



samnur yusuf <samnur74@gmail.com>

Fw: Hasil Review Manuscript

2 pesan


eko hadi sujiono <eko_hadisujiono@yahoo.com>
Balas Ke: eko hadi sujiono <eko_hadisujiono@yahoo.com>
Kepada: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>, Samnur <samnur74@yahoo.com>

13 Januari 2014 pukul 12.49

On Monday, January 13, 2014 11:56 AM, sutikno madnasri <smadnasri@yahoo.com> wrote:
Yth. Prof. Eko,

Ini saya emailkan hasil review artikel yang Mahasiswa pak Eko kirim. Mohon dapat diperbaiki dulu, nanti dikirim ke saya lagi Pak. Terimakasih.

Sutikno

 **JPFI_MP3EI_2013 rev Eko.docx**
276K

samnur yusuf <samnur74@yahoo.com>
Kepada: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>

16 April 2023 pukul 23.19

Sent from my iPhone

Begin forwarded message:

From: eko hadi sujiono <eko_hadisujiono@yahoo.com>
Date: 13 January 2014 12.50.00 GMT+8
To: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>, Samnur <samnur74@yahoo.com>
Subject: Fw: Hasil Review Manuscript
Reply-To: eko hadi sujiono <eko_hadisujiono@yahoo.com>

[Kutipan teks disembunyikan]

 **JPFI_MP3EI_2013 rev Eko.docx**
276K

KARAKTERISTIK SIFAT FISIS BATUAN NIKEL DI SOROWAKO SULAWESI SELATAN

E. H. Sujiono^{1*}, M. Diantoro², Samnur³

¹Fakultas MIPA
Universitas Negeri Makassar (UNM)
Makassar, Indonesia

²Fakultas MIPA
Universitas Negeri Malang (UM)
Malang, Indonesia

³Fakultas Teknik
Universitas Negeri Makassar (UNM)
Makassar, Indonesia

e-mail: eko_hadisujiono@yahoo.com; e.h.sujiono@unm.ac.id / fax.: +62411869854

Abstrak

Sulawesi Selatan memiliki cadangan nikel berlimpah di daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, yang sampai saat ini masih berada dalam kontrak karya PT Vale, Indonesia. Potensi nikel dalam jumlah besar dan terus bertambah karena produksi dan eksplorasi tersebut dalam pengolahannya harus tepat, ramah lingkungan dan bernilai ekonomi tinggi. Hasil yang dilaporkan dalam penelitian ini berupa karakterisasi komposisi unsur, senyawa dan kekerasan Nikel ore. Pemilahan dan penyiapan sampel dilakukan secara manual dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 0,5 cm. Karakterisasi komposisi dilakukan menggunakan X-RF Minipal seri 4 dan X-RD Pan Analytical, karakterisasi kekerasan menggunakan Mitutoyo MVK-E3 dan Karakterisasi termal menggunakan TA+DTG Linseis. Hasil analisis menunjukkan bahwa komposisi utama dari nikel ore didominasi oleh nikel (Ni) dan silikon (Si). Kekerasan nikel ore mencapai 130 sampai 155 HVN-100 serta temperatur transisi gelas pada kisaran 900°C. Dengan komposisi, kekerasan dan temperatur transisi gelas ini maka nikel ore memiliki potensi untuk diolah lebih jauh sebagai sumber nikel dengan pengolahan standar.

Kata kunci: nikel ore, komposisi, kekerasan, temperatur transisi gelas.

Abstract

South Sulawesi has abundant reserves of nickel in Sorowako, East Luwu, which is still in the contract of works of PT Vale, Indonesia. The large nickel potential and growing production and exploration is necessary to processing with precise, friendly and high economic value. The result reported in this study is characterized of the elements composition, compounds, hardness and thermal properties of nickel ore. Sample preparation was done manually with a size of 2 cm x 2 cm x 0.5 cm. Characterized compositions performed using X-RF Minipal series 4 and X-RD Pan Analytical, hardness characterization using Mitutoyo MVK-E3 and thermal characterization using TA+DTG Linseis. The analysis showed that the main composition of the nickel ore is dominated by nickel (Ni) and silicon (Si). Nickel ore hardness reaches 130 to 155 HVN-100 as well as the glass transition temperature in the range of 900°C. By composition, hardness and glass transition temperature is then nickel ore has the potential to be processed further as a source of nickel with standard processing.

Keywords : nickel ores, composition, hardness, glass transition temperature.

Commented [s1]: ASAL (originated from)

Commented [s2]: terikat kontrak dengan PT Vale

Commented [s3]: Please re-write!

Commented [s4]: Data

Commented [s5]: hasil karakterisasi

Commented [s6]: dalam

Commented [s7]: Berdasarkan data ini, nikel ore potensial untuk diolah secara industri.

Commented [s8]: reserve

Commented [s9]: nickels

Commented [s10]: the status of work contract bond with

Commented [s11]: are necessary to process it precisely and friendly, and can generate high economic value.

Commented [s12]: The data reported in this study are quantity and type of each element and compound, and their thermal properties.

Commented [s13]: Samples were prepared manually each in size of 2cm x 2cm x 0,5cm.

Commented [s14]: Ini sebaiknya ditulis di bagian Metode

Commented [s15]: Based on the data found, the nickel ores are furthermore processable industrially.

PENDAHULUAN

Bijih Nikel laterit merupakan salah satu sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia. Banyak bahan paduan yang **di buat** berbasis bahan nikel karena memiliki kemampuan untuk mempertahankan **kekuatan struktur** (*creep, fatigue*) dan kestabilan permukaan (oksidasi dan korosi) pada suhu tinggi seperti pada mesin pesawat dan turbin gas pembangkit listrik (Mabruri, dkk., 2008). Mayoritas sumber nikel dunia yang diketahui mengandung laterit. Bijih laterit normalnya **di klasifikasikan** dalam dua jenis: *the high iron- laterite ore* dan *high-magnesia laterite ore* (Pan, dkk., 2012).

Produksi nikel Indonesia mencapai 190 ribu ton pertahun dan memiliki 8% cadangan nikel dunia, Sulawesi merupakan daerah dengan produksi nikel paling maju di Indonesia (Solihin, 2012).



Gambar 1. Sampel nikel ore (Sumber PT. Vale; 2013)

Penelitian tentang kandungan nikel yang ada di Sorowako juga telah dilakukan oleh **Adi T. (2009)** dengan mengambil lokasi sampel penelitian pada topografi yang memiliki kemiringan relatif bergelombang menerus. Yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah ketebalan lapisan batuan limonit dan saprolit yang mengandung nikel namun tetap menunjukkan persentase unsur/senyawa lainnya yang ada dalam lapisan limonit dan

Empat lokasi penting di Sulawesi yang memiliki cadangan nikel berlimpah adalah:

1. Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan; 2. Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah; 3. Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara; dan 4. Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara.

Potensi alam berupa tambang nikel di Sulawesi sebagian besar telah di kuasai oleh pihak asing dalam kontrak jangka panjang biasanya puluhan tahun, sehingga hasil yang menjadi milik negara hanya yang sesuai dengan perjanjian kontrak bagi hasil apalagi menjadi milik masyarakat Sulawesi Selatan. Dalam jangka waktu puluhan tahun itu cadangan nikel yang ada di Sulawesi akan habis sesuai eksplorasi masa kontrak karya tersebut.

Commented [s16]: dibuat

Commented [s17]: "creep dan fatigue bukan merupakan kekuatan", kalau kekuatan itu "strength"

Commented [s18]: diklasifikasikan

saprolit tersebut. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa untuk lapisan limonit memiliki kadar ketebalan nikel rata-rata 2,45 meter dengan kandungan unsur lainnya antara lain Fe di atas 35 %, MgO kurang dari 5 % dan SiO₂ di bawah 10 %. Sedangkan untuk lapisan saprolit memiliki kadar ketebalan nikel rata-rata 7,04 meter dengan kandungan unsur lainnya antara lain Fe (10 – 35 %), MgO (5 – 30 %) dan SiO₂ (10 – 40 %).

Widi A. (2012) juga melakukan analisis komposisi kandungan nikel laterit baik limonit maupun saprolit yang diambil pada wilayah pertambangan Morowali (Sulawesi Tengah). Analisis tersebut digunakan dalam upaya memproduksi nikel pig iron menggunakan mini blast furnace. Hasil analisis komposisi nikel laterit untuk lapisan limonit komposisinya terdiri atas SiO₂ 5,2%, Al₂O₃ 14,96%, Fe₂O₃ 61,31%, Ni 0,72%, Cr₂O₃ 1,66% dan LOI 14,42% dan beberapa senyawa lain dalam jumlah yang lebih kecil. Lapisan saprolit komposisinya terdiri atas SiO₂ 36,2%, Al₂O₃ 4,1%, Fe₂O₃ 22,37%, Ni 2,53%, Cr₂O₃ 0,97% dan LOI 10,74% dan beberapa senyawa lain dalam jumlah yang lebih kecil

Sifat-sifat fisika-kimia slag nikel termasuk struktur, viskositas, kerapatan dan lain-lain, sifat-sifat ini sangat tergantung pada komposisi kimia dan struktur dari slag (Pan, dkk., 2012, Juvelyn, dkk., 2012, dan Andrews, dkk., 2004). Untuk mengetahui struktur dan komposisi kimia penyusun bahan digunakan analisis karakterisasi XRD dan SEM- EDAX. Pada XRD, intensitas berkas difraksi sinar-x bergantung kepada berbagai faktor yang mempengaruhi yaitu polarisasi sinar-x, penyerapan sinar-x, faktor geometri, posisi dan getaran atom-atom karena adanya pengaruh temperatur (Kebamoto, 2006). Untuk tampilan morfologi permukaan biasanya sudah dapat teramati secara visual atau pun dengan mikroskop stereo. Namun sebaiknya pengamatan dengan SEM dimulai dengan perbesaran yang kecil (Siswoswarjo, 1996). Sedangkan untuk mengukur sifat-sifat mekanik bahan seperti stress/strain, hardness dan modulus Young dapat diukur dengan uji mekanik. Nikel ore pada dasarnya dapat

dianggap sebagai material yang getas dan rapuh, sehingga untuk karakterisasi sifat mekaniknya lebih cocok menggunakan pengujian kekerasan Vickers, menggunakan indentor piramida intan dan hasil pengukurannya selanjutnya dikonversi menjadi angka kekerasan Vickers dan diberi notasi VHN (Callister, 2010)

METODE

Sampel yang dianalisis pada penelitian ini adalah nikel ore. Hasil karakterisasi dapat mengungkap komposisi unsur, senyawa dan kekerasannya. Pemilahan dan penyiapan sampel untuk nikel ore diambil pada komposisi nikel ore hijau, nikel ore coklat, nikel ore putih dan nikel ore campuran. Pengambilan sampel dilakukan secara manual dengan ukuran 2 cm x 2 cm x 0,5 cm. Karakterisasi komposisi dilakukan menggunakan X-RF Minipal seri 4 dan X-RD Pan Analytical. Karakterisasi kekerasan menggunakan Micro Vickers Hardness Tester Mitutoyo MVK-E3 dengan beban 100 gf dan indentor Diamond 136° sedangkan karakterisasi sifat termal terutama untuk penentuan temperatur transisi gelas (glass differential temperature) menggunakan Thermogravimetric-Differential Thermal Analysis (TA+DTG) Linseis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa karakterisasi komposisi, kekerasan dan sifat termal dari sampel nikel ore yang diambil pada komposisi nikel ore hijau, nikel ore coklat, nikel ore putih dan nikel ore campur, dengan menggunakan XRF, XRD, karakterisasi kekerasan dan TA+DTG dan yang disajikan berturut-turut berikut ini.

Tabel 1. Komposisi Utama Nikel Ore

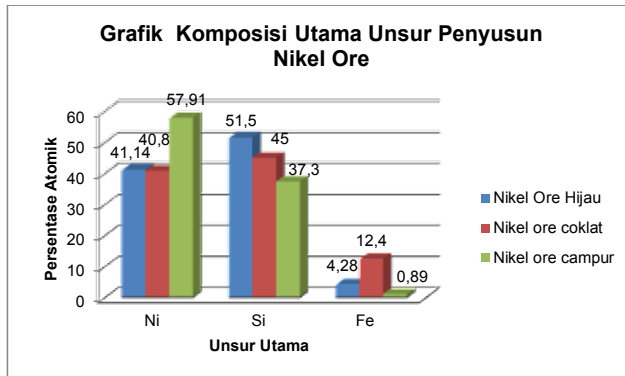
Nikel Ore	Ni (wt%)	Si (wt%)	Fe (wt%)
Nikel ore hijau	41.14	51.50	4.28
Nikel ore coklat	40.80	45.00	12.40
Nikel ore campur	57.91	37.30	0.89

Commented [s19]: Sebaiknya bagian ini ditulis di bagian Metode. Pada bagian pendahuluan lebih ditekankan pada latar belakang masalah, identifikasi masalah, perumusan masalah dan tujuan penelitian dengan mengacu pada artikel penelitian terdahulu.

Commented [s20]: Mohon ditulis ulang, jelaskan cara penyiapan spesimennya. Untuk pengujian kekerasan lebih dikenal istilah pengujian yang digunakan, apakah menggunakan ISO, ASTM, SNI atau JIS? Tuliskan spesifikasi alat secara lengkap. Tambahkan bahwa pengambilan sampel batuan pada lokasi yang sudah dipertimbangkan secara statistik.

Commented [s21]: data

Commented [s22]: spesimen



Gambar 2. Grafik komposisi unsur utama penyusun nikel ore

Berdasarkan tabel 1 dan grafik pada gambar 1 tampak bahwa untuk semua sampel ore dari batuan dengan ciri fisik berbeda warna menunjukkan bahwa kandungan utamanya adalah Ni dan Si serta sedikit Fe. Selain itu masih terdapat beberapa kandungan lain dalam komposisi yang lebih sedikit antara lain Ca, Cr, Mn, Y, Zn, La dan Re. Fraksi total Nikel rata-rata dari ketiga sampel tersebut adalah 46.80% dari total kandungan seluruh senyawa penyusun bahan. Dari komposisi ini dapat diprediksi bahwa pengolahan menjadi bijih kaya nikel sangat potensial dan menguntungkan. Kandungan Ni yang cukup besar ini memberi peluang untuk diolah melalui berbagai teknik kimia fisik.

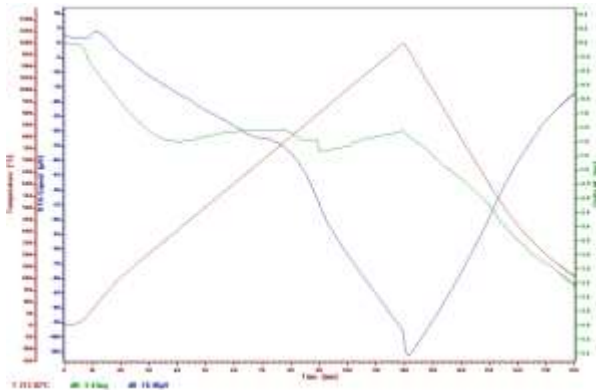
Berdasarkan data XRF tersebut dapat dilihat bahwa kandungan Nikel terbesar terdapat pada sampel batuan berwarna coklat dengan kandungan komposisi maksimum 57,91%. Sampel lain yang berwarna hijau mengandung Nikel sedikit lebih rendah yaitu 40,80% dan sampel campuran mengandung Nikel dengan komposisi 41,69%. Sampel-sampel tersebut pada dasarnya berasal dari batuan yang sejenis dan dalam jumlah yang sangat besar, sehingga fluktuasi komposisi unsur yang terkandung dalam batuan tersebut tidak signifikan berpengaruh terhadap rerata unsur yang dieksplorasi.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Kekerasan Nikel Ore

Sampel	Dia 1 (µm)	Dia 2 (µm)	Dia Rata-Rata (µm)	HVN
Nikel ore putih	165	210	187.5	156
	170	201	185.5	159
	200	180	190.0	152
Nikel ore hijau	205	215	210	124
	202	210	206	129
	195	213	204	132

Commented [s23]: Data dan informasi pada Tabel 1 dan Gambar 2 sama (redundancy), pakai salah satu.

Commented [s24]: Silahkan tampilkan data kekerasan reratanya saja. Satu nilai HVN untuk satu spesimen idealnya minimal diambil 5X indentansi.



Gambar 3. Karakterisasi *thermal* nikel ore.

Tabel 2 menunjukkan hasil karakterisasi kekerasan nikel ore putih dan hijau menggunakan microvickers. Data diameter hasil penekanan indenter bervariasi pada range 165 – 215 serta angka kekerasan Vickers antara 124 – 159. Hasil yang ditunjukkan pada dasarnya tidak menunjukkan perbedaan kekerasan yang berarti untuk setiap bagian sampel nikel ore yang diuji dan jika dikonversikan.

Gambar 3 menunjukkan grafik TG-DTA untuk sampel nikel ore yang terdiri atas perubahan temperatur (garis warna merah), perubahan berat (garis warna hijau) dan perubahan fasa unsur penyusun nikel ore (garis warna biru) terhadap waktu yang dibutuhkan selama proses analisis tersebut. Gambar 3 menunjukkan bahwa perubahan fasa nikel ore dari kondisi padat ke cair mulai terjadi pada menit ke-120 dari proses pemanasan dalam tungku dan menjadi fasa cair secara keseluruhan pada menit ke-122 dengan temperatur mulai terjadi pelelehan pada temperatur maksimal 1200°C. Fenomena menarik lainnya yang terjadi adalah proses pelepasan berat unsur pada menit ke-90 dengan adanya penurunan massa secara drastis sebesar 0.2 mg dari berat sampel yang dianalisis yang terjadi pada kisaran temperatur 900°C.

SIMPULAN DAN SARAN

Komposisi utama dari nikel ore didominasi oleh nikel (Ni) dan silikon (Si), dan sedikit kandungan besi (Fe). Kekerasan nikel ore mencapai 130 sampai 155 HVN-100 dan temperatur transisi gelasnya pada kisaran 900°C. Dengan komposisi dan kekerasan ini maka nikel ore memiliki potensi untuk diolah lebih jauh sebagai sumber nikel dengan pengolahan standar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Ditjen DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui skema penelitian prioritas nasional Masterplan Percepatan Pertumbuhan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) Tahun Anggaran 2013 yang tertuang dalam kontrak pelaksanaan penelitian Nomor: 284/SP2H/PL/Dit. Litabmas/VII/2013, tanggal 15 Juli 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi T., 2009. *Presisi Lapisan Endapan nikel Laterit berdasarkan Model Geokimia Batuan Ultramafik Daerah Sorowako Sulawesi Selatan*, Jurnal Penelitian Enjiniring ISSN 1411-6243, Vol. 12 No. 2 : 181-184
- Andrews L., et. al, 2004. *Factors affecting nickel recovery from slags produced during platinum*

Commented [s25]: Minta data excelnya ke operator DTA, diolah sendiri sehingga gambar DTA lebih cantik.

smelting. VII International Conference on Molten Slags fluxes and salts. The South African Institute of Mining and Metallurgy.

Callister, W.D., David G.R., 2010. *Material Science and Engineering: an Introduction*, Eight Edition, USA: John Wiley & Sons Inc.

Juvelyn S.D., Amparado R.F., Malaluan R.M., Demayo C.G., 2012. *Characterization and Leaching Assesment of Ferronickel Slag from a Smelting Plant in Iligan City Philippines*, IJESD, Vol. 3 No 5: 470-474

Kebamoto, 2006. *Difraksi Sinar-X (XRD)*. Departemen Fisika fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UI.

Mabruri, et. al, 2008. *Diffusion and gamma phase coarsening kinetics in ruthenium contain nickel based alloy*. Material transaction ; Vol 9 ; No. 4: 792-799.

Pan, C. X. Lv., Bai C., Liu X. D. Li, Min J., 2012. *Melting features and viscosity Of Si-O₂-CaO- MgO-Al₂O₃-FeO nickel slag in laterite metallurgy*. Metall. Sect. B-Metall.49 (1) B.

Siswosuwarjo M., 1996. *Scanning Electron Microscopy Sebagai Salah Satu Teknik Pemeriksaan Material* laboratorium Matalurgi Jurusan Fisika Teknik Mesin ITB, Bandung.

Solihin, 2012. *Pengolahan bijih nikel kadar rendah untuk mendukung industri baja tahan karat*, Jakarta : LIPI.

Widi A. dkk, 2012. *Pembuatan Nickel Pig Iron dari Bijih Nikel Laterit Indonesia Menggunakan Mini Blast Furnace*. Prosiding InsINas MT-68, 0404.

Silahkan mengacu ke petunjuk penulisan dan format artikel seperti d



samnur yusuf <samnur74@gmail.com>

Fw:

6 pesan

eko_hadisujiono@yahoo.com <eko_hadisujiono@yahoo.com> 14 Februari 2014 pukul 14.39
Balas Ke: eko_hadisujiono@yahoo.com
Kepada: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>, samnur yusuf <samnur74@yahoo.com>

Pak Samnur tolong dicek. Tks
Powered by Telkomsel BlackBerry®

From: Siti Khanafiyah <sitikhanafiyah@yahoo.com>
Date: Fri, 14 Feb 2014 13:22:01 +0800 (SGT)
To: eko_hadisujiono@yahoo.com <eko_hadisujiono@yahoo.com>
ReplyTo: Siti Khanafiyah <sitikhanafiyah@yahoo.com>

Kepada Yth. Bp. E. H. Sujiono

Ass wr wb
Bersama ini kami kirimkan hasil review kedua artikel bapak untuk diperbaiki.
Hasil perbaikan kami tunggu paling lambat tanggal 21 Februari 2014.
Terimakasih atas perhatian dan kerjasamanya.

Wass wr wb

Redaksi JPFI
Ketua
Siti Khanafiyah

 **8. FT. Sujiono.docx**
205K

Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com> 15 Februari 2014 pukul 07.57
Kepada: "eko_hadisujiono@yahoo.com" <eko_hadisujiono@yahoo.com>

Iye sy sdh download kmarin, dan saya sdh cek perbaikannya terutama pada tata tulisnya dan artikelnya dirubah menjadi satu kolom saja

Sent from my iPhone
[Kutipan teks disembunyikan]

<8. FT. Sujiono.docx>

eko_hadisujiono@yahoo.com <eko_hadisujiono@yahoo.com> 15 Februari 2014 pukul 08.24
Balas Ke: eko_hadisujiono@yahoo.com
Kepada: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>

Yang penting juga menambahkan analisis dg membandingkan hasil kita dg hasil yang. Sdh dipublikasi dalam jurnal internasional. Oleh peneliti lain. Mungkin jurnal mining and metalurgy dpt di rujuk dan ditambah satu lagi Pak;
Powered by Telkomsel BlackBerry®

From: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>
Date: Sat, 15 Feb 2014 07:57:45 +0800
To: eko_hadisujiono@yahoo.com <eko_hadisujiono@yahoo.com>
Subject: Re: Fw:
[Kutipan teks disembunyikan]

Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>

15 Februari 2014 pukul 08.27

Kepada: "eko_hadisujiono@yahoo.com" <eko_hadisujiono@yahoo.com>

Iye Prof, saya akan tambahkan, krn di daftar pustaka juga ada komentar utk menambahkan rujukan dlm bentuk jurnal, katanya minimal 5 jurnal rujukan

Sent from my iPhone

[Kutipan teks disembunyikan]

eko_hadisujiono@yahoo.com <eko_hadisujiono@yahoo.com>

15 Februari 2014 pukul 08.34

Balas Ke: eko_hadisujiono@yahoo.com

Kepada: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>

Kumpulan artikel kita banyak, gunakan yang relevan Pak; tks

Powered by **Telkomsel BlackBerry®**

From: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>

Date: Sat, 15 Feb 2014 08:27:38 +0800

[Kutipan teks disembunyikan]

samnur yusuf <samnur74@yahoo.com>

16 April 2023 pukul 23.20

Kepada: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>

Sent from my iPhone

Begin forwarded message:

From: eko_hadisujiono@yahoo.com


Date: 14 February 2014 14.40.11 GMT+8

To: Samnur Yusuf <samnur74@gmail.com>, samnur yusuf <samnur74@yahoo.com>

Subject: Fw:

Reply-To: eko_hadisujiono@yahoo.com

[Kutipan teks disembunyikan]

 **8. FT. Sujiono.docx**
205K

KARAKTERISTIK SIFAT FISIS BATUAN NIKEL DI SOROWAKO SULAWESI SELATAN

E. H. Sujiono^{1,*}, M. Diantoro², Samnur³

¹Fakultas MIPA, Universitas Negeri Makassar (UNM), Makassar, Indonesia

²Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang (UM), Malang, Indonesia

³Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar (UNM), Makassar, Indonesia

Abstrak

Sulawesi Selatan memiliki cadangan nikel berlimpah di daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, yang sampai saat ini masih terikat kontrak karya dengan P.T. Vale Indonesia. Potensi nikel dalam jumlah besar dan terus bertambah sehingga dalam proses produksi dan eksplorasinya harus tepat, ramah lingkungan agar memiliki nilai ekonomi tinggi. Data yang dilaporkan dalam penelitian ini berupa hasil karakterisasi komposisi unsur, senyawa dan kekerasan Nikel ore. Pemilahan dan penyiapan sampel dilakukan secara manual dalam ukuran 2 cm x 2 cm x 0,5 cm. Karakterisasi komposisi dilakukan menggunakan X-RF Minipal seri 4 dan X-RD Pan Analytical, karakterisasi kekerasan menggunakan Mitutoyo MVK-E3 dan Karakterisasi termal menggunakan TA+DTG Linseis. Hasil analisis menunjukkan bahwa komposisi utama dari nikel ore didominasi oleh nikel (Ni) dan silikon (Si). Kekerasan nikel ore mencapai 130 sampai 155 HVN-100 serta temperatur transisi gelas pada kisaran 900°C. Berdasarkan data ini, nikel ore potensial untuk diolah secara industri.

Abstract

South Sulawesi has abundant reserve of nickels in Sorowako, East Luwu, which is still in the status of work contract bond with P.T. Vale, Indonesia. The large nickel potential and growing production and exploration are necessary to process it precisely and friendly, and can generate high economic value. The data reported in this study are quantity and type of each element and compound, and their thermal properties. Samples were prepared manually each in size of 2cm x 2cm x 0,5cm. The analysis showed that the main composition of the nickel ore is dominated by nickel (Ni) and silicon (Si). Nickel ore hardness reaches 130 to 155 HVN-100 as well as the glass transition temperature in the range of 900°C. Based on the data found, the nickel ores are furthermore processable industrially.

Keywords : nickel ores, composition, hardness, glass transition temperature.

PENDAHULUAN

Bijih Nikel laterit merupakan salah satu sumber daya mineral yang melimpah di Indonesia. Banyak bahan paduan yang dibuat berbasis bahan nikel karena memiliki kekuatan struktur terhadap proses *creep*, *fatigue* dan kestabilan permukaan (oksidasi dan korosi) pada suhu tinggi seperti digunakan pada mesin pesawat dan turbin gas pembangkit listrik (Mabruri, dkk., 2008). Mayoritas sumber nikel dunia yang telah

diketahui mengandung laterit. Bijih laterit normalnya diklasifikasikan dalam dua jenis: *the high iron- laterite ore* dan *high-magnesia laterite ore* (Pan, dkk., 2012).

Produksi nikel Indonesia mencapai 190 ribu ton pertahun dan memiliki 8% cadangan nikel dunia, Sulawesi merupakan daerah dengan produksi nikel paling maju di Indonesia (Solihin, 2012).

Alamat Korespondensi:

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika,
Kampus Universitas Negeri Makassar (UNM) Parangtambung, 90224
e-mail: eko_hadisujiono@yahoo.com; e.h.sujiono@unm.ac.id / fax.: +62411869854

Commented [i1]: Tambahkan judul berbahasa Inggris

Commented [i2]: Sesuaikan dengan abstrak berbahasa Indonesia

Commented [i3]: Catatan: Tulisan dalam satu kolom saj

Commented [i4]: Penulisan referensi tidak bold

Empat lokasi penting di Sulawesi yang memiliki cadangan nikel berlimpah adalah: 1. Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Sulawesi Selatan; 2. Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah; 3. Pomalaa, Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara; dan 4. Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara.

Potensi alam berupa tambang nikel di Sulawesi sebagian besar telah di kuasai oleh pihak asing dalam kontrak jangka

panjang biasanya puluhan tahun, sehingga hasil yang menjadi milik negara hanya yang sesuai dengan perjanjian kontrak bagi hasil yang juga termasuk menjadi milik masyarakat Sulawesi. Diperkirakan dalam jangka waktu puluhan tahun itu cadangan nikel yang ada di Sulawesi akan habis sesuai eksplorasi masa kontrak karya tersebut.



Gambar 1. Sampel nikel ore (Sumber PT. Vale; 2013)

Penelitian tentang kandungan nikel yang ada di Sorowako juga telah dilakukan oleh **Adi T. (2009)** dengan mengambil lokasi sampel penelitian pada topografi yang memiliki kemiringan relatif bergelombang menerus. Yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah ketebalan lapisan batuan limonit dan saprolit yang mengandung nikel namun tetap menunjukkan persentase unsur/senyawa lainnya yang ada dalam lapisan limonit dan saprolit tersebut. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa untuk lapisan limonit memiliki kadar ketebalan nikel rata-rata 2,45 meter dengan kandungan unsur lainnya antara lain Fe di atas 35 %, MgO kurang dari 5 % dan SiO₂ di bawah 10 %. Sedangkan untuk lapisan saprolit memiliki kadar ketebalan nikel rata-rata 7,04 meter dengan kandungan unsur lainnya antara lain Fe (10 – 35 %), MgO (5 – 30 %) dan SiO₂ (10 – 40 %).

Widi A. (2012) juga melakukan analisis komposisi kandungan nikel laterit

baik limonit maupun saprolit yang diambil pada wilayah pertambangan Morowali (Sulawesi Tengah). Analisis tersebut digunakan dalam upaya memproduksi nikel *pig iron* menggunakan *mini blast furnace*. Hasil analisis komposisi nikel laterit untuk lapisan limonit komposisinya terdiri atas SiO₂ 5,2%, Al₂O₃ 14,96%, Fe₂O₃ 61,31%, Ni 0,72%, Cr₂O₃ 1,66% dan LOI 14,42% dan beberapa senyawa lain dalam jumlah yang lebih kecil. Lapisan saprolit komposisinya terdiri atas SiO₂ 36,2%, Al₂O₃ 4,1%, Fe₂O₃ 22,37%, Ni 2,53%, Cr₂O₃ 0,97% dan LOI 10,74% dan beberapa senyawa lain dalam jumlah yang lebih kecil

Sifat-sifat fisika-kimia *slag* nikel termasuk struktur, viskositas, kerapatan dan sifat lainnya, sangat tergantung pada komposisi kimia dan struktur dari *slag* atau nikel ore nya (**Pan, dkk., 2012, Juvelyn, dkk., 2012, dan Andrews, dkk., 2004**). Dengan demikian karakteristik nikel ore penting untuk diketahui, dalam

Commented [i5]: Gambar dalam hitam-putih

upaya lebih lanjut pemanfaatan *slag* nikelnya.

METODE

Untuk mengetahui struktur dan komposisi kimia penyusun bahan digunakan analisis karakterisasi XRD dan SEM- EDAX. Pada XRD, intensitas berkas difraksi sinar-x bergantung kepada berbagai faktor yang mempengaruhi yaitu polarisasi sinar-x, penyerapan sinar-x, faktor geometri, posisi dan getaran atom-atom karena adanya pengaruh temperatur (Kebamoto, 2006). Untuk tampilan morfologi permukaan biasanya sudah dapat teramati secara visual atau pun dengan mikroskop stereo. Namun sebaiknya pengamatan dengan SEM dimulai dengan perbesaran yang kecil (Siswosuwarjo, 1996). Sedangkan untuk mengukur sifat-sifat mekanik bahan seperti *stress/strain*, *hardness* dan *modulus Young* dapat diukur dengan uji mekanik. Nikel ore pada dasarnya dapat dianggap sebagai material yang getas dan rapuh, sehingga untuk karakterisasi sifat mekaniknya lebih cocok menggunakan pengujian kekerasan Vickers, menggunakan *indentor* piramida intan dan hasil pengukurannya selanjutnya dikonversi menjadi angka kekerasan Vickers dan diberi notasi VHN (Callister, 2010).

Sampel yang dianalisis pada penelitian ini adalah nikel ore. Hasil karakterisasi dapat mengungkap komposisi unsur, senyawa dan kekerasannya. Pengambilan sampel nikel ore untuk karakterisasi komposisi dilakukan secara manual dengan memotong specimen pada komposisi nikel ore hijau, nikel ore coklat dan nikel ore campuran dengan ukuran 2cm x 2cm x 0,5cm. Sedangkan untuk pengujian kekerasan, pengambilan sampel nikel ore

dilakukan secara manual dengan memotong specimen pada komposisi nikel ore hijau dan nikel ore putih masing-masing sebanyak tiga sampel dengan ukuran 2cm x 2cm x 0,5cm. Karakterisasi komposisi dilakukan menggunakan X-RF Minipal seri 4 dan X-RD Pan Analytical. Pengujian kekerasan menggunakan *Micro Vickers Hardness Tester Mitutoyo MVK-E3* dengan beban 100 gf dan *indentor Diamond 136°* dengan menggunakan standar ASTM E 384, "Standard Test Method for Micro indentation Hardness of Materials", sedangkan karakterisasi sifat termal terutama untuk penentuan temperatur transisi gelas (*glass differential temperature*) menggunakan *Thermogravimetric-Differential Thermal Analysis (TA+DTG)* Linseis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian berupa data komposisi, kekerasan dan sifat termal dari sampel nikel ore yang diambil pada spesimen nikel ore hijau, nikel ore coklat, nikel ore putih dan nikel ore campur, dengan menggunakan XRF, XRD, karakterisasi kekerasan dan TA+DTG dan yang disajikan berturut-turut berikut ini.

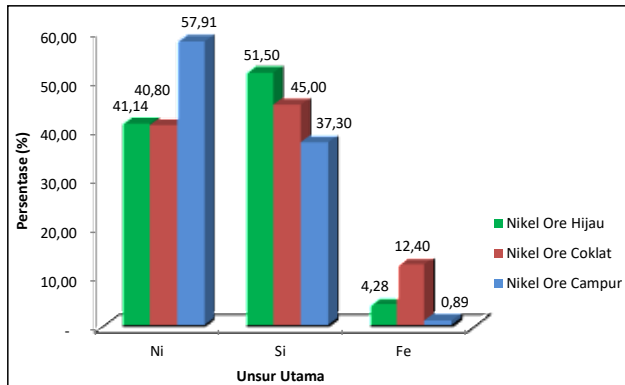
Berdasarkan grafik pada gambar 2 tampak bahwa untuk semua sampel ore dari batuan dengan ciri fisik berbeda warna menunjukkan bahwa kandungan utamanya adalah Ni dan Si serta sedikit Fe. Selain itu masih terdapat beberapa kandungan lain dalam komposisi yang lebih sedikit antara lain Ca, Cr, Mn, Y, Zn, La dan Re. Fraksi total Nikel rata-rata dari ketiga sampel tersebut adalah 46.80% dari total kandungan seluruh senyawa penyusun bahan. Dari komposisi ini dapat diprediksi bahwa pengolahan menjadi bijih kaya nikel sangat potensial dan menguntungkan. Kandungan Ni yang cukup besar ini memberi peluang untuk diolah melalui berbagai teknik kimia fisik.

Commented [16]: Tuliskan tujuan penelitian

Commented [17]: Sinar X

Commented [18]: Dalam hasil dan pembahasan belum terdapat -Peningkatan temuan dari penelitian kedalam kumpulan pengetahuan yang telah ada

Commented [19]: Gambar 2



Gambar 2. Grafik komposisi unsur utama penyusun nikel ore

Berdasarkan data XRF tersebut dapat dilihat bahwa kandungan Nikel terbesar terdapat pada sampel batuan berwarna coklat dengan kandungan komposisi maksimum 57,91%. Sampel lain yang berwarna hijau mengandung Nikel sedikit lebih rendah yaitu 40,80% dan sampel campur mengandung Nikel dengan komposisi 41,69%. Sampel-sampel tersebut pada dasarnya berasal dari batuan yang sejenis dan dalam jumlah yang sangat besar, sehingga fluktuasi komposisi unsur yang terkandung dalam batuan tersebut tidak signifikan berpengaruh terhadap rerata unsur yang dieksplorasi.

Tabel 1 menunjukkan hasil karakterisasi kekerasan nikel ore putih dan hijau menggunakan microvickers. Data

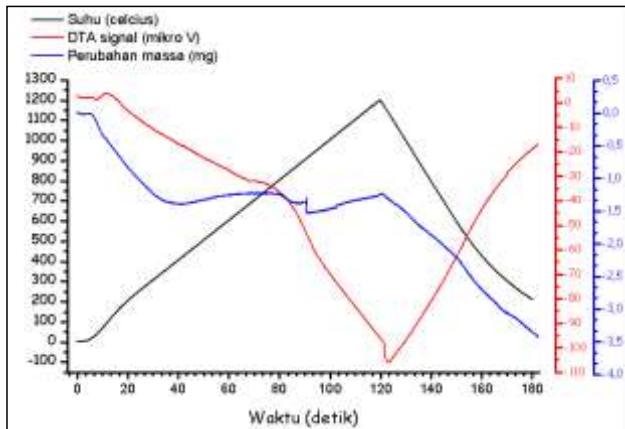
diameter hasil penekanan indenter bervariasi pada rentang 165 – 215 serta angka kekerasan Vickers antara 124 – 159. Hasil yang ditunjukkan pada dasarnya tidak menunjukkan perbedaan kekerasan yang berarti untuk setiap bagian sampel nikel ore yang diuji dan jika dikonversikan ke kekerasan Rockwell berada pada kisaran 69,5 – 83 HRB yang menunjukkan bahwa material tersebut berada pada kategori material lunak.

Gambar 3 menunjukkan grafik TG-DTA untuk sampel nikel ore yang terdiri atas perubahan temperatur (garis warna merah), perubahan berat (garis warna hijau) dan perubahan fasa unsur penyusun nikel ore (garis warna biru) terhadap waktu yang dibutuhkan selama proses analisis tersebut.

Commented [i10]: Gambar dalam hitam putih saja

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kekerasan Nikel Ore

Sampel	Diameter Rata-Rata (μm)	HVN Rata-Rata
Nikel ore putih	187.67	155.67
Nikel ore hijau	206.67	128.33



[Gambar 3. Karakterisasi *thermal* nikel ore.]

Dapat pula diamati pada Gambar 3 tersebut bahwa perubahan fasa nikel ore dari kondisi padat ke cair mulai terjadi pada menit ke-120 dari proses pemanasan dalam tungku dan menjadi fasa cair secara keseluruhan pada menit ke-122 dengan temperatur mulai terjadi pelelehan pada temperatur maksimal 1200°C. Fenomena menarik lainnya yang terjadi adalah proses pelepasan berat unsur pada menit ke-90 dengan adanya penurunan massa secara drastis sebesar 0.2 mg dari berat sampel yang dianalisis yang terjadi pada kisaran temperatur 900°C.

SIMPULAN DAN SARAN

Komposisi utama dari nikel ore didominasi oleh nikel (Ni) dan silikon (Si), dan sedikit kandungan besi (Fe). Kekerasan nikel ore mencapai 130 sampai 155 HVN-100 dan temperatur transisi gelasnya pada kisaran 900°C. Dengan komposisi dan kekerasan ini maka nikel ore memiliki potensi untuk diolah lebih jauh sebagai sumber nikel dengan pengolahan standar industri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Ditjen DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui skema penelitian prioritas nasional

Masterplan Percepatan Pertumbuhan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) Tahun Anggaran 2013 yang tertuang dalam kontrak pelaksanaan penelitian Nomor: 284/SP2H/PL/Dit. Litabmas/VII/2013, tanggal 15 Juli 2013.

DAFTAR PUSTAKA

Adi T., 2009. *Presisi Lapisan Endapan nikel Laterit berdasarkan Model Geokimia Batuan Ultramafik Daerah Sorowako Sulawesi Selatan*, Jurnal Penelitian Enjiniring ISSN 1411-6243, Vol. 12 No. 2: 181-184

Andrews L., *et.al*, 2004. *Factors affecting nickel recovery from slags produced during platinum smelting*. VII International Conference on Molten Slags fluxes and salts. The South African Institute of Mining and Metallurgy.

Callister, W.D., David G.R., 2010. *Material Science and Engineering: an Introduction*, Eight Edition, USA: John Wiley & Sons Inc.

Juvelyn S.D., Amparado R.F., Malaluan R.M., Demayo C.G., 2012. *Characterization and Leaching Assesment of Ferronickel Slag from a Smelting Plant in Iligan City Philippines*, IJESD, Vol. 3 No. 5: 470-474

Commented [i11]: ?

Commented [i12]: Perlu ditambahkan:

- Jurnal kurang 1 (minimal 5)
- Ditulisakan semua nama penulis (jangan et.a/ dkk)
- Penulisan daftar pustaka disesuaikan dengan kaidah selingkung

Commented [i13]: ?

Kebamoto, 2006. *Difraksi Sinar-X (XRD)*. Departemen Fisika fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, UI.

Mabruri, [et. al](#), 2008. *Diffusion and gamma phase coarsening kinetics in ruthenium contain nickel based alloy*. Material transaction; Vol 9; No. 4: 792-799.

Pan, C. X. Lv., Bai C., Liu X. D. Li, Min J., 2012. *Melting features and viscosity Of Si-O₂-CaO- MgO-Al₂O₃-FeO nickel slag in laterite metallurgy*. Metall. Sect. B-Metall. 49 (1) B.

Siswosuwarjo M., 1996. *Scanning Electron Microscopy Sebagai Salah Satu Teknik Pemeriksaan Material* laboratorium Matalurgi Jurusan Fisika Teknik Mesin ITB, Bandung.

Solihin, 2012. *Pengolahan bijih nikel kadar rendah untuk mendukung industri baja tahan karat*, Jakarta : LIPI.

Widi A. [dkk](#), 2012. *Pembuatan Nickel Pig Iron dari Bijih Nikel Laterit Indonesia Menggunakan Mini Blast Furnace*. Prosiding InsINas MT-68, 0404.

Commented [i14]: ?

Commented [i15]: ?

LAPORAN TAHUNAN
PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL
MASTERPLAN PERCEPATAN DAN PERLUASAN PEMBANGUNAN
EKONOMI INDONESIA 2011 – 2025
(PENPRINAS MP3EI 2011-2025)



EKSPLORASI POTENSI *SLAG* NIKEL (Ni) DI SULAWESI
DAN POTENSI APLIKASINYA

Tahun Ke-1 dari Rencana 3 Tahun

Ketua Tim Peneliti:

Prof. Dr. EKO HADI SUJIONO, M.Si (0017106904)

UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR
Desember 2013

LAPORAN TAHUNAN
PENELITIAN PRIORITAS NASIONAL
MASTERPLAN PERCEPATAN DAN PERLUASAN PEMBANGUNAN
EKONOMI INDONESIA 2011 – 2025
(PENPRINAS MP3EI 2011-2025)



EKSPLORASI POTENSI *SLAG* NIKEL (Ni) DI SULAWESI
DAN POTENSI APLIKASINYA

Tahun Ke-1 dari Rencana 3 Tahun

Tim Peneliti:

Prof. Dr. Eko Hadi Sujiono, M.Si	(0017106904)
Dr. Markus Diantoro. M.Si	(0021126605)
Samnur, ST., MT	(0002057401)

UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR
Desember 2013

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : EKSPLOKASI POTENSI SLAG NIKEL (Ni) DI SULAWESI DAN POTENSI APLIKASINYA

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : Prof. Dr. EKO HADI SUJIONO M.Si.
NIDN : 0017106904
Jabatan Fungsional : Guru Besar
Program Studi : Fisika
Nomor HP : 08114105272
Surel (e-mail) : eko_hadisujiono@yahoo.com

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : Dr. MARKUS DIANTORO M.Si
NIDN : 0021126605
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI MALANG

Anggota Peneliti (2)

Nama Lengkap : SAMNUR S.T., M.T
NIDN : 0002057401
Perguruan Tinggi : UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :

Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun

Biaya Tahun Berjalan : Rp. 177.500.000,00

Biaya Keseluruhan : Rp. 570.590.000,00

Mengetahui
Ketua Lembaga Penelitian UNM

(Prof. Dr. H. Jufri, M.Pd.)
NIP/NIK 195912311985031016

Menyetujui,
Rektor UNM

(Prof. Dr. H. Arismunandar, M.Pd.)
NIP/NIK 196207141987021001

Makassar, 12 - 12 - 2013,
Ketua Peneliti,

(Prof. Dr. EKO HADI SUJIONO M.Si.)
NIP/NIK 196910171993031002

RINGKASAN

Penelitian ini direncanakan untuk mengidentifikasi dan mengkaji unsur atau senyawa yang terkandung dalam bahan *slag* nikel, menghasilkan produk berbahan dasar paduan *slag* nikel, kemungkinan metode daur ulang *slag* nikel dan aplikasi penggunaan *slag* nikel untuk konstruksi jalan raya atau potensi aplikasi lainnya. *Slag* nikel merupakan produk sampingan atau limbah dari proses penambangan nikel. Proses penelitian meliputi pembuatan sampel berbentuk bulk (*pellet*) dilakukan dengan menggunakan metode reaksi padatan (*solid state reaction*) atau proses sintesis dengan cara pelelehan/*melting* di laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika UNM, pengambilan data dimulai dengan pengkajian secara mendalam tentang komposisi dan fase mikrostruktur melalui analisis SEM-EDAX (*Scanning electron microscopy-energy dispersive X-ray*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*) serta pengukuran sifat-sifat mekanik melalui pengujian kekerasan/*hardness*, *stress/strain* dan *modulus young*. Pada tahun pertama telah dianalisis komposisi yang terkandung dalam *slag* melalui karakterisasi SEM-EDAX, XRF dan sifat-sifat mekanik berupa tingkat kekerasan bahan, dan karakteristik DTA-TG, serta analisis fase dan mikrostruktur dengan XRD. Juga berhasil mensintesis *slag nikel* dari bentuk bongkahan padatan menjadi bubuk/serbuk. Publikasi hasil penelitian **tahun pertama 2013** yaitu pada *The 3rd International Conference on Theoretical and Applied Physics* dan Simposium Fisika Nasional XXVI di Universitas Negeri Malang, seminar nasional Fisika di Universitas Hasanuddin Makassar, dan publikasi pada Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia terakreditasi B Dikti Kemdikbud (terkirim/*submitted*), serta draft publikasi pada jurnal internasional *Materials Science and Engineering*. Dari data ini dapat ditentukan potensi aplikasi bahan *slag* nikel dan *treatment* apa yang dapat diberikan untuk meningkatkan kualitas bahan. Pada tahun kedua, dan ketiga diharapkan peneliti dapat mengkaji mengenai perpaduan bahan *slag* nikel dengan bahan yang lain baik sebagai bahan dasar atau bahan penambah untuk menghasilkan bahan paduan baru yang memiliki nilai manfaat yang lebih luas, baik untuk aplikasi industri maupun manfaat ekonomi bagi kesejahteraan masyarakat. Luaran yang diharapkan pada akhir penelitian adalah produk berbahan dasar *slag* nikel, metode daur ulang *slag* nikel, dan diagram alur pemanfaatan *slag* nikel untuk kontruksi jalan raya atau potensi aplikasi lainnya.

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunianya sehingga laporan penelitian MP3EI tahun pertama dengan judul “**Eksplorasi Potensi Slag Nikel (Ni) di Sulawesi dan Potensi Aplikasinya**” dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Penelitian MP3EI ini dilaksanakan sebagai salah satu upaya yang dilakukan oleh tim peneliti dalam rangka ikut berperan serta secara aktif dalam usaha mempercepat dan memperkuat pembangunan ekonomi sesuai dengan keunggulan dan potensi strategis wilayah terutama pada koridor ekonomi Sulawesi, dimana Nikel merupakan salah satu komoditas unggulan yang diharapkan dapat mengembangkan potensi ekonomi wilayah, memperkuat konektivitas nasional yang terintegrasi secara lokal dan global serta memperkuat kemampuan sumberdaya manusia dan iptek nasional untuk mendukung pengembangan program utama di koridor Sulawesi.

Laporan penelitian ini disusun sebagai bentuk pertanggungjawaban dan pelaporan atas kegiatan penelitian beserta capaiannya yang telah dilaksanakan pada tahun pertama dari rencana penelitian selama 3 tahun dan menjadi dasar dalam penentuan keberlanjutan penelitian pada tahun selanjutnya.

Pada kesempatan ini tim peneliti juga tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Dirjen DIKTI yang telah mendanai penelitian ini melalui skema penelitian prioritas nasional Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) Tahun Anggaran 2013 yang tertuang dalam kontrak pelaksanaan penelitian Nomor : 284/SP2H/PL/Dit. Litabmas/VII/2013, tanggal 15 Juli 2013. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat UNM, penanggungjawab dan staf laboratorium Fisika FMIPA UNM dan UM serta berbagai pihak yang telah turut serta dalam membantu kelancaran pelaksanaan penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhirnya semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR GRAFIK	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
BAB II. STUDI PUSTAKA	3
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	7
3.1. Tujuan Penelitian	7
3.2. Manfaat Penelitian	7
BAB IV. METODE PENELITIAN	9
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	11
5.1. Pengolahan <i>Slag</i> Nikel	11
5.2. Karakterisasi	13
BAB VI. OUTPUT PENELITIAN DAN RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA ..	27
6.1. Output Penelitian	27
6.2. Rencana Tindak Lanjut Tahun Ke-2	27
BAB VII. KESIMPULAN	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN:	
Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota	31
Lampiran 2. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Tugas	41
Lampiran 3. Rekapitulasi Penggunaan Dana Penelitian Tahun I	43
Lampiran 4. MoU dengan Pemprov Sulsel, Pemkab Luwu Timur dan PT Vale ..	45
Lampiran 5. Surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan MP3EI dari Lemlit	53
Lampiran 6. Surat Izin Penelitian	60
Lampiran 7. Output Hasil Penelitian Tahun Ke-1	64
Lampiran 8. Artikel Ilmiah disubmit pada JFI Unnes	81