

AGREGAT HALUS *SLAG* NIKEL SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN PASIR PADA PEMBUATAN BETON

Nur Aisyah Jalali¹⁾, Agus Salim¹⁾

¹⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

This study aimed to determine the compressive strength and the flexural strength at various nickel slag level, and to determine the exact percentage of nickel slag as a substitute for some sand in the concrete mixture. The benefits were to reduce nickel slag waste, environmental pollution, and dependence on natural materials use. Test specimens concrete were made with variations in nickel slag levels of 0%, 20%, 40%, 60%, and 80%. They were cylindrical in shape 30 cm high and 15 cm in diameter for testing the compressive strength and volume weight, and the shape of the beam measuring 10x10x40 cm for flexural strength testing. The test results showed that nickel slag increased the compressive strength of concrete and didn't affect the flexural strength of concrete. The optimum average compressive strength was obtained at 40% nickel slag, while the highest average flexural strength occurred at 60% nickel slag.

Keywords: *fine aggregate, nickel slag, concrete, compressive strength, flexural strength.*

1. PENDAHULUAN

Para ilmuwan melakukan berbagai penelitian dan inovasi dalam bidang teknologi material (bahan bangunan) untuk komponen struktur, salah satunya beton. Kebutuhan akan beton yang semakin meningkat disebabkan oleh semakin meningkatnya populasi penduduk. Telah banyak yang mencoba memanfaatkan limbah-limbah industri untuk digunakan sebagai campuran beton, salah satunya adalah *slag*. *Slag* merupakan limbah buangan dari industri pengolahan nikel, diantaranya adalah PT. Aneka Tambang (ANTAM). Selama ini limbah *slag* nikel dimanfaatkan sebagai bahan timbunan reklamasi pantai, akan tetapi justru menjadi penyebab musnahnya ekosistem pantai. Oleh karena itu *slag* harus ditangani dengan benar agar tidak berdampak buruk terhadap lingkungan.

Surat keputusan Kementrian Lingkungan Hidup No. B-6152/Dep.IV/LH/08/2010 menyatakan bahwa *slag* nikel tidak dikategorikan sebagai limbah B3, dimana kandungan logam-logam berbahaya bahkan lebih kecil daripada kandungan tanah di sekitarnya. Berbagai riset telah dilakukan untuk menanggulangi efek dari limbah hasil buangan industri tersebut agar memiliki nilai tambah dan dapat bermanfaat bagi masyarakat. Oleh karena itu, *slag* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk dimanfaatkan sebagai agregat kasar maupun agregat halus di dalam campuran beton. Dari uraian tersebut diatas perlu kiranya dilakukan penelitian tentang penggunaan limbah *slag* sebagai bahan campuran beton, khususnya yang berukuran seperti pasir (agregat halus).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan dan kuat lentur beton pada variasi tanpa kadar *slag*, dan pada kadar *slag* 20%, 40%, 60%, serta 80%, serta untuk mengetahui persentase yang tepat kadar *slag* nikel sebagai agregat halus di dalam campuran beton.

Adapun manfaat yang diharapkan adalah sebagai salah satu cara mengurangi limbah baik pada industri maupun lingkungan di sekitarnya dapat mengatasi masalah pembuangan limbah pada wilayah pertambangan dan industri nikel yang dapat digunakan sebagai alternatif, dapat mengurangi pencemaran lingkungan akibat timbunan limbah *slag* nikel yang tidak tertangani dengan baik, serta dapat menurunkan ketergantungan penggunaan material alam baik agregat halus maupun agregat kasar.

Telah dilakukan beberapa penelitian tentang penggunaan *slag* sebagai bahan bangunan, diantaranya Sugiri (2005) yang melakukan penelitian tentang penggunaan *slag* nikel sebagai agregat dan campuran semen untuk beton mutu tinggi. Tujuannya untuk mengetahui kuat tekan beton yang menggunakan *slag* nikel baik sebagai agregat halus maupun agregat kasar. Benda uji dibuat dalam tiga variasi yakni beton normal, beton dengan agregat halus *slag* nikel, dan beton dengan agregat kasar *slag* nikel. Umur pengujian untuk semua variasi mulai 3, 14, 28, 56, dan 90 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal pada umur tersebut di atas berturut-turut sebesar 12,07 MPa, 22,06 MPa, 22,43 MPa, 30,38 MPa, dan 31,09 MPa. Dengan umur yang sama untuk beton yang menggunakan *slag* nikel sebagai agregat halus diperoleh kuat tekan sebesar 11,60 MPa, 17,44 MPa, 22,73 MPa, 39,21 MPa, 80,16 MPa, sedangkan kuat tekan beton yang

¹ Korespondensi penulis: Nur Aisyah Jalali, Telp 085656978401, nuraisyahjalali@poliupg.ac.id

menggunakan *slag* nikel sebagai agregat kasar yaitu 14,15 MPa, 27,27 MPa, 30,97 MPa, 35,38 MPa, dan 37,04 MPa. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa *slag* nikel dapat memperbaiki *interface* dengan matriks pastanya sehingga meningkatkan kekuatan beton. Penelitian Leonardus dan Valentino (2014) tentang penggunaan *slag* nikel sebagai agregat kasar dalam pembuatan beton dengan variasi *slag* nikel 0%, 20%, dan 40% terhadap volume agregat kasar (batu pecah) memberikan hasil bahwa terjadi peningkatan kuat tekan pada beton dari variasi tanpa kadar *slag* atau kadar 0% ke kadar *slag* 40% dengan kuat tekan berturut-turut sebesar 353,06 kg/cm², 412,02 kg/cm², dan 459,99 kg/cm². Jadi adanya *slag* nikel sebagai pengganti agregat kasar di dalam campuran beton secara signifikan meningkatkan kekuatan beton. Rifaldi dan Peke (2016) melakukan penelitian tentang kuat tekan mortar yang menggunakan *slag* nikel sebagai agregat halus (pengganti pasir). Variasi benda uji dibedakan atas variasi pasir 100% : *slag* 0% (MP), pasir 50% : *slag* 50% (MPS), pasir 0% : *slag* 100 (MS). Pengujian dilakukan pada umur 3 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan mortar meningkat seiring dengan pertambahan umur. Peningkatan kuat tekan mortar dari MP (pasir 100% : *slag* 0%) ke MPS (pasir 50% : *slag* 50%) lebih besar dibanding dari MPS (pasir 50% : *slag* 50%) ke MS (pasir 0% : *slag* 100%). Mortar yang menggunakan *slag* nikel (gradasi zona 1) memiliki nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan mortar yang menggunakan pasir (gradasi zona 4). Jadi mortar dengan variasi *slag* nikel mempengaruhi kuat tekan mortar. Semakin banyak jumlah *slag* nikel yang ditambahkan pada mortar maka semakin tinggi pula kuat tekan yang dihasilkan.

Hasil dari penelitian tersebut di atas menunjukkan bahwa adanya kadar *slag* di dalam campuran mortar dan beton dapat meningkatkan kuat tekannya. Penelitian tentang kuat tekan dan kuat lentur beton pada beberapa kadar *slag* (halus) dan mutu beton normal/biasa perlu dilakukan untuk memberi informasi kepada masyarakat awam yang ingin memanfaatkan *slag* nikel (halus) sebagai campuran beton mengingat pentingnya mengurangi limbah yang dapat mencemari lingkungan.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah Semen Portland produksi PT.Semen Tonasa, agregat halus berupa pasir dan agregat kasar berupa batu pecah bersumber dari Bili-bili Kabupaten Gowa, air dari PDAM, dan *slag* nikel dari PT. ANTAM, Pomalaa Sulawesi Tenggara

Adapun peralatan yang digunakan meliputi peralatan untuk mempersiapkan *slag* nikel agar sesuai dengan batasan agregat halus, yakni sekop, sendok spesi, talam, ayakan 4,75 dan pan, peralatan yang digunakan untuk pengujian karakteristik agregat (pasir, *slag* nikel, dan batu pecah) meliputi timbangan digital, bejana silinder, saringan, piknometer, kerucut Abrams, mesin abrasi Los Angeles, oven, keranjang kawat, gelas ukur, sendok cetok dan sekop, serta wadah penampung material, peralatan untuk pembuatan benda uji (beton) meliputi *mixer* pengaduk, alat uji *slump*, cetakan benda uji (silinder dan balok), mesin penggetar (vibrator), dan bak perendam, serta peralatan untuk pengujian beton yakni peralatan kaping, pengukur dimensi, mesin uji tekan (*compressive test machine*), dan mesin uji lentur (*bending test machine*).

Benda uji dibuat menggunakan cetakan berbentuk silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian berat volume dan kuat tekan, serta cetakan berbentuk balok berukuran 10 x 10 x 40 cm untuk pengujian kuat lentur.

Prosedur pelaksanaan penelitian meliputi tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Persiapan bahan dan peralatan
Persiapkan semua bahan dan peralatan yang akan digunakan, termasuk *slag* nikel. *Slag* nikel yang telah terkumpul diayak dengan saringan untuk agregat halus dengan besar butir maksimum 4,75 mm.
- b. Pengujian karakteristik material
Pelaksanaan pada tahap ini meliputi pengujian berat volume, analisa saringan, kadar lumpur, berat jenis dan penyerapan, kadar air, serta kadar organik yang mengacu pada SNI pengujian agregat (Balitbang Kimpraswil, 2003a). Pemeriksaan untuk semen portland hanya dilakukan secara visual meliputi kemasan dan butiran semen, sedangkan pemeriksaan air meliputi bau dan warna.
- c. Perancangan campuran adukan beton (*mix design*) dan perhitungan bahan
Tahap ini dimaksudkan untuk mendapatkan beton yang sebaik-baiknya sesuai dengan bahan dasar yang tersedia dan keinginan pembuat bangunan, yaitu kuat tekan yang disyaratkan, mudah dikerjakan, awet dan murah. Data-data karakteristik agregat yang diperoleh menjadi dasar untuk merancang campuran adukan beton normal. Langkah-langkah perancangan campuran adukan beton normal didasarkan pada Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal (SNI 03-2834-2002) yang diterbitkan oleh Balitbang Kimpraswil (2003b).

Hasil perhitungan kebutuhan bahan (semen, batu pecah, pasir, dan air) dalam satuan berat (kg) dikonversi ke dalam satuan volume (liter) menggunakan Persamaan (2.1). Volume *slag* nikel dan bahan-bahan lainnya dikonversi kembali dalam satuan berat (kg) yang akan digunakan pada saat menakar/menimbang bahan-bahan campuran beton menggunakan Persamaan (2.2).

$$\text{Volume pasir} = \text{berat pasir} / \text{berat volume pasir} \tag{2.1}$$

$$\text{Berat slag} = (\% \text{ kadar slag} \times \text{volume pasir}) \times \text{berat volume slag} \tag{2.2}$$

d. Pembuatan benda uji, dan perawatan

Pembuatan benda uji meliputi proses pencampuran bahan, pengadukan, dan pencetakan, yang disesuaikan dengan bentuk benda uji (silinder dan balok) dan jumlah benda uji untuk setiap variasi beserta jenis pengujiannya. Perawatan benda uji di laboratorium dilakukan dengan cara merendamnya di dalam bak perendam selama 27 hari, kemudian benda uji diangkat dari bak perendam dan didiamkan selama 1 hari pada suhu ruang untuk kemudian dilakukan pengujian.

e. Pengujian beton pada umur 28 hari

Pengujian beton pada umur 28 hari atau setelah beton mengeras, meliputi pengujian berat volume, kuat tekan, dan kuat lentur beton.

f. Analisis hasil pengujian

Hasil pengujian berat volume, kuat tekan, dan kuat lentur beton dihitung menggunakan Persamaan (2.3), hingga (2.5) atau (2.6). Masing-masing hasil pengujian ini dirata-ratakan untuk kemudian dianalisis.

1) Pengujian berat volume

Berat volume beton dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.3).

$$\text{Berat volume beton} = \frac{W}{V} \tag{2.3}$$

dimana:

W = berat benda uji beton, kg

V = volume benda uji beton, m³

2) Pengujian kuat tekan beton (*compressive strength*)

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan, atau dapat dihitung berdasarkan Persamaan (2.4).

$$f'_c = \frac{P}{A} \tag{2.4}$$

dimana:

f'_c = kuat tekan beton, MPa

P = beban maksimum, N

A = luas penampang benda uji, mm²

3) Pengujian kuat lentur (*bending strength*)

Kuat lentur beton adalah kemampuan balok beton yang diletakkan pada dua perletakan untuk menahan gaya dengan arah tegak lurus sumbu benda uji yang diberikan padanya sampai benda uji patah dan dinyatakan dalam Mega Pascal (MPa) gaya tiap satuan luas. Perletakan benda uji terdiri atas dua penumpu berbentuk silinder dari bahan baja, dengan titik pembebanan berupa dua titik pada jarak tertentu (1/3 jarak perletakan) sebagai tempat beban diberikan.

Persamaan-persamaan pada pengujian kuat lentur beton (berdasarkan Gambar 2.1) adalah:

a) Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di daerah pusat pada 1/3 jarak titik perletakan pada bagian tarik dari beton (Gambar 2.1a), maka kuat lentur beton dihitung menggunakan Persamaan (2.5).

$$\sigma_{ltr} = \frac{P \cdot l}{b \cdot h^2} \tag{2.5}$$

b) Untuk pengujian dimana patahnya benda uji ada di luar pusat (di luar daerah 1/3 jarak titik perletakan) di bagian tarik beton dan jarak antara titik pusat dan titik patah kurang dari 5% dari panjang titik perletakan (Gambar 2.1b), maka kuat lentur beton dihitung dengan Persamaan (2.6).

$$\sigma_{\text{ltr}} = \frac{3 \cdot P \cdot a}{b \cdot h^2} \quad (2.6)$$

dimana:

σ_{ltr} = tegangan lentur beton, MPa

M = momen, Nmm

W = momen tahanan, mm³

P = beban tertinggi yang ditunjukkan oleh mesin uji (pembacaan dalam ton sampai 3 angka di belakang koma), N

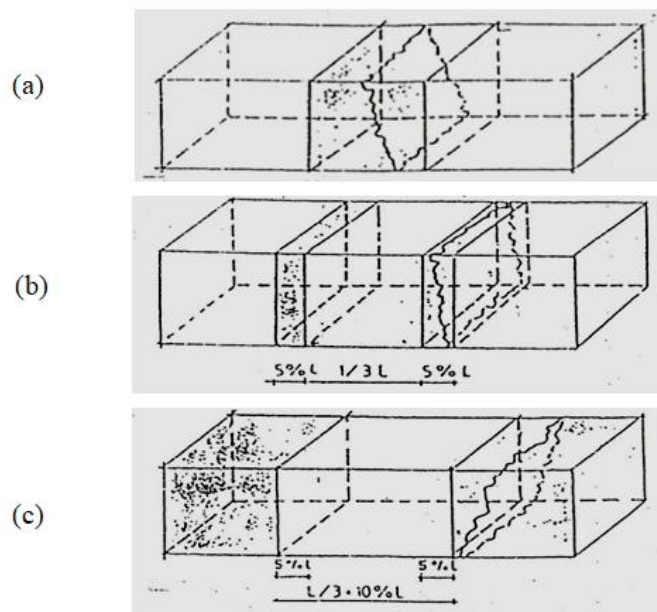
l = jarak (bentang) antara dua garis perletakan, mm

b = lebar tampang lintang patah, mm

h = tinggi tampang lintang patah, mm

a = jarak rata-rata antara tampang lintang patah dan tumpuan luar yang terdekat, diukur pada 4 tempat pada sisi tarik dari bentang, mm

- c) Untuk benda uji yang patahnya di luar 1/3 lebar pusat pada bagian tarik beton dan jarak antara titik pembebanan dan titik patah lebih dari 5% bentang (Gambar 2.1c), maka hasil pengujian tidak dipergunakan.



Gambar 2.1. Daerah patah benda uji pada pengujian kuat lentur beton (Balitbang Kimpraswil, 2003b)

g. Kesimpulan

Hasil analisis disimpulkan dan diberikan saran-saran atau solusi atas penelitian yang telah dilaksanakan. Apabila terdapat kekurangan agar diberikan alternatif pemecahan masalah, dan jika terdapat kelebihan maka hal ini dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya serta untuk pengembangan material bangunan pada masa yang akan datang.

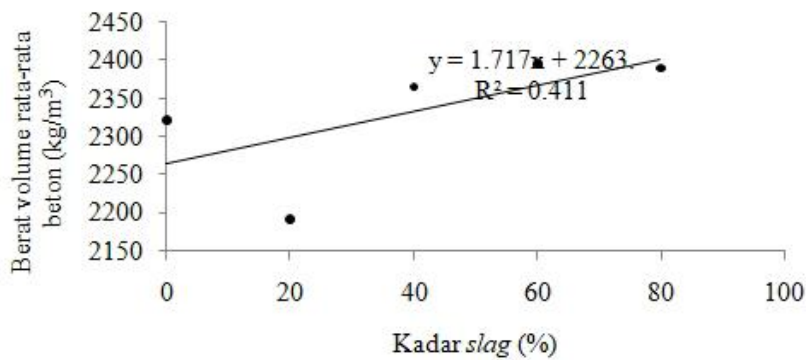
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Penelitian

Hasil pengujian pada saat beton berumur 28 hari atau saat beton telah mengeras adalah sebagai berikut:

a. Berat volume beton

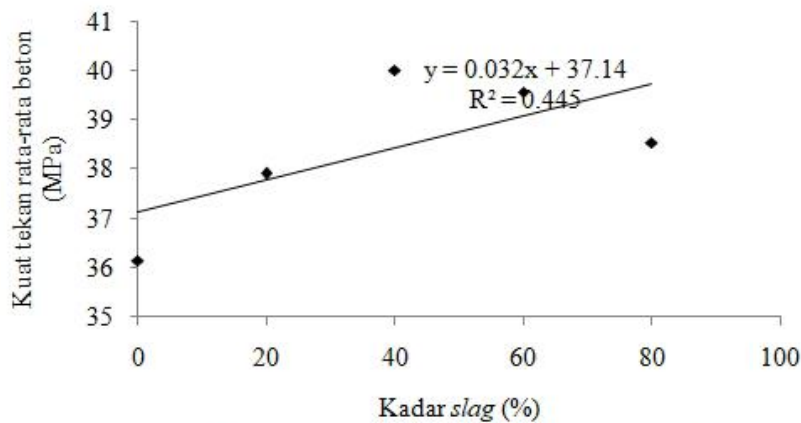
Hasil pengujian berat volume rata-rata beton berturut-turut sebesar 2320,75; 2190,19; 2364,91; 2395,47; dan 2389,81 kg/m³. Hubungan antara kadar *slag* nikel dengan berat volume rata-rata beton ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Hubungan antara berat volume rata-rata beton dengan kadar slag nikel

b. Kuat tekan beton

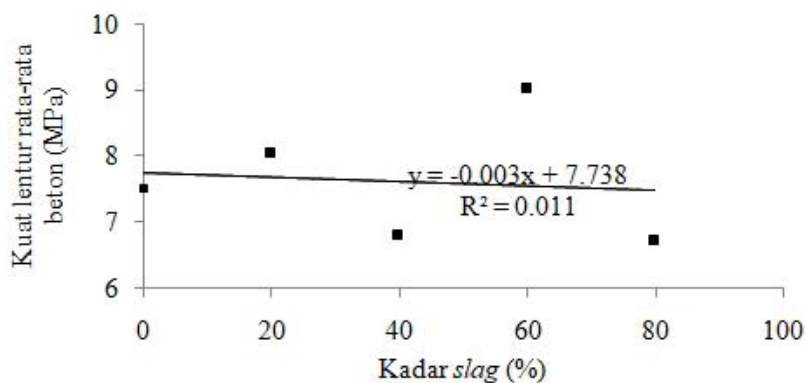
Kuat tekan rata-rata beton yang diperoleh berturut-turut sebesar 36,14; 37,90; 40,01; 39,55; dan 38,53 MPa, sedangkan hubungan antara kadar slag nikel dengan kuat tekan rata-rata beton ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Hubungan antara kuat tekan rata-rata beton dengan kadar slag nikel

c. Kuat lentur beton

Hasil pengujian kuat lentur beton dari kadar slag 0% hingga 80% yakni 7,52; 8,03; 6,79; 9,01; dan 6,71 MPa. Gambar 3.3 menunjukkan hubungan antara kadar slag nikel dengan kuat lentur rata-rata beton.



Gambar 3.3. Hubungan antara kuat lentur rata-rata beton dengan kadar slag nikel

3.2. Pembahasan

Pembahasan atas hasil pengujian tersebut di atas diuraikan sebagai berikut:

- a. Berat volume beton
Berdasarkan Gambar 3.1, terlihat bahwa terjadi penurunan dari beton tanpa kadar *slag* ke kadar 20%, namun meningkat secara signifikan dari kadar *slag* 20 hingga 60%, namun menurun pada kadar 80%. Berat volume beton yang tertinggi diperoleh pada kadar *slag* 60%. Beton dengan kadar *slag* 40 hingga 80% menunjukkan bahwa semakin besar kadar *slag* nikel di dalam campuran beton, maka berat volumenya semakin besar.
- b. Kuat tekan beton
Hasil pengujian (Gambar 3.2) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan dari beton tanpa kadar *slag* ke beton dengan kadar *slag* 20 dan 40%, tetapi mengalami penurunan pada kadar 60 dan 80%. Kuat tekan rata-rata beton optimum diperoleh pada kadar *slag* 40% yakni sebesar 40,01 MPa. Beton dengan kadar *slag* 20 hingga 80% menunjukkan bahwa semakin besar kadar *slag* nikel di dalam campuran beton, maka kuat tekannya semakin besar pula.
- c. Kuat lentur beton
Dari Gambar 3.3 terlihat bahwa kekuatan lentur rata-rata beton menunjukkan ketidakaturan, dimana terjadi kenaikan kekuatan lentur dari kadar 0 ke 20%, namun menurun pada kadar 40%, kemudian meningkat lagi pada kadar 60%, dan akhirnya menurun pada kadar 80%. Nilai kuat lentur rata-rata tertinggi terjadi pada beton dengan kadar *slag* 60% yakni sebesar 9,01 MPa. Besarnya kadar *slag* nikel di dalam campuran beton tidak memberikan hasil yang signifikan untuk kekuatan lenturnya.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan beton menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kekuatan dari beton tanpa kadar *slag* (beton normal) ke beton dengan kadar *slag* 20 dan 40%, tetapi mengalami penurunan pada kadar 60 dan 80%. Beton dengan kadar *slag* 20 hingga 80% menunjukkan bahwa semakin besar kadar *slag* nikel di dalam campuran beton, maka kuat tekannya semakin besar pula.
Hasil pengujian kuat lentur beton menunjukkan ketidak aturan, dimana terjadi kenaikan kekuatan lentur dari kadar 0% ke 20%, namun menurun pada kadar 40, kemudian meningkat lagi pada kadar 60, dan akhirnya menurun pada kadar 80%. Besarnya kadar *slag* nikel di dalam campuran beton tidak memberikan hasil yang signifikan untuk kekuatan lenturnya.
2. Kuat tekan rata-rata beton optimum diperoleh pada kadar *slag* 40% (40,01 MPa), sedangkan nilai kuat lentur rata-rata tertinggi terjadi pada beton dengan kadar *slag* 60% (9,01 MPa).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2003a. *Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 2: Batuan, Sedimen, Agregat*. Jakarta.
- 2003b. *Metoda, Tata Cara dan Spesifikasi, Bagian 13: Kayu, Bahan Lain, Lain-lain*. Jakarta.
- <http://biz.kompas.com/read/2016/03/15/080000428/Ingin.Tingkatkan.Produksi.Nikel.ANTAM.Lakukan.Uji.Coba.CFPP> (Online), (diakses tanggal 05 Oktober 2016).
- <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=jbptitbpp-gdl-s2-1995-lambangbas-1815> tentang pengertian *slag* nikel. (Online), (diakses tanggal 28 Desember 2015).
- http://www.antam.com/index.php?option=com_content&task=view&id=32&Itemid=38 tentang penanganan limbah PT. Antam. (Online), (diakses tanggal 26 September 2016).
- Leonardus dan William Valentino. 2014. *Pengaruh Slag Nikel sebagai Pengganti sebagian Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Rifaldi, Mardin dan Selvi Peke. 2016. *Uji Tekan Mortar dengan Menggunakan Slag Nikel sebagai Pengganti Agregat Halus*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Sugiri, Saptahari. 2005. "Penggunaan Terak Nikel sebagai Agregat dan Campuran Semen untuk Beton Mutu Tinggi". Dalam *Infrastruktur dan Lingkungan Binaan, 1 (1)*.
- Surat Keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. B-6152/Dep.IV/LH/08/2010