

## KARAKTERISTIK SIFAT FISIS BATUAN NIKEL DI SOROWAKO SULAWESI SELATAN

### THE PHYSICAL PROPERTIES OF NICKEL ORE IN SOROWAKO SOUTH SULAWESI

E. H. Sujiono<sup>1\*</sup>, M. Diantoro<sup>2</sup>, Samnur<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas MIPA, Universitas Negeri Makassar (UNM), Makassar, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas MIPA, Universitas Negeri Malang (UM), Malang, Indonesia

<sup>3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar (UNM), Makassar, Indonesia

Diterima: 7Maret 2014. Disetujui: 1 April 2014. Dipublikasikan: Juli 2014

#### 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 batuan nikel. Pemilahan dan penyiapan sampel dilakukan secara manual dalam ukuran 2 cm x 2 cm x 0,5 cm. Hasil analisis menunjukkan bahwa komposisi utama dari batuan nikel didominasi oleh nikel (Ni) dan silikon (Si). Kekerasan batuan nikel mencapai 130 sampai 155 HVN-100 serta temperatur transisi gelas pada kisaran 900°C. Berdasarkan data ini, batuan nikel potensial untuk diolah secara industri.

#### ABSTRACT

South Sulawesi has abundant reserve of nickel in Sorowako, East Luwu, which is still in the status of work contract bond with P.T. Vale, Indonesia. The huge nickel potential of the area and the growing production brings the need to process the exploration precisely and friendly to generate high economic value. The data reported in this study are characterization result of the elements composition, compounds and hardness of the nickel ore. 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 was 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.

© 2014 Jurusan Fisika FMIPA UNNES Semarang

**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, *et al.*, 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, *et al.*, 2012). Untuk memenuhi kebutuhan bahan nikel murni dalam proses produksi *stainless steel*, maka digunakan *Nickel Pig Iron* sebagai bahan baku yang diterapkan di China sebagai alternatif yang murah

---

#### \*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

untuk menghasilkan nikel (Daud, *et al.*, 2013). Proses pengolahan batuan nikel laterit yang la-indimulai dengan memberi larutan NaOH pada tekanan atmosfer, yang selanjutnya akan menghasilkan larutan  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  yang digunakan untuk menghasilkan produk silika melalui proses karbonisasi, dan unsur lainnya seperti magnesium, besi dan nikel akan terkonsentrasi dalam *desilicization slag* (Mu, Zhai & Liu, 2010).

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), seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Potensi alam berupa tambang nikel di Sulawesi sebagian besar telah dikuasai 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 tersebut cadangan nikel yang ada di Sulawesi akan habis sesuai eksplorasi masa kontrak karyanya.



**Gambar 1.** Sampel batuan nikel (Sumber P.T. 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  $\text{SiO}_2$  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  $\text{SiO}_2$  (10 – 40%).

Widi (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  $\text{SiO}_2$  5,2%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  14,96%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  61,31%, Ni 0,72%,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  1,66% dan LOI 14,42% dan beberapa senyawa lain dalam jumlah yang lebih kecil. Lapisan saprolit komposisinya terdiri atas  $\text{SiO}_2$  36,2%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  4,1%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  22,37%, Ni 2,53%,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  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 batuan nikelnya (Pan. *et al.*, 2013; Juvelyn, *et al.*, 2012; dan Andrews, 2004). Dengan demikian karakteristik batuan nikel penting untuk diketahui, dalam upaya lebih lanjut pemanfaatan *slag* nikelnya.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik struktur kristal, komposisi bahan dan melakukan pengkajian mengenai karakteristik sifat fisik batuan nikel.

## METODE

Untuk mengetahui struktur Kristal bahan digunakan karakterisasi XRD, komposisi penyusun bahan digunakan karakterisasi XRF. Sedangkan untuk menguji kekerasan bahan dengan mempertimbangkan bahwa batuan nikel pada dasarnya dapat dianggap sebagai material yang getas dan rapuh, maka karakterisasi sifat mekaniknya lebih cocok menggunakan pengujian kekerasan *Vickers*. Dalam hal ini digunakan *indentor* piramida intan dan hasil pengukurannya selanjutnya dikonversi menjadi angka kekerasan *Vickers* dan diberi notasi VHN (Callister, & David, 2010).

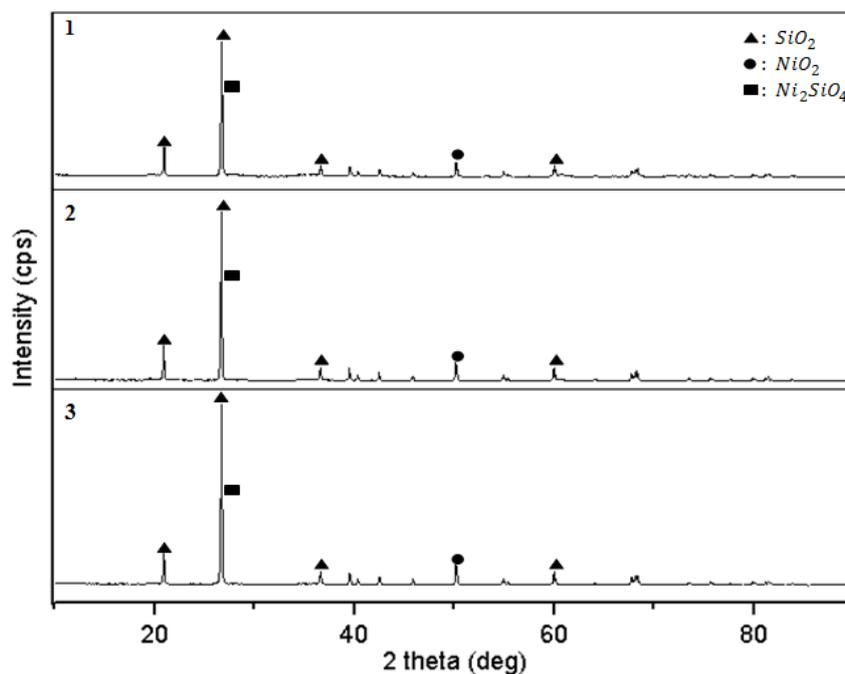
Sampel yang dianalisis pada penelitian ini adalah batuan nikel seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil karakterisasi dapat mengungkap komposisi unsur, senyawa dan kekerasannya. Pengambilan sampel batuan nikel untuk karakterisasi komposisi dilakukan secara manual dengan memotong sampel men-

jadi bagian-bagian batuan nikel hijau, batuan nikel coklat dan batuan nikel campuran dengan ukuran 2cm x 2cm x 0,5cm. Sedangkan untuk pengujian kekerasan, pengambilan sampel batuan nikel dengan memotong bagian sampel menjadi bagian batuan nikel hijau dan batuan nikel putih masing-masing sebanyak tiga sampel dengan ukuran 2cm x 2cm x 0,5cm. Karakterisasi komposisi dilakukan menggunakan X-RF Minipal seri 4. 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

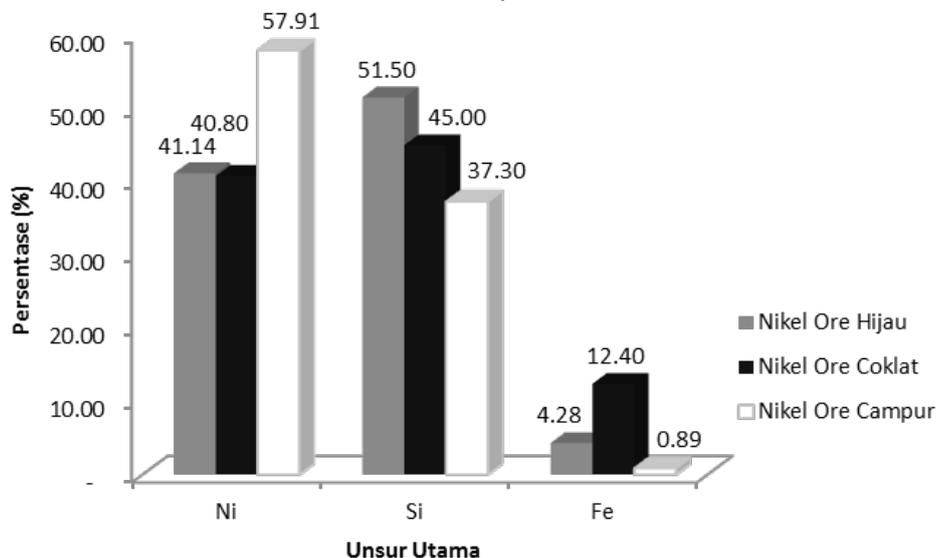
for *Micro indentation Hardness of Materials*", sedangkan karakterisasi sifat termal terutama untuk penentuan temperatur transisi gelas (*glass differential temperature*) menggunakan *Thermogravimetric-Differential Thermal Analysis (TA+DTG)* Linseis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

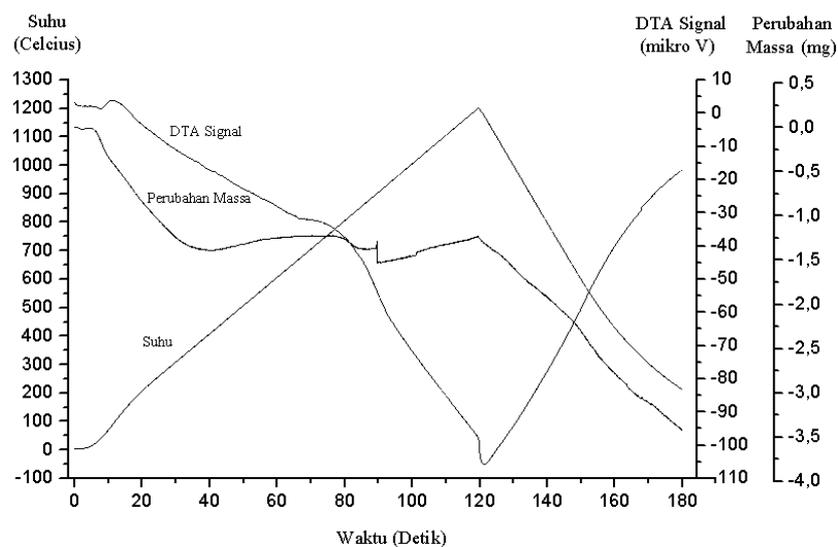
Pada Gambar 2., diperlihatkan hasil karakterisasi XRD dari sampel batuan nikel, dimana grafik 1 hasil XRD Batuan nikel Hijau, grafik 2 Batuan nikel Coklat, dan grafik 3 Batuan nikel campuran.



**Gambar 2.** Grafik hasil karakterisasi XRD dari sampel batuan nikel.



**Gambar 3.** Grafik komposisi unsur utama penyusun batuan nikel.



**Gambar 4.** Grafik hasil pengukuran TG-DTA pada sampel batuan nikel.

Pengambilan data sudut  $2\theta$  dimulai dari  $10^\circ$ –  $90^\circ$  dengan  $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$  pada kondisi tegangan 40 kV dan arus sebesar 30 mA. Dari ketiga grafik terlihat puncak dominan berada pada sudut  $2\theta$  sebesar  $26^\circ$ . Bidang tersebut menunjukkan fase Quartz ( $\text{SiO}_2$ ), fase  $\text{SiO}_2$  yang lain diperlihatkan dengan simbol  $\blacktriangle$ . Kemudian penunjukan fase  $\text{NiO}_2$  diperlihatkan dengan simbol  $\bullet$ , dan simbol  $\blacksquare$  menunjukkan fase Liebenbergite ( $\text{NiO}_2\text{SiO}_4$ ). Dari hasil karakteristik XRD ini menunjukkan bahwa puncak-puncak dominan yang juga mencirikan bidang-bidang dominan yang konsisten dari unsur/ senyawa penyusun bahan batuan nikel yang diteliti.

Selanjutnya berdasarkan hasil karakteristik XRD tersebut, dapat dijelaskan data komposisi, kekerasan dan sifat termal dari sampel batuan nikel yang diambil pada batuan nikel hijau, batuan nikel coklat, batuan nikel putih dan batuan nikel campuran dengan menggunakan XRF, karakterisasi kekerasan dan pengukuran TA+DTG yang disajikan pada Gambar 3.

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 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 unsur lain dalam komposisi yang lebih sedikit antara lain Ca, Cr, Mn, Y, Zn, La dan Re. Fraksi total Nikel rata-rata dari ketiga jenis sampel tersebut adalah 46,80% dari total kandungan seluruh senyawa penyusun bahan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa jika dibandingkan dengan komposisi batuan nikel yang terdapat di daerah Morowali, Sulawesi

Tengah dengan komposisi unsur utama didominasi oleh Fe, Si dan Al serta kandungan nikel hanya sekitar 2,53% (Widi A, 2012), maka komposisi batuan nikel di Sorowako, Sulawesi Selatan sangat potensial dan menguntungkan untuk diolah menjadi bijih kaya nikel. Kandungan Ni yang cukup besar ini memberi peluang untuk diolah melalui berbagai teknik kimia fisik.

Data XRF juga memperlihatkan 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 dan senyawa yang terkandung dalam batuan tersebut tidak secara signifikan berpengaruh terhadap rerata unsur yang dieksplorasi.

Selanjutnya pada Tabel 1 diperlihatkan hasil pengujian kekerasan batuan nikel 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 menggambarkan perbedaan kekerasan yang berarti untuk setiap bagian sampel batuan nikel yang diuji dan jika dikonversikan ke dalam skala kekerasan *Rockwell* berada pada kisaran 69,5 – 83 HRB yang menunjukkan bahwa material tersebut berada pada kategori material lunak.

**Tabel 1.** Data Hasil Pengujian Kekerasan Batuan nikel

Sampel	Diameter Rata-Rata ( $\mu\text{m}$ )	HVN Rata-Rata
Batuan nikel putih	187.67	155.67
Batuan nikel hijau	206.67	128.33

Sedangkan grafik hasil karakteristik TG-DTA untuk sampel batuan nikel yang terdiri atas perubahan temperatur (skala vertikal bagian kiri), perubahan massa (skala vertikal bagian luar sebelah kanan) dan perubahan fasa unsur penyusun batuan nikel (skala vertikal sebelah kanan) terhadap waktu seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Dapat diamati pula pada grafik tersebut bahwa perubahan fasa batuan nikel 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 massa unsur pada menit ke-90 dengan adanya penurunan massa secara drastis sebesar 0,2 mg dari massa sampel yang dianalisis yang terjadi pada kisaran temperatur 900°C. Data-data yang telah diungkapkan dari hasil penelitian ini selanjutnya dapat digunakan untuk mendukung pemanfaatan material tambang batuan nikel dan juga *slag* nikel yang jumlahnya sangat berlimpah di Sulawesi Selatan dalam rangka mendukung program peningkatan ekonomi masyarakat.

### PENUTUP

Komposisi utama dari batuan nikel didominasi oleh nikel (Ni) dan silikon (Si), dan sedikit kandungan besi (Fe). Kekerasan batuan nikel mencapai 130 sampai 155 HVN-100 dan temperatur transisi gelasnya pada kisaran 900°C. Dengan komposisi dan kekerasan ini maka batuan nikel 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 MP3EI Tahun Anggaran 2013 sesuai 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 (2), 181-184
- Andrews L. (2004). Factors affecting nickel recovery from slags produced during platinum smelting. *VIII 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.
- Daud, Shih H.C. and Hnin H.M. (2013). The Preliminary Study on Re-utilization of Ferrous-Nickel Slag to Replace Conventional Construction Material for Road Construction. *Advanced Material Research* Vol. 723, 694-702
- 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. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(5): 470-474
- Mabruri E., Sakurai S., Murata Y., Koyama T., and Morinaga M. (2008). Diffusion and gamma phase coarsening kinetics in ruthenium-containing nickel based alloy. *Material transaction*, 49(4): 792-799.
- Mu W., Zhai Y. and Liu Y. (2010). Leaching of Magnesium from Desilicization Slag of Nickel Laterite Ores by Carbonation Process. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 20: 87-s91
- Pan, C.X.Lv., Bai C., Liu X. D. Li, Min J. (2013). Melting features and viscosity of Si-O<sub>2</sub>-CaO-MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-FeO nickel slag in laterite metallurgy. *J. Min. Metall. Sect. B-Metall.* 49(1)B: 9-12.
- Solihin. (2012). *Pengolahan bijih nikel kadar rendah untuk mendukung industri baja tahan karat*, Jakarta: LIPI.
- Widi A., Zulfiadi Z., Achmad S., Kusno I., Fajar N., dan Erik P. (2012). Pembuatan Nickel Pig Iron dari Bijih Nikel Laterit Indonesia Menggunakan Mini Blast Furnace. *Prosiding Inst-Nas MT66-71*, 0404.