

Pengaruh Steel Slag Sebagai Bahan Substitusi Pasir Pada Sebagian Sifat Beton Segar dan Beton Keras

Eral Lidansyah¹⁾, Alex kurniawandy²⁾, Ermiyanti²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : erallidansyah123@gmail.com

The objective of this research is to find the properties of hard and fresh concrete when using steel slag as sand substitution material on concrete with 25 Mpa f'c strength. The research conducted involves the study for workability, chemical resistance, split tension strength and flexural tension strength. The percentage of steel slag used are 0% and 30% of the sand weight. The results of the research show that the 30% slag tend to increase the water required on concrete. Upon the chemical resistance test for, the compression strength increase at 0.37% for concrete aged 7 days and 0.26% for concrete aged 28 days compared to normal concrete. On the split tension strength test for 30% slag substitution the increase on the strength is at 0.44% for concrete aged 7 days and 0.48% for concrete aged 28 days compared to normal concrete. As for flexural strength test, the strength for 30 % slag substitution increase at 0.29% for concrete aged 7 days and 0.11% for concrete aged 28 days compared to normal concrete.

Keywords : steel slag, workability, split tension strength, flexural tension strength, chemical resistance.

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia konstruksi bangunan, pembangunan merupakan upaya yang dilakukan secara terus menerus untuk peningkatan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat. Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan produk-produk konstruksi yang lebih baik dan ramah lingkungan. Beton merupakan salah satu pilihan sebagai bahan struktur dalam konstruksi bangunan.

Beton pada prinsipnya merupakan campuran dari dua bagian yaitu agregat kasar (kerikil) dan agregat halus (pasir) yang diikat oleh pasta yang berupa campuran semen dan air. Kualitas beton tergantung pada bahan-bahan penyusunnya dan kualitas campurannya. Pencampuran bahan untuk mendapatkan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan tambah maupun bahan substitusi. Jumlah agregat kasar mempunyai prosentase yang dominan.

Saat ini telah banyak dilakukan penelitian terhadap steel slag yang dihasilkan dari pembakaran tungku tanur

tinggi (blast furnace) yang berupa sisa buangan dari pabrik baja modern (modern steel plant). Penelitian sebelum nya pernah diuji oleh (Hartati, Fristin Yohana M, 2009) “sebagai pengganti agregat kasar pada campuran aspal beton terhadap *workabilitas* dan *durabilitas*”. Pada pengujian (Amalia, 2011 Politeknik Negeri Jakarta) juga dilakukan penelitian “Potensi Limbah Debu Pengolahan Baja Sebagai Bahan Tambahan Pada Beton”.

Dari penelitian tersebut dapat diharapkan agar steel slag dapat digunakan kembali untuk berbagai aplikasi dalam bidang Teknik Sipil. Menurut (Hanif, 2012) pabrik baja telah mengembangkan penggunaan steel slag sebagai bahan campuran untuk beton struktural agar dapat mengurangi biaya pembangunan atau perbaikan kembali terhadap sarana dan prasarana yang ada. Sehingga diharapkan nanti steel slag memiliki nilai ekonomis tinggi selain itu dampak negatif akibat adanya steel slag terhadap kerusakan lingkungan dapat diminimalisir, sehingga

lingkungan menjadi bersih, bebas dari limbah padat dan tetap terpelihara

Penelitian kimia dari *Steel Slag* telah dilakukan sebelumnya Oleh (nofrizon, 2009) dapat dilihat pada Tabel 2 dan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis *Steel Slag* dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau

2. METODE PENELITIAN

2.1 Benda Uji

Benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini adalah 48 benda uji. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi diameter 15 cm, tinggi 30 cm sebanyak 24 sampel yang digunakan untuk pengujian *chemical resistance* dan pengujian kuat tarik belah. Benda uji berbentuk balok dengan panjang 60 cm, lebar 15 cm dan tinggi 15 cm sebanyak 12 sampel yang akan digunakan untuk pengujian kuat tarik lentur.

2.2 Pemeriksaan Karakteristik Beton

Adapun agregat kasar dan halus yang digunakan berasal dari Danau Bingkuang, Kabupaten Kampar, Riau. Adapun jenis pemeriksaan yang dilakukan tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengujian agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Standar
1	Kadar air (%)	SNI-03-1971-1990
2	Kadar Lumpur (%)	ASTM C-142
3	Berat jenis (gr/cm ³)	SNI 03-1970-1990
4	Ketahanan aus (%)	SNI 03-2471-1991
5	Kandungan organik	ASTM C-40
6	Berat volume (gr/cm ³)	SNI 03-4804-1998
7	Modulus kehalusan	SNI 03-1969-1990

Penelitian kimia dari *Steel Slag* telah dilakukan sebelumnya Oleh (Australian Slag Association, 2002 dan Nofrizon, 2009) dapat dilihat pada Tabel 2 dan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis *Steel*

Slag dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau.

Tabel 2. Komposisi kimiawi

No	Kandungan	Nofrizon, (2009)	Australian Slag Association, (2002)
1	CaO	29,245	27,36
2	MgO	28,29	4,6
3	FeO	22,945	13,35
4	SiO ₂	12,75	18,66
5	Al ₂ O ₃	5,875	10,4
6	MnO	1,51	-
7	TiO ₂	1,41	-
8	P ₂ O ₅	0,65	-
9	V ₂ O ₃	0,16	-

2.3 Pembuatan Mix Design

Metode yang digunakan dalam Desain campuran (*mix design*) beton dengan menggunakan metode SNI 03-2834-1993 yang mengadopsi metode ACI 211.1-9: *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. Penelitian ini menggunakan Mutu rencana beton dengan kuat tekan 250 kg/cm², dengan substitusi *Steel Slag* 30% dari berat pasir. Adapun Komposisi campuran dapat dilihat sebagai berikut.

Semen	: 372,92 kg/m ³
Air	: 155,25 kg/m ³
Agregat Kasar	: 946,59 kg/m ³
Agregat Halus	: 898,87 kg/m ³
Slag	: 269,66 kg/m ³

2.4 Pengujian Beton

Penelitian ini melakukan pengujian berupa pengujian *workability*, kuat tekan terhadap rendaman H₂SO₄, pengujian kuat tarik belah, dan pengujian kuat lentur.

1. Ketahanan terhadap *chemical resistance*

Pada pengujian ketahanan terhadap H₂SO₄ dilakukan pada umur 7 dan 28 hari, dengan nilai derajat keasaman (pH) adalah 4,00. Pengujian ini dilakukan perbandingan antara beton normal dengan beton *slag* 30% didalam rendaman H₂SO₄. Pengujian kuat

tekan dilakukan berdasarkan SNI 03-1974-1990, alat yang digunakan pada pengujian ini adalah mesin uji tekan (*Compression Test Machine*). Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus :

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

Keterangan :

f'_c = kuat tekan beton (MPa)

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm²)

2. Kuat tarik belah

Berdasarkan SNI 03-2491-2002, nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan alat penekan mesin uji tekan. Kuat tarik belah beton dapat dihitung dengan rumus :

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL}$$

Keterangan :

f_{ct} = kuat tarik belah beton (MPa)

P = beban maksimum (N)

D = diameter silinder (mm)

L = panjang silinder (mm)

3. Kuat lentur

Kuat lentur beton adalah dimana 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 (SNI 03-4431-1997). Besarnya kuat lentur beton (*modulus of rupture*) dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- Apabila keruntuhan terjadi pada bagian tengah bentang

$$f_r = \frac{PL}{bd^2}$$

keterangan:

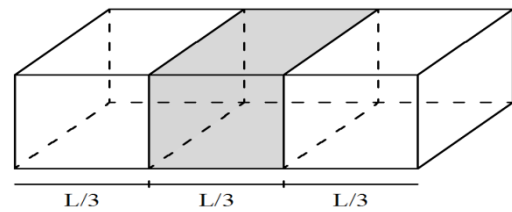
f_r = *modulus of rupture* (MPa)

P = beban maksimum (N)

L = panjang bentang (mm)

b = lebar spesimen (mm)

d = tinggi spesimen (mm)



Gambar 3. Keruntuhan pada pusat 1/3 bentang (L)

Sumber : SNI 03-4431-1997

- Apabila keruntuhan terjadi pada bagian tarik di luar tengah bentang

$$f_r = \frac{3Pa}{bd^2}$$

keterangan:

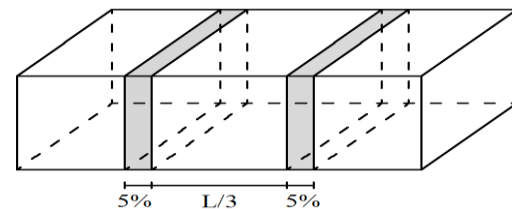
f_r = *modulus of rupture* (MPa)

P = beban maksimum (N)

B = lebar spesimen (mm)

d = tinggi spesimen (mm)

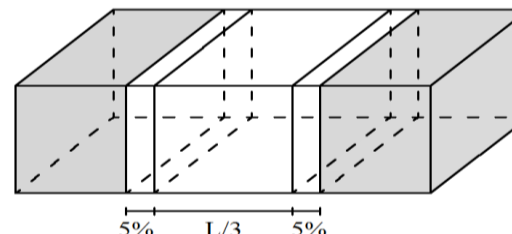
a = jarak rata-rata dari garis keruntuhan dan titik perletakan terdekat diukur pada bagian tarik spesimen (mm).



Gambar 4. Keruntuhan diluar 1/3 bentang (L) dan garis patah < 5% bentang (L)

Sumber : SNI 03-4431-1997

- 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, hasil pengujian tidak dipergunakan.



Gambar 5. Keruntuhan diluar 1/3 bentang (L) dan garis patah > 5% bentang (L)

Sumber : SNI 03-4431-1997

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Karakteristik Material

Pengujian Karakteristik menghasilkan data yang digunakan dalam pencampuran beton (*mix design*). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar Spesifikasi
1	Kadar Lumpur (%)	3,23	<5
2	Berat Jenis (gr/cm ³)		
a	<i>Apparent Specific Gravity Bulk Specific</i>	2,65	2,58 – 2,83
b	<i>Gravity on Dry Bulk Specific</i>	2,62	2,58 – 2,83
c	<i>Gravity on SSD Prosentase</i>	2,63	2,58 – 2,83
d	<i>Absorpsi Air (%)</i>	0,46	< 2
3	Kadar Air (%)	3,78	< 5
4	Modulus Kehalusan	2,42	1,5 – 3,8
5	Berat Volume		
a	Kondisi Padat	1693,31	1400 – 1900
b	Kondisi Gembur	1556,47	1400 – 1900
6	Kadar Organik	NO. 3	Maks No. 3

Tabel 4. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar Spesifikasi
1	Abrasi (%)	23,42	27 – 40

Tabel 4. Sambungan

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar Spesifikasi
2	Berat Jenis (gr/cm ³)		
a.	<i>Apparent Specific Gravity Bulk Specific</i>	2,63	2,58 – 2,83
b	<i>Gravity on Dry Bulk Specific</i>	2,55	2,58 – 2,83
c	<i>Gravity on SSD Prosentase</i>	2,58	2,58 – 2,83
d	<i>Absorpsi Air (%)</i>	1,29	< 2
3	Berat Volume		
a	Kondisi Padat	1582,13	1400 – 1900
b	Kondisi Gembur	1428,19	1400 – 1900
4	Kadar Air (%)	1,57	< 3
5	Modulus Kehalusan	7,71	6.0 - 7.1

Tabel 5. Hasil pengujian Karakteristik Steel Slag

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar Spesifikasi
1	Berat Jenis (gr/cm ³)		
a.	<i>Apparent Specific Gravity Bulk Specific</i>	3,42	2,58 – 2,83
b.	<i>Gravity on Dry Bulk Specific</i>	3,26	2,58 – 2,83
c.	<i>Gravity on SSD Prosentase</i>	3,31	2,58 – 2,83
d.	<i>Absorpsi Air (%)</i>	1,42	< 2

Tabel 5. Sambungan

No	Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan	Standar Spesifikasi
2	Kadar Air (%)	1,63	< 5
3	Modulus Kehalusan	5,58	1,5 – 3,8
4	Berat Volume		
a.	Kondisi Padat	2300,50	1400 – 1900
b.	Kondisi Gembur	1992,63	1400 – 1900

3.2 Hasil Pengujian Slump Beton

Pengujian slump beton dilakukan untuk mengetahui kemudahan pangerjaan. Pada penelitian ini untuk menjaga tingkat *workability* dilakukan dengan penambahan air pada campuran beton, nilai slump beton yang direncanakan 70-100 mm. Penambahan air mengakibatkan FAS pada campuran berubah.

Hasil pengujian *workability* pada beton segar dapat dilihat penggunaan *slag* pada beton cenderung meningkatkan kebutuhan air pada beton tersebut. Hal tersebut dapat dilihat pada *slump* 75 mm, beton dengan menggunakan *slag* 30% membutuhkan air 160,57 kg/m³, sedangkan pada *slump* 80 mm, beton dengan tanpa menggunakan *slag* membutuhkan air 146,30 kg/m³. Hasil pengujian tersebut menunjukkan penguunaan *steel slag* cenderung meningkatkan kebutuhan air pada campuran beton.

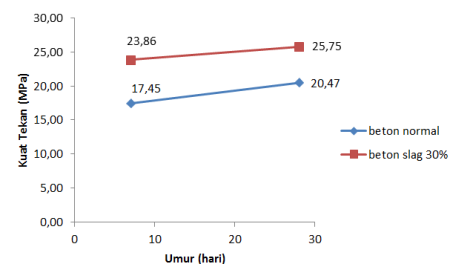
Peningkatan tersebut dikarenakan penyerapan (*absorption*) *steel slag* yang tinggi. Penyerapan *steel slag* yang tinggi mengakibatkan jumlah air yang diserap pada proses pencampuran akan meningkat. Sehingga hal ini mengakibatkan beton dengan variasi *steel slag* 30% memiliki tingkat kelecakan yang lebih rendah dibanding beton variasi *steel slag* 0%.

3.3 Hasil Pengujian Chemical Resistance

Pengujian *chemical resistance* dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Benda uji yang digunakan silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

Pengujian *chemical resistance* dilakukan dengan mengetahui kekuatan tekan beton *slag* yang direndam didalam rendaman H₂SO₄, pengujian kuat tekan beton rendaman H₂SO₄ pada *slag* 30% mengalami kenaikan kuat tekan dibandingkan dengan beton normal.

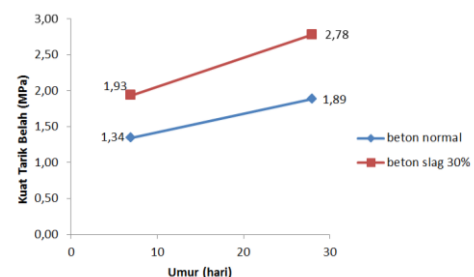
Rata-rata nilai kuat tekan beton tanpa *slag* sebesar 17,45 MPa umur 7 hari pada umur 28 hari kuat tekan beton 20,47 MPa dan nilai rata-rata beton *slag* 30% sebesar 23,86 MPa umur 7 hari pada umur 28 hari kuat tekan beton 25,75 MPa, penambahan bahan *slag* pada beton mengalami kuat tekan beton meningkat sebesar 0,37% pada umur 7 hari dibandingkan beton normal dan pada umur 28 kuat tekan beton meningkat 0,48%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik kuat tekan beton

3.4 Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Pengujian Kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Benda yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil uji kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Gambar 7.

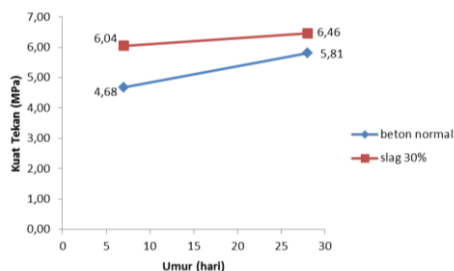


Gambar 7. Grafik kuat tarik belah

Pada Gambar 7. dapat dilihat bahwa kuat tarik belah beton *slag* mengalami kenaikan sebesar 0,44% dari beton normal pada umur 7 hari pada umur 28 hari kuat tarik belah beton meningkat menjadi 1,07% dari beton normal. Nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal umur 7 hari sebesar 1,34 MPa, umur 28 hari 1,89 MPa dan untuk beton *slag* umur 7 hari sebesar 1,93 MPa, umur 28 hari 2,78 MPa. Nilai kuat tarik belah beton *slag* yang lebih tinggi dari pada beton normal menunjukkan daya lekat pasta semen dengan agregat tinggi. Pada beton *slag*, pasta semen mengalami pengerasan yang optimal ketika umur beton 7 sampai 28 hari sehingga daya lekat beton menjadi lebih kuat.

3.5 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur beton dilakukan pada umur 7 dan 28 hari. Pengujian ini menggunakan benda uji berbentuk balok dengan ukuran panjang 60 cm, tinggi 15 cm dan lebar 15 cm. Hasil dari pengujian kuat lentur dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik kuat lentur

Pada Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa kuat lentur beton *slag* mengalami kenaikan sebesar 0,29% dari beton normal pada umur 7 hari dan pada umur 28 hari kenaikan menjadi 0,38%. Nilai rata-rata kuat tarik lentur beton normal sebesar 4,68 MPa umur 7 hari, umur 28 hari kuat tarik lentur 5,81 MPa dan untuk beton *slag* sebesar 6,04 MPa umur 7 hari, umur 28 hari kuat tarik lentur 6,46 MPa. Hal ini terjadi karena kepadatan beton *slag* lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan beton normal.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan mengenai penggunaan *slag* sebagai substitusi pasir pada campuran beton dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian *workability* pada beton segar dapat dilihat penggunaan *slag* pada beton cenderung meningkatkan kebutuhan air pada beton tersebut. Hal tersebut dapat dilihat pada *slump* 75 mm, beton dengan menggunakan *slag* 30% membutuhkan air 160,57 kg/m³, sedangkan pada *slump* 80 mm, beton dengan tanpa menggunakan *slag* membutuhkan air 146,30 kg/m³.
2. Pengujian *Chemical Resistence* yang direndam dalam rendaman H₂SO₄ dengan pH 4,0 mengalami kenaikan kuat tekan beton pada beton menggunakan *slag* 30% dibandingkan dengan beton normal. Rata-rata nilai kuat tekan beton tanpa *slag* sebesar 17,45 MPa umur 7 hari pada umur 28 hari kuat tekan beton 20,47 MPa dan nilai rata-rata beton *slag* 30% sebesar 23,86 MPa umur 7 hari pada umur 28 hari kuat tekan beton 25,75 MPa, penambahan bahan *slag* pada beton mengalami kuat tekan beton meningkat sebesar 0,37% pada umur 7 hari dibandingkan beton normal dan pada umur 28 kuat tekan beton meningkat 0,26%.
3. Hasil pengujian kuat tarik belah beton menunjukkan bahwa beton *slag* mempunyai kuat tarik belah yang lebih tinggi dari pada beton normal. Kuat tarik belah beton *slag* mengalami kenaikan sebesar 0,44% dari beton normal pada umur 7 hari pada umur 28 hari kuat tarik belah beton meningkat menjadi 0,48% dari beton normal. Nilai rata-rata kuat tarik belah beton normal umur 7 hari sebesar 1,34 MPa, umur 28 hari 1,89 MPa dan untuk beton *slag* umur 7 hari sebesar 1,93 MPa, umur 28 hari 2,78 MPa. Nilai kuat tarik belah beton *slag* yang lebih tinggi dari pada

beton normal menunjukkan daya lekat pasta semen dengan agregat tinggi. Pada beton *slag*, pasta semen mengalami pengerasan yang optimal ketika umur beton 7 sampai 28 hari sehingga daya lekat beton menjadi lebih kuat.

4. Berdasarkan pengujian kuat lentur beton menunjukkan bahwa kuat lentur beton *slag* mengalami kenaikan sebesar 0,29% dari beton normal pada umur 7 hari dan pada umur 28 hari kenaikan menjadi 0,11%. Nilai rata-rata kuat tarik lentur beton normal sebesar 4,68 MPa umur 7 hari, umur 28 hari kuat tarik lentur 5,81 MPa dan untuk beton *slag* sebesar 6,04 MPa umur 7 hari, umur 28 hari kuat tarik lentur 6,46 MPa. Hal ini terjadi karena kepadatan beton *slag* lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan beton normal.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil dari pengalaman penulis dalam melakukan penelitian di laboratorium, maka dapat dikemukakan saran yang mungkin dapat dipergunakan untuk penelitian selanjutnya :

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang permeabilitas beton terhadap beton *slag* terhadap lingkungan asam, mengingat Riau mempunyai lahan gambut yang sangat luas. Serta perlu dilakukan pengujian SEM (*Scanning Electronic Microscop*) pada beton *slag* untuk menganalisa dan memunculkan mikro dari beton *slag*.
2. Agregat yang akan digunakan sebagai material benda uji perlu dijaga kualitasnya agar pada saat pengujian karakteristik agregat, nilai-nilai karakteristiknya sesuai standar spesifikasi yang telah ditetapkan.
3. Perlu adanya perencanaan waktu yang baik dalam pembuatan benda uji, agar pengujian dapat dilakukan sesuai jadwal yang telah diperhitungkan.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 142 – 97.** 2004. *Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates*. United States: ASTM
- Hanif.** (2012). Penggunaan Steel Slag dengan Variasi FAS terhadap Kuat Tekan Beton, politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Hartati, Fristin Yohana M** (2009). Studi Pengaruh *Steel Slag* Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada campuran Aspal Beton Terhadap *workabilitas* dan Durabilitas.
- Nofrizon** (2009). Pemanfaatan Slag Baja Sebagai Substitusi Pasir Dan Semen Pada Pembuatan Mortar. UGM.
- SNI 03-1969-1990.** (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990.** (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1971-1990.** (1990). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990.** (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2417-1991.** Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Bandung: Badan Standar Nasional.
- SNI 03-2491-2002.** (2002). *Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Bandung: Badan Standar Nasional.
- SNI 03-4431-1997.** (1997). *Metode Pengujian Kuat Lentur Normal Dengan Dua Titik Pembebanan*. Bandung: Badan Standar Nasional.

SNI 03-4804-1998. (1998). *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.