

menghasilkan 328.92 kg/m² dan pada umur 28 hari menghasilkan 170.44 serta memiliki penyerapan air 3.49%. Pada kode sampel S3 hasil uji tekan pada umur batako 7 hari menghasilkan 352.29 kg/m², pada umur 28 hari 221 kg/m² serta memiliki penyerapan air sebesar 3.56%. Pada gambar 1 memperlihatkan pemanfaatan slag nickel untuk batako untuk pembangunan di area perusahaan.

TABEL 3. Hasil pengujian dan SNI Beton

Kode Formula	Hasil Uji Tekan (Kg/cm ²)		Hasil Uji Penyerapan Air (%)	SNI 03-0349-1989 (Uji Tekan / Penyerapan Air)							
	Umur 7 hari	Umur 28 hari		I		II		III		IV	
				Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%	Kg/cm ²	%
F1	267.23	324.57	1.67								
F1.2	328.92	170.44	3.49	100	25	70	35	40	-	25	-
S3	352.29	221	3.56								



GAMBAR 1. Uji Coba Pembuatan Batako

A&B. Pembangunan septik tank, C. Pembuatan toilet, D. Pembangunan gedung pos *Security*, E. Pembangunan Gedung untuk pembuatan batako, F. Contoh batako G. Penyusunan batako yang sudah kering, H. Stock batako I. Hasil pembuatan batako.



GAMBAR 2. Pembuatan jalan beton dengan pemanfaatan slag nickel +FABA

A). dan B). Proses pengecoran jalan beton di Area jalan menuju office; C). dan D). Hasil akhir concrete jalan beton di Area jalan menuju office.

Efektivitas Pemanfaatan Limbah Slag Nikel

Penggunaan Slag nikel secara efektif perlu diketahui bagaimana komposisi kimia dan mineralnya mempengaruhi sifat negatif potensial (misalnya ekspansi volume), dan bagaimana sifat negatif dapat mempengaruhi kinerja produk. Hubungan modifikasi yang digunakan dari sifat-sifat slag nikel spesifik dan kontrol kualitas saling terkait. Penting untuk mengetahui slag dengan sifat yang diketahui atau dimodifikasi, sebagai penggunaan dalam konstruksi sipil atau jalan raya.

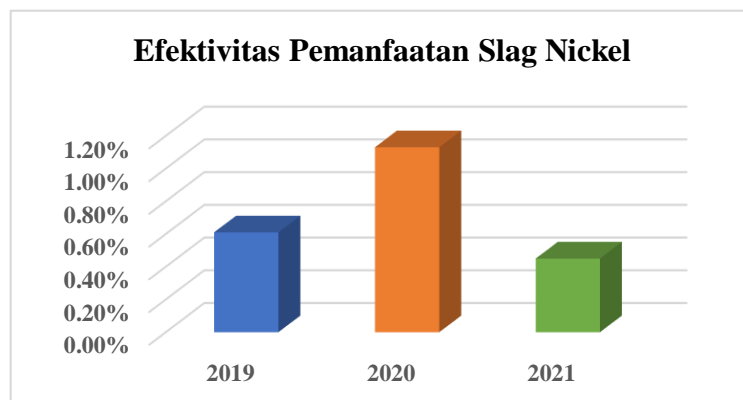


GAMBAR 3. Pengelolaan Sisa Pemanfaatan Slag Nikel; A). Loading Slag Nickel dari Slag Pool ke truck, B). Fasilitas penimbunan Pit Raja Ampat, C). Penataan slag nikel pada Pit Raja Ampat, dan D). IPAL Slag Nikel

Secara umum efektivitas menunjukkan sampai seberapa jauh tercapainya suatu tujuan yang telah ditentukan. Efektivitas adalah suatu ukuran yang menyatakan seberapa jauh target (kuantitas, kualitas dan waktu) telah tercapai dimana semakin besar persentase target yang dicapai, makin tinggi efektivitasnya. Dapat dilihat pada tabel 3 persentase pemanfaatan slag nikel pada PT. X.

TABEL 3. Efektivitas Pemanfaatan Slag Nikel

Th 2019	Th 2020	Th 2021
0.61%	1.13%	0.45%



GAMBAR 4. Diagram efektivitas pemanfaatab slag nikel

Berdasarkan tabel dan grafik diatas menunjukkan bahwa masih minimnya pemanfaatan slag nikel pada PT. X yang belum maksimal, bahkan bisa dikatakan sangat minim, melihat pada tiap tahunnya pemanfaatan Slag nikel PT. X masih dibawah 5%. Sebagian besar slag nikel ditimbun dengan disolidkan oleh *fly ash* dan *bottom ash*.

TABEL 4. Penimbunan Slag Nikel

Penimbunan Slag Nikel (Ton) Tahun		
2019	2020	2021
867,333.71	753,791.39	310,936.27
Total =	1,932,061.37	

Dapat dilihat pada **TABEL 4** bahwa penimbunan slag nikel masih begitu besar, penimbunan slag nikel ini dilakukan pada pit hasil bukaan tambang. Pada saat penimbunan digunakan persentase campuran *fly ash* dan *bottom ash*. Dapat dilihat pada Gambar 3.B Pengelolaan sisa pemanfaatan slag yang menggambarkan penimbunan slag yang tidak dimanfaatkan.

4.4 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini ditemukan bahwa tahun 2019-2021 PT.X telah menghasilkan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sumber spesifikasi khusus berupa Slag Nickel (SN) $\pm 1.947.394$ ton, produksi slag nikel tersebut dipengaruhi oleh jumlah pengolahan nikel yang masuk pada PT.X. Pemanfaatan Slag nikel pada PT. X dibuat menjadi Batako, Concrete, dan sebagai bahan untuk perkerasan jalan. Penimbunan nikel masih begitu besar sehingga persentasi efektivitas pemanfaatan slag nikel masih sangat kecil dibawah 2%.

4.5 UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis Mengucapkan terima kasih kepada Institut Teknologi Mineral Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta, Indonesia dan terimakasih kepada rekan rekan yang telah membantu menyusun artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wang, Qi. Yang, Jianmin. Lu, Jingwen. Xia, M F. 2019. Influence of nickel slag powders on properties of magnesium potassium phosphate cement paste. *Construction and Building Materials*, 205: 668-678.
- [2] RAO, Mingjun., Li, Guanghui., Luo, Jun., Jiang, Tao.,2013. Carbothermic reduction of nickeliferous laterite ores for nickel pig iron production in China: a review. *Jom*, 65.11: 1573-1583.
- [3] Samir, Mourad., Alama, Faruz., Buysse, Paul., Nylen, T V, Ostain, Oleg. 2018. "Disposal of mining waste: Classification and international recycling experience." *E3S Web of Conferences*. Vol. 41. EDP Sciences.
- [4] Petlovanyi, M., Lozynskyi, Vasyi., Popovych, V V., Kuzmenko, O. 2019. "Review of man-made mineral formations accumulation and prospects of their developing in mining industrial regions in Ukraine." *Mining of Mineral Deposits* 13, Iss. 1: 24-38.
- [5] Pan, De'an, Tian, Xia, Wu, Yufeng, Li, Lili. 2019. "A review on lead slag generation, characteristics, and utilization." *Resources, Conservation and Recycling* 146: 140-155.
- [6] Yan, Pengze, Shen, Yonggan, Du, Xueyan, Chong, Junkai. 2020. "Microwave Absorption Properties of Magnetite Particles Extracted from Nickel Slag." *Materials* 13.9: 2162.
- [7] Xu, Da-Mao., Fu, R B., Tong, Y H, Shen, D L, Guo, X P. 2021. "The potential environmental risk implications of heavy metals based on their geochemical and mineralogical characteristics in the size-segregated zinc smelting slags." *Journal of Cleaner Production* 315: 128199.
- [8] Zhang, Guangzong, Wang, Nan, Chen Min. Cheng, Yanqing. 2019. "Comprehensive Recovery of Multisource Metallurgical Wastes: Recycling Nickel Slag by Aluminum Dross with Converter-Slag Addition." *ISIJ International* (2020): ISIJINT.
- [9] Zhang, Tingting, Haoliang, Jin, Guo, Lijie, Li, Wenchen. 2020. "Mechanism of alkali-activated copper-nickel slag material." *Advances in Civil Engineering* 2020.
- [10] Xiao, Wanhai., Chen, Xingyu., Liu, Xuheng., Zhao, Zhongwei, Li, Yongli. 2021. "A method for extracting valuable metals from low nickel matte by non-oxidative leaching with H₂SO₄." *Separation and Purification Technology* 270: 118789.
- [11] Binnemans, Koen. Jones, P T, Blanpain, Bart., Gerven, T V, Yang, Yongxiang, Walton, Allan, Buchert, Matthias, 2013. "Recycling of rare earths: a critical review." *Journal of cleaner production* 51: 1-22.

- [12] Zhang, Zuhau, Zhu, Yingcan, Yang, Tao, Li, Liangfeng, Zhu, Huajun, Wang, Hao. 2017. "Conversion of local industrial wastes into greener cement through geopolymer technology: A case study of high-magnesium nickel slag." *Journal of cleaner production* 141: 463-471.
- [13] Peng, Zhiwei, Gu, Foquan, Zhang, Yuanbo, Tang, Huimin, Ye, Lei, Tian, Guoshen, Rao, Mingjun, Li, Guangi, Jiang, Tao. 2018. "Chromium: A double-edged sword in preparation of refractory materials from ferronickel slag." *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 6.8: 10536-10544.
- [14] Das, Pallabi, Dubey, Sudarshan, Singh, K K, Upadhyay, Sidhidatri. 2021. "Waste to wealth: Recovery of value-added products from steel slag." *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9.4: 105640.
- [15] Binnemans, Koen, Dupont, David. 2013. "Recycling of rare earths: a critical review." *Journal of cleaner production* 51: 1-22.