

# ANALISIS KARAKTERISTIK PADUAN LOGAM OKSIDA $Fe_2O_3$ DAN SLAG NIKEL

Wilson Jefriyanto

Pendidikan Fisika

Universitas Kristen Indonesia Toraja

email: wjefriyanto@ukitoraja.ac.id

## ABSTRAK

Telah dilakukan studi tentang karakteristik dari paduan logam oksida  $Fe_2O_3$  dan slag nikel yang merupakan limbah dari pengolahan nikel. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang karakteristik struktur kristal dan morfologi dari paduan ini. Proses pembuatan paduan dilakukan dengan metode reaksi padatan dimana kedua bahan digerus selama 3 sampai 5 jam dan dikalsinasi serta disintering sampai suhu 7500 C. Jumlah sampel yang dikarakterisasi yaitu 8 dengan komposisi yang berbeda. Dari hasil karakterisasi XRD, fase yang dominan pada sampel (1) sampai sampel (4) yaitu fase hematite kemudian sampel (6) dan (8) yang dominan yaitu fase enstatite dan sampel (5) dan (7) fase yang dominan yaitu fase clinoenstatite. Berdasarkan hasil uji SEM, pada sampel (7) dan (8) dengan komposisi slag nikel dan  $Fe_2O_3$  (8:2 dan 9:1) paduan baru sudah mulai terbentuk.

*Keyword: Paduan Logam, Oksida  $Fe_2O_3$ , slag nikel, reaksi padatan*

## I. PENDAHULUAN

Kekayaan alam di Indonesia begitu melimpah di setiap daerahnya. Negara dengan sumber daya mineral yang cukup besar dan penghasil mineral terkemuka di dunia. Indonesia menempati posisi produsen terbesar kedua untuk komoditas timah, posisi terbesar keempat untuk komoditas tembaga, posisi kelima untuk komoditas nikel, posisi terbesar ketujuh untuk komoditas emas, dan posisi kedelapan untuk komoditas batubara, di tingkat dunia (Alamsyah, H., 2010). Dari seluruh komoditas di Indonesia, komoditas nikel termasuk komoditas yang paling besar di Indonesia bagian timur khususnya di wilayah Sulawesi.

Nikel merupakan hasil tambang di Indonesia yang berkembang pesat. Salah satu perusahaan industri penghasil nikel yaitu PT. Vale Indonesia yang terletak di Soroako, Kabupaten Luwu Timur, Propinsi Sulawesi Selatan. Perusahaan ini menghasilkan nikel matte yaitu produk dengan kadar nikel di atas 75% dengan tingkat produksi tahunan mencapai rata-rata 75.000 ton nikel matte dan menjadi produsen nikel terbesar di Indonesia dan menyumbang 5% pasokan nikel dunia (Website resmi PT. Va-

le Indonesia, 2014). Proses penambangan dan pengolahan nikel akan menghasilkan limbah berupa slag (terak) nikel, dimana setiap proses pemurnian satu ton produk nikel menghasilkan limbah padat 50 kalinya, setara 50 ton (Sugiri, S., 2005). Dengan demikian, PT. Vale Indonesia selain menghasilkan produk berupa nikel matte juga menghasilkan limbah padat (slag) mencapai sekitar 3.750.000 ton per tahun. Sehubungan dengan ini, apabila slag nikel yang dihasilkan tidak dikelola dengan baik dan benar, maka dapat menimbulkan dampak lingkungan seperti masalah lingkungan air di sekitar perusahaan, walaupun substansi limbah tidak berbahaya (Assegaf, S., 2012). Oleh karena itu, slag nikel tersebut perlu ditangani dengan tepat atau dimanfaatkan keberadaannya dengan cara menambah nilai mutu slag nikel dari PT. Vale Indonesia, agar menjadi produk yang lebih bermanfaat untuk kehidupan manusia. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai dari slag nikel ini yaitu dengan mencampurkan dengan bahan paduan lain seperti bahan paduan oksida yaitu ferit.

Unsur kimia seperti Co, Ni, Mn, Ca ada dalam komposisi slag nikel (Juvelyn dkk., 2012), sehingga memungkinkan untuk digabungkan

dengan ferit seperti oksida  $Fe_2O_3$  menjadi bahan magnet yang lebih baik. Magnet keras ferit merupakan salah satu material yang berperan penting dalam teknologi listrik, elektronik, otomotif, industri mesin dan lain-lain (Friged dan Darminto, 2013).

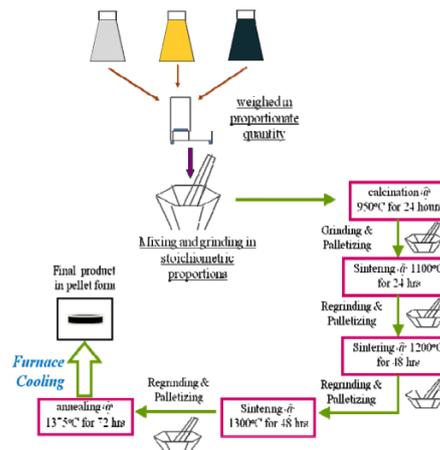
Pemanfaatan dan pengetahuan mendalam mengenai slag nikel ini masih minim di Indonesia sehingga limbah ini hanya dibuang begitu saja dan tidak memiliki nilai ekonomis seperti limbah lainnya. Selain itu, penelitian pembuatan magnet dengan karakteristik yang lebih unggul dari yang sebelumnya terus dikembangkan. Penggabungan antara ferit dan limbah slag nikel akan membuat nilai dari kedua bahan ini menjadi lebih bermutu dan menjadi solusi untuk pemanfaatan limbah industri.

## II. LANDASAN TEORI

Nikel merupakan elemen penting untuk produksi baja tahan karat (stainless steel), dimana produk ini menghabiskan kurang lebih 65% dari konsumsi nikel di dunia, maka meningkatnya permintaan akan stainless steel akan berpengaruh pula pada peningkatan produksi nikel (C. Pan, dkk., 2012). Penggunaan nikel juga banyak digunakan sebagai bahan paduan logam yang banyak digunakan diberbagai industri logam (Djamaluddin, H., dkk., 2012). Proses penambangan dan pengolahan nikel akan menghasilkan limbah berupa slag (terak) nikel (Puslitbang Teknologi Mineral dan Batu-bara, 2010).

Terak (Slag) nikel merupakan salah satu limbah padat dari hasil penambangan dan proses pengolahan nikel. Setiap proses pemurnian satu ton produk nikel menghasilkan limbah padat 50 kalinya, setara 50 ton. Sekitar 70% komposisi kimia terak nikel terdiri dari Silika 41,47%, Ferri Oksida 30,44% dan Alumina 2,58% (Juvelyn dkk., 2012). Slag nikel memiliki berbagai sifat yang baik seperti densitas tinggi, kekerasan dan kekuatan, pemampatan yang baik dengan permeabilitas air yang tinggi, dan ketahanan api yang tinggi dengan pengembangan termal rendah. Dengan sifat-sifat tersebut, slag nikel kemungkinan dapat digunakan dalam berbagai tujuan, misalnya agregat beton dan aspal, bahan konstruksi, bubuk poles untuk mesin shotblasting, pasir cetak, dan sebagai bahan

baku pupuk (Assesaf, S., 2012).



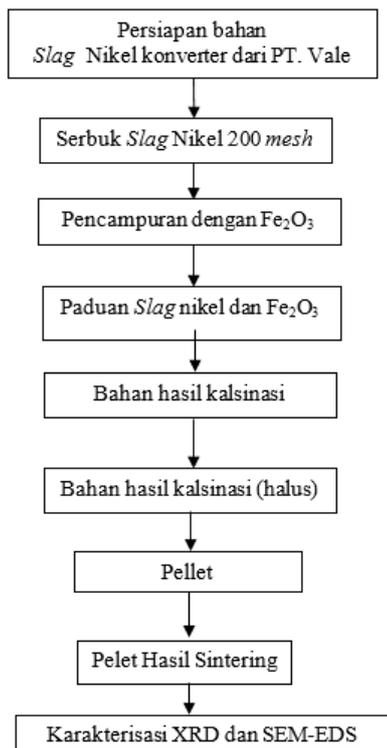
Gambar 1. Langkah-langkah dalam reaksi kimia padatan

Metode Reaksi kimia padat adalah cara yang dilakukan dengan mereaksikan padatan dengan padatan tertentu pada suhu tinggi. Metode ini merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk sintesis bahan anorganik dengan mengikuti rute yang hampir universal, yakni melibatkan pemanasan berbagai komponen pada temperatur tinggi selama periode yang relatif lama. Reaksi ini melibatkan pemanasan campuran dua atau lebih padatan untuk membentuk produk yang juga berupa padatan (Ismunandar, 2006).

## III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini slag nikel yang digunakan berasal dari limbah PT. Vale dimana slag nikel ini akan dicampurkan dengan oksida  $Fe_2O_3$  dengan metode reaksi padatan. Adapun proses pembentukan paduan ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Sintesis pada paduan logam  $Fe_2O_3$  dan slag nikel dilakukan dengan menggunakan metode reaksi padatan. Kedua bahan ini digerus selama 3 jam kemudian dikalsinasi dibawah titik lebur selama 50 jam. Kalsinasi ini dilakukan untuk menghilangkan kadar air pada paduan. Setelah itu, dilakukan pengerusan kembali selama 5 jam dan disintering untuk membentuk struktur Kristal paduan sehingga paduan bisa berikatan dengan baik. Adapun waktu proses sintering ini yaitu selama 84 jam.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Sampel paduan terdiri dari delapan jenis dampel. Adapun variasi dari paduan ini dapat dilihat pada Tabel 1.

### Sintesis Paduan $Fe_2O_3$ dan Slag Nikel

Setelah proses sintesis, selanjutnya dilakukan peletisasi yaitu membentuk paduan dalam bentuk bulk sebagai preparasi sampel untuk analisis mikro dengan menggunakan alat karakterisasi SEM-EDS. Proses pelitisasi ini dilakukan dengan menggunakan mesin press. Paduan ditekan dengan mesin press hingga mencapai 16 ton, dan setelah itu persiapan untuk dikarakterisasi.

Tabel 1 Komposisi sampel paduan

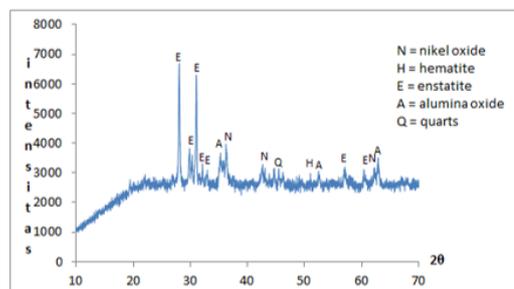
No.	Sampel	Komposisi	
		Slag Nikel (g)	$Fe_2O_3$ (g)
1.	Sampel 1	1	9
2.	Sampel 2	2	8
3.	Sampel 3	3	7
4.	Sampel 4	4	6
5.	Sampel 5	6	4
6.	Sampel 6	7	3
7.	Sampel 7	8	2
8.	Sampel 8	9	1

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi sampel paduan oksida  $Fe_2O_3$  dan slag nikel adalah: 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 6:4, 7:3, 8:2, dan 9:1 dengan massa sampel konstan 10 g dan semua sampel mendapat perlakuan yang sama. Analisis struktur kristal menggunakan XRD (X-Ray Diffraction) dan untuk morfologi sampel menggunakan SEM (Scanning Electron Microscopy)-EDS (Energy Dispersive Spectroscopy).

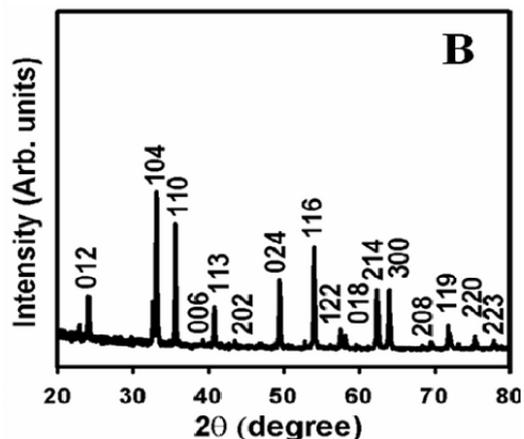
### A. Hasil karakterisasi XRD

Karakterisasi XRD bertujuan untuk melihat struktur Kristal yang terbentuk dan senyawa yang terkandung dalam paduan. Sampel yang dikarakterisasi dengan menggunakan XRD yaitu dalam bentuk serbuk (powder).



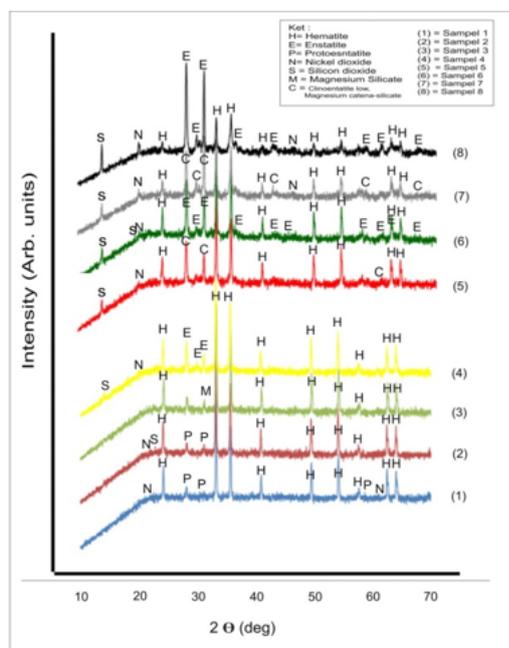
Gambar 3. Hasil XRD Slag Nikel

Informasi dari spektrum hasil XRD slag nikel dijadikan sebagai acuan struktur dasar slag nikel untuk melihat perubahan yang terjadi jika kedua bahan dicampurkan. Nampak dari Gambar 3 fase yang terbentuk ada lima yaitu: nickel oxide, hematite, enstatite, aluminium oxide dan quartz. Dari kelima fase yang ada pada hasil karakterisasi ini menunjukkan fase enstatite yang paling dominan. Pola difraksi dari oksida  $Fe_2O_3$  dapat dilihat pada Gambar 4. Jenis oksida ini yaitu  $\beta - Fe_2O_3$ . Dari gambar ini nampak 16 puncak utama, dan pengambilan data sudut  $2\theta$  mulai dari 200 - 800. Adapun puncak yang paling tinggi dari data ini yaitu pada bidang hkl  $d_{(104)}$ .



Gambar 4. Pola XRD dari nanopartikel  $\beta - Fe_2O_3$  (Rahman,dkk. 2011)

Pola difraksi dari setiap sampel dapat dilihat pada gambar 5. Dari hasil plot gambar ini, nampak bahwa terjadi perubahan setiap sampel. Hal ini dipengaruhi oleh komposisi dalam sampel paduan. Jika diperhatikan, pada sampel (1) sampai (4) fase hematite yang mendominasi namun untuk sampel (5) sampai (8) fase Enstatite dan Clinoenstatite yang mendominasi. Dalam setiap perubahan yang terjadi yang menarik adalah pada sampel (7) dan (8) sudah mulai terdapat banyak fase yang terbentuk.

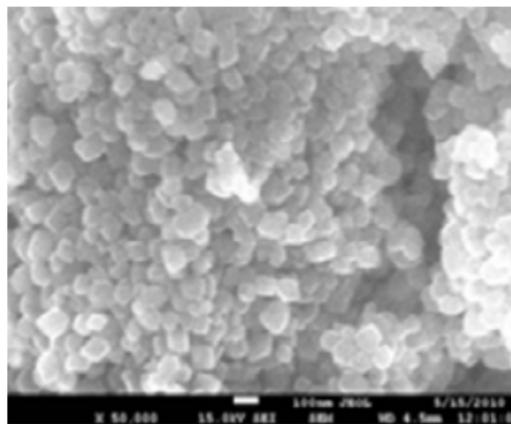


Gambar 5. Hasil XRD setiap sampel

**B. Hasil karakterisasi SEM**

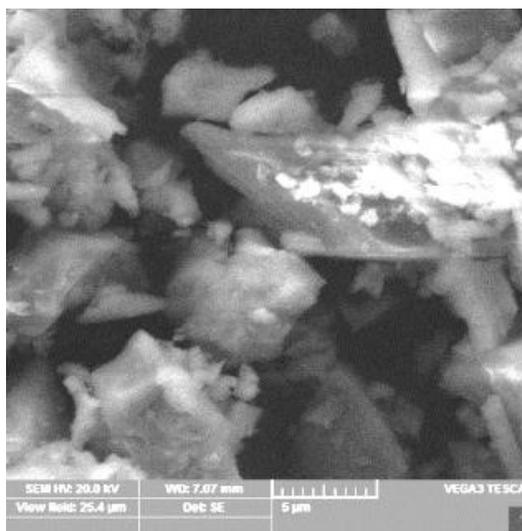
Morfologi permukaan sampel dianalisis dengan menggunakan SEM (Scanning Electron Micro-

scopy). Pada karakterisasi ini menggunakan detektor BSE dan HV 25 dan 20 kV pada scale bar  $5 \mu m$ . Morfologi dari karakterisasi SEM nanopartikel  $\beta - Fe_2O_3$  dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Morfologi Nanopartikel  $Fe_2O_3$  (Rahman, dkk., 2011)

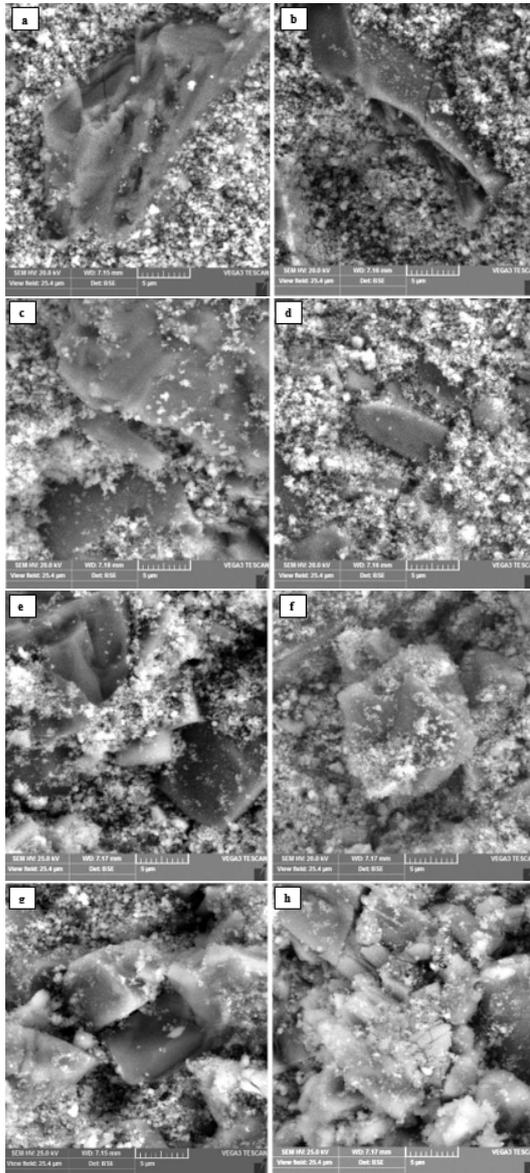
Nampak pada gambar ukuran butiran yang sama dan beraturan. Hal ini menandakan partikel dalam senyawa ini berikatan dengan baik. Butiran-butiran yang nampak merupakan partikel Fe yang sudah berukuran nanometer. Dari sumber (Rahman, dkk., 2011) diameter Fe dihitung dikisaran 50-90 nm dimana diameter rata-rata besi oksida nanopartikel ini dekat dengan  $60 \pm 10 \text{ nm}$ .



Gambar 7. Morfologi slag nikel

Morfologi slag nikel dapat dilihat dari Gambar 7 di atas. Dari gambar ini, nampak slag nikel yang bentuk dan ukurannya tidak sama. Selain itu dari gambar juga terlihat warna partikel tidak seragam, ada yang lebih terang dan

yang lebih gelap. Hal ini dikarenakan slag nikel bukan senyawa tunggal, namun terdiri dari beberapa senyawa penyusun lainnya.



Gambar 8. Morfologi sampel paduan

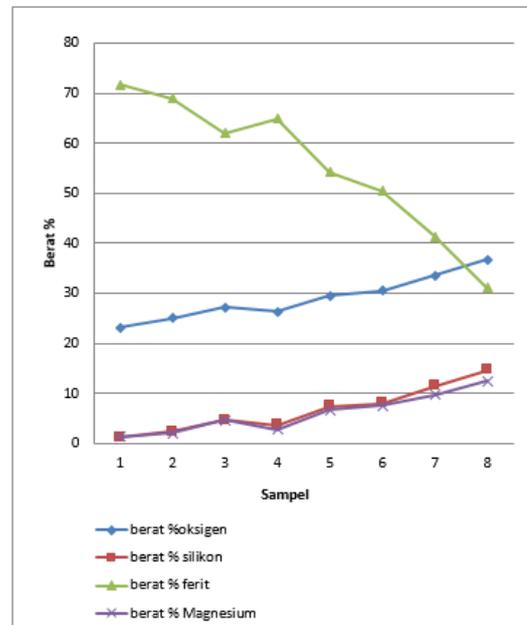
Data karakterisasi SEM pada gambar 8 (a dan b) memperlihatkan struktur morfologi paduan sampel dengan komposisi slag nikel dan Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1:9 dan 2:8). Dari kedua gambar ini, dapat dilihat penyebaran butiran Fe merata begitupun dengan ukuran butiran dari Fe ini. Selain itu nampak slag nikel yang masih berukuran besar pada skala ini. Warna yang lebih terang merupakan partikel Fe dan warna yang agak gelap merupakan partikel-partikel penyusun slag nikel. Pengaruh warna ini tergantung dari nomor atom pada unsur penyusun material. Semakin terang penampalkannya berarti nomor atomnya lebih tinggi, dan begitu pun sebaliknya.

Struktur morfologi paduan sampel pada gambar 8 (c, d, e dan f) merupakan komposisi slag nikel dan Fe<sub>2</sub>O (3:7, 4:6, 6:4, dan 7:3). Pada keempat gambar ini butiran Fe semakin berkurang dan partikel slag nikel semakin besar, hal ini dipengaruhi oleh komposisi dari sampel paduan. Selain itu, antara partikel Fe dan slag nikel nampak jelas untuk dibedakan. Hal ini menandakan bahwa paduan belum menampakkan ikatan antarpartikel.

Komposisi slag nikel dan Fe<sub>2</sub>O (8:2, dan 9:1) dapat dilihat pada gambar 8 (g dan h). Dari gambar ini, partikel Fe sudah berkurang dan bentuk dari partikel slag nikel seperti sebuah balok. Pada kedua sampel paduan ini, antara slag nikel dan partikel Fe sudah sudah mulai tidak dapat dibedakan. Hal ini menandakan pada komposisi paduan sampel (7) dan (8), paduan baru sudah mulai terbentuk.

### C. Hasil Karakterisasi EDS

Data EDS (Energy Dispersive Spectroscopy) ini, menampilkan komposisi unsur dan senyawa yang terkandung pada material atau sampel paduan yang dikarakterisasi.



Gambar 9. Komposisi berat % unsur pada sampel

Unsur-unsur atau elemen-elemen yang dominan pada slag ferronikel dari hasil penelitian (Juvelyn, dkk., 2012) yaitu unsur C, O, Mg, Fe, dan Si. Unsur-unsur ini pula yang mendominasi dari setiap sampel paduan. Gambar 9

di atas menunjukkan komposisi berat % unsur yang jumlahnya cukup besar setiap sampel. Selain empat unsur di atas masih ada unsur yang lain pada sampel paduan, tetapi jumlahnya sangat kecil. Nampak pada gambar ini, unsur Fe cenderung turun, hal ini dikarenakan komposisi dari oksida  $Fe_2O_3$  yang semakin kecil. Hal ini berbanding terbalik dengan unsur oksigen, silikon, dan magnesium yang cenderung naik, karena komposisi slag nikel pada sampel semakin besar.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil uji XRD, sampel . Pada sampel (1) sampai sampel (4) fase yang dominan pada keempat sampel ini yaitu fase hematite dan sampel (6) dan (8) yang dominan yaitu fase Enstatite. Pada sampel (5) dan (7) fase yang dominan yaitu fase clinoenstatite. Berdasarkan hasil uji SEM, pada sampel (7) dan (8) dengan komposisi slag nikel dan  $Fe_2O_3$  (8:2 dan 9:1) paduan baru sudah mulai terbentuk.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alamsyah, H., (2006), *Laporan Sektor Ekonomi Pertambangan*, Direktorat Statistik Ekonomi dan Moneter, Bank Indonesia.
- [2] Assegaf, Sufiyah. 2012. *Studi Pembuatan Keramik Body Corierite Berbahan Dasar Slag Ferronikel dengan Penambahan  $Al_2O_3$  dan  $SiO_2$* . Universitas Pendidikan Indonesia.
- [3] C.Pan, X.Lv, C. Bai, X.liu, D.Li. 2012. *Melting Features And Viscosity Of  $SiO_2$  -  $CaO$  -  $MgO$  -  $Al_2O_3$  -  $FeO$  Nickel Slag In Laterite Metallurgi*. Journal Mining and Metal Vol 49 No 1.
- [4] Djamaluddin, H., Meinarni T., Alfajrin, A., 2012. *Potensi dan Prospek Peningkatan Nilai Tambah Mineral Logam di Indonesia (suatu kajian terhadap upaya konservasi mineral)*. Fakultas Teknik UNHAS.
- [5] Fernandez, B.R., J. Novesar , Arief, Syukri. 2012. *Sintesis, Pelapisan dan Stabilitas Senyawa Oksida Besi Oleh Silica dan Aplikasinya untuk Amobilisasi Protein*. Universitas Andalas.
- [6] Frigid, H., dan Darminto, 2013. *Sintesis Kalsium Ferit Berbahan Dasar Pasir Besi dan Batu Kapur dengan Metode Reaksi Padatan*. Jurusan Fisika FMIPA ITS.
- [7] Ismunandar, 2006, *Padatan Oksida Logam (Struktur, Sintesis, dan Sifat-Sifatnya)*, ITB, Bandung.
- [8] Juvelyn S.Demotica, R.F Amparado Jr, R.M Malaluan, C.G Demayo, *Characterization and Leaching Assessment of Ferronickel Slag from a Smelting Plant in Iligan City*, Philippines IJESD, V3.No.5, 470-474, (2012)
- [9] Rahman, Mohammed M., Sher Bahadar Khan, Aslam Jamal, Mohd Faaisal, dan Abdullah M. Aisiril. 2011. *The Center of Excellence for Advanced Materials Research*, King Abdulaziz University, Jeddah, Chemistry Department, Faculty of Science, King Abdulaziz University, Jeddah Centre for Advanced Materials and Nano-Engineering (CAMNE), Department of Chemistry, Faculty of Sciences and Arts, Najran University, Najran Kingdom of Saudi Arabia
- [10] Sugiri, Saptahari. 2005. *Penggunaan Terak Nikel sebagai Agragat dan Campuran Semen untuk Beton Mutu Tinggi*. Jurnal infrastruktur dan lingkungan binaan. Vol. 1 no. 1