

**Spesifikasi semen slag  
untuk digunakan dalam beton dan mortar**

***Standard specification for slag cement for use in  
concrete and mortars***

(ASTM C989 – 10, IDT)

© BSN 2016

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun serta dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

**BSN**

Email: [dokinfo@bsn.go.id](mailto:dokinfo@bsn.go.id)

[www.bsn.go.id](http://www.bsn.go.id)

Diterbitkan di Jakarta

## Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata .....	ii
Pendahuluan.....	iii
1. Ruang lingkup.....	1
2. Dokumen referensi .....	2
3. Terminologi.....	3
4. Klasifikasi.....	3
5. Informasi pemesanan .....	3
6. Tambahan.....	4
7. Komposisi kimia.....	5
8. Properti fisik .....	5
9. Pengambilan sampel .....	5
10. Metode uji .....	6
11. Penolakan dan pemeriksaan ulang .....	9
12. Sertifikasi .....	9
13. Pernyataan produsen .....	10
14. Penandaan kantong dan informasi pengiriman .....	10
15. Penyimpanan.....	10
16. Kata kunci.....	10
Lampiran A (Informatif) .....	11
X1. Kontribusi Semen Slag terhadap Kekuatan Beton.....	11
X2. Ketahanan Sulfat .....	12
X3. Efektivitas Semen Slag dalam Mencegah Ekspansi Berlebihan dari Beton akibat Reaksi Alkali–Agregat.....	14
Tabel 1 Persyaratan Fisik .....	3
Tabel 2 Persyaratan kimia .....	5
Tabel 3 Batas-batas alkali dan kekuatan semen portland referensi untuk pengujian aktivitas slag.....	7

## Prakata

Standar Nasional Indonesia tentang “Spesifikasi semen slag untuk digunakan dalam beton dan mortar” merupakan adopsi identik dari ASTM C989-10, *Standard specification for slag cement for use in concrete and mortars* dan merupakan revisi SNI 03-6385-2000, digunakan sebagai standar untuk menetapkan tiga tingkat kekuatan semen slag untuk digunakan sebagai bahan sementisius pada beton dan mortar, sehingga dapat diharapkan mencapai kinerja yang disyaratkan. Perubahan referensi atau acuan normatif yang terdapat pada standar ini adalah ASTM C150 *Specification for portland cement* menjadi SNI 2049 Semen portland.

Standar Nasional Indonesia (SNI) ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Subkomite Teknis 91-01-S4 Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti PSN 10:2012 dan telah dibahas dalam rapat konsensus pada tanggal 8 Mei 2013 di Bandung. Forum rapat konsensus ini dihadiri oleh wakil dari produsen, konsumen, asosiasi, lembaga penelitian, perguruan tinggi dan instansi pemerintah terkait serta melalui Jajak Pendapat tanggal 15 September 2014 sampai 14 November 2014.

## Pendahuluan

Dalam standar ini tercakup tiga tingkat kekuatan semen slag untuk digunakan sebagai bahan sementisius pada pembuatan beton dan mortar.

Slag yang diuraikan dalam standar ini boleh dicampur dengan semen portland untuk menghasilkan semen yang memenuhi persyaratan ASTM 595 atau digunakan sebagai komponen secara terpisah dalam campuran beton atau mortar. Standar ini merupakan pelengkap dari SNI 2847:2013 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung.

Pencampuran bahan slag ke dalam semen portland bukan saja berarti meningkatkan nilai slag yang selama ini hanya dikenal sebagai bahan limbah, akan tetapi juga merupakan cara untuk menghemat energi yang diperlukan dalam proses produksi semen portland.

## Standard Specification for Slag Cement for Use in Concrete and Mortars

## Spesifikasi semen slag untuk digunakan dalam beton dan mortar

### 1. Scope\*

1.1 This specification covers three strength grades of slag cement for use as a cementitious material in concrete and mortar.

**NOTE 1**—The material described in this specification may be used for blending with portland cement to produce a cement meeting the requirements of Specification C595 or as a separate ingredient in concrete or mortar mixtures. The material may also be useful in a variety of special grouts and mortars, and when used with an appropriate activator, as the principal cementitious material in some applications.

**NOTE 2**—Information on technical aspects of the use of the material described in this specification is contained in Appendix XI, Appendix X2, and Appendix X3. More detailed information on that subject is contained in ACI 233R-03.2

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3 The following safety hazards caveat pertains only to the test methods described in this specification. This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

1.4 The text of this standard references notes and footnotes that provide explanatory information. These notes and footnotes (excluding those in tables) shall not be considered as requirements of this standard.

### 1. Ruang lingkup

1.1 Standar ini mencakup tiga tingkat kekuatan semen slag untuk digunakan sebagai bahan sementisius pada beton dan mortar.

**CATATAN 1** — Bahan yang diuraikan dalam standar ini boleh dicampur dengan semen portland untuk menghasilkan semen yang memenuhi persyaratan ASTM C595 atau digunakan sebagai komponen secara terpisah dalam campuran beton atau mortar. Bahan ini mungkin juga berguna dalam berbagai graut dan mortar yang khusus, dan sebagai bahan sementisius utama dalam beberapa aplikasi jika digunakan dengan aktivator yang cocok.

**Catatan 2** – Dalam standar ini, informasi tentang aspek-aspek teknis penggunaan bahan terdapat pada Lampiran X1, Lampiran X2, dan Lampiran X3. Informasi lebih rinci ada pada ACI 233R-03.

1.2 Nilai-nilai dinyatakan dalam satuan SI yang dianggap standar. Tidak ada satuan ukuran lain dalam standar ini.

1.3 Peringatan bahaya keselamatan berikut hanya terkait dengan metode uji yang diuraikan dalam standar ini, dan tidak dimaksudkan untuk mengatasi seluruh masalah keselamatan, jika ada, yang terkait dengan penggunaannya. Hal ini merupakan tanggung jawab pemakai standar untuk menetapkan praktik keselamatan dan kesehatan yang tepat dan menentukan penerapan batasan peraturan sebelum digunakan.

1.4 Catatan dan catatan kaki referensi standar ini hanya merupakan penjelasan. Catatan dan catatan kaki tersebut (tidak termasuk yang di dalam tabel-tabel) tidak boleh dianggap sebagai persyaratan.

**2. Referenced Documents****2.1 ASTM Standards:**

C109/C109M Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)

C114 Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement

C125 Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates

C150 Specification for Portland Cement

C185 Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar.

C188 Test Method for Density of Hydraulic Cement

C204 Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus

C430 Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45- $\mu$ m (No. 325) Sieve

C441 Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast-Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction

C452 Test Method for Potential Expansion of Portland Cement Mortars Exposed to Sulfate

C465 Specification for Processing Additions for Use in the Manufacture of Hydraulic Cements

C595 Specification for Blended Hydraulic Cements

C1012 Test Method for Length Change of Hydraulic Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution

C1038 Test Method for Expansion of Hydraulic Cement Mortar Bars Stored in Water.

**2. Dokumen referensi****2.1 Standar ASTM:**

ASTM C109/C109M, *Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens).*

ASTM C114, *Test Methods for Chemical Analysis of Hydraulic Cement.*

ASTM C125, *Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates.*

ASTM C150, *Specification for Portland Cement.*

ASTM C185, *Test Method for Air Content of Hydraulic Cement Mortar.*

ASTM C188, *Test Method for Density of Hydraulic Cement.*

ASTM C204, *Test Methods for Fineness of Hydraulic Cement by Air-Permeability Apparatus.*

ASTM C430, *Test Method for Fineness of Hydraulic Cement by the 45- $\mu$ m (No 325) sieve.*

ASTM C441, *Test Method for Effectiveness of Pozzolans or Ground Blast-Furnace Slag in Preventing Excessive Expansion of Concrete Due to the Alkali-Silica Reaction.*

ASTM C452, *Test Method for Potential Expansion of Portland Cement Mortars Exposed to Sulfate.*

ASTM C465, *Specification for Processing Additions for Use in the Manufacture of Hydraulic Cements.*

ASTM C595, *Specification for Blended Hydraulic Cements.*

ASTM C1012, *Test Method for Length Change of Hydraulic Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution.*

ASTM C1038, *Test Method for Expansion of Hydraulic Cement Mortar Bars Stored in Water.*

D3665 Practice for Random Sampling of Construction Materials.

ASTM D3665, *Practice for Random Sampling of Construction Materials.*

**3. Terminology**

**3.1** For definitions of terms used in this test method, refer to Terminology C125.

**3. Terminologi**

**3.1** Untuk definisi istilah-istilah yang digunakan dalam standar ini, lihat ASTM C125.

**4. Classification**

4.1 Slag cement is classified by performance in the slag activity test in three grades: Grade 80, Grade 100, and Grade 120 (see Table 1).

**4. Klasifikasi**

Semen slag diklasifikasikan berdasarkan kinerjanya pada uji aktivitas slag dalam tiga tingkat: Tingkat 80, Tingkat 100 dan Tingkat 120 (lihat Tabel 1).

**5. Ordering Information**

**5.1.** The purchaser shall specify the grade of slag cement desired and the optional chemical or physical data to be reported.

**5. Informasi pemesanan**

**5.1** Pembeli harus menentukan tingkat semen slag yang diinginkan dan data kimia atau data fisik opsional harus dilaporkan.

**Table 1 Physical Requirements**

Item		
Fineness:		
amount retained when wet screened on a 45-µm (No. 325), sleeve, max %		20
specific surface by air permeability, Test methods ASTM C204, shall be determined and reported although no limits are required		...
air content of slag mortar, max %		12
	Average of last five consecutive samples	Any individual sample
Slag activity index, min %		
<b>7-day Index</b>		
Grade 80	...	...
Grade 100	75	70
Grade 120	95	90
<b>28-day Index</b>		
Grade 80	75	70
Grade 100	95	90
Grade 120	115	110



Tabel 1 Persyaratan Fisik

Item		
Kehalusan:		
Bila diayak basah, jumlah tertahan pada ayakan 45- $\mu$ m (No. 325), maksimum %		20
Luas permukaan spesifik yang ditentukan dengan permeabilitas udara, ASTM C204, harus ditentukan dan dilaporkan meskipun tidak ada batasan yang disyaratkan.		...
Kadar udara mortar slag, maksimum %		12
Rata-rata dari lima sampel terakhir berturut-turut		Setiap sampel individual
Indeks aktivitas slag, minimum, %		
<b>Indeks 7 hari</b>		
Tingkat 80	...	...
Tingkat 100	75	70
Tingkat 120	95	90
<b>Indeks 28 hari</b>		
Tingkat 80	75	70
Tingkat 100	95	90
Tingkat 120	115	110

## 6. Additions

**6.1** Slag cement covered by this specification shall contain no additions except as follows:

**6.1.1** It is permissible to add calcium sulfate to slag cement provided it has been demonstrated by Test Method C1038 that a test mixture will not develop expansion in water exceeding 0.020 % at 14 days. In the test mixture, 50 % of the mass of portland cement shall be replaced by an equal mass of slag cement. The portland cement used in the test mixture shall meet the requirements of Specification C150. When the manufacturer supplies cement under this provision, upon request, supporting data shall be supplied to the purchaser.

**6.1.2** When processing additions are used in the manufacture of slag cement, the maximum amount used shall comply with the requirements of Specification C465 when tested using a blend that is 50 % slag cement and 50 % portland cement by mass.

## 6. Tambahan

**6.1** Semen slag yang dicakup oleh standar ini tidak boleh mengandung bahan tambahan kecuali:

**6.1.1** Diperbolehkan menambahkan kalsium sulfat ke semen slag asalkan telah diuji sesuai dengan ASTM C1038 bahwa selama 14 hari dalam air, pada campuran uji tidak timbul ekspansi lebih dari 0,020%. Pada campuran uji, 50% massa semen portland harus diganti semen slag dengan massa yang sama. Semen portland yang digunakan dalam campuran uji harus memenuhi persyaratan ASTM C150. Bila produsen memasok semen sesuai persyaratan, berdasarkan permintaan, data pendukungnya harus disampaikan kepada pembeli.

**6.1.2** Bila proses tambahan digunakan dalam pembuatan semen slag, jumlah maksimum yang digunakan harus memenuhi persyaratan ASTM C465 bila diuji dengan menggunakan campuran berdasarkan massa 50% semen slag dan 50% semen portland.

## 7. Chemical Composition

7.1 Slag cement shall conform to the chemical requirements prescribed in Table 2.

**Table 2 Chemical Requirements**

Sulfide sulfur (S), maksimum, %	2,5
---------------------------------	-----

**NOTE 3**-Sulfur in granulated blast-furnace slag is present predominantly as sulfide sulfur. In most cases, instrumental analyses, such as x-ray fluorescence, cannot differentiate sulfide sulfur from sulfate. Determine and report the sulfide sulfur content separately, and do not include it in the SO<sub>3</sub> calculations.

## 8. Physical Properties

8.1 Slag cement shall conform to the physical requirements of Table 1.

## 9. Sampling

9.1 The following sampling and testing procedures shall be used by the purchaser to verify compliance with this specification.

9.2 Take random grab samples either from a delivery unit or at some point in the loading or unloading process so that each sample represents more than 115 Mg (125 tons) (Note 4). If samples are taken from rail cars or trucks, take at least two separate 2-kg (5-lb) portions and thoroughly mix them to obtain a test sample (Note 5). Sample by removing approximately a 300-mm (12-in.) layer of slag cement. Make a hole before obtaining a sample to avoid dust collector material that has discharged into the delivery unit after the predominant slag cement flow has ceased. Sample at a rate of one sample per month or one sample for each 2300 Mg (2500 tons) of shipments, whichever is more frequent.

**NOTE 4**--Standard statistical procedures are

## 7. Komposisi kimia

7.1 Semen slag harus memenuhi persyaratan kimia yang ditetapkan dalam Tabel 2.

**Tabel 2 Persyaratan kimia**

Belerang sulfida (S), maksimum, %	2,5
-----------------------------------	-----

**Catatan 3** Belerang dalam butiran slag tanur tinggi terutama berbentuk belerang sulfida. Pada kebanyakan kasus, analisis dengan peralatan seperti X-ray fluorescence tidak dapat membedakan belerang sulfida dari sulfat. Tentukan dan laporkan kadar belerang sulfida secara terpisah, dan tidak termasuk dalam perhitungan SO<sub>3</sub>.

## 8. Properti fisik

8.1 Semen slag harus memenuhi persyaratan fisik pada Tabel 1.

## 9. Pengambilan sampel

9.1 Prosedur pengambilan sampel dan prosedur uji berikut harus digunakan oleh pembeli untuk memverifikasi kesesuaian dengan standar ini.

9.2 Ambil sampel secara acak dari unit pengiriman atau pada tempat-tempat proses bongkar muat sedemikian sehingga tidak ada sampel yang lebih dari 125 ton (115 Mg) (Catatan 4). Jika sampel-sampel diambil dari lori atau truk, ambil paling sedikit dua sampel terpisah masing-masing 2 kg (5 lb), kemudian keduanya dicampur merata sehingga menjadi satu sampel uji (Catatan 5). Buat sampel dengan memindahkan lapisan semen slag kira-kira setebal 300 mm (12-in.). Buat lubang sebelum pengambilan sampel untuk menghindari debu yang dibuang ke unit pengiriman setelah aliran semen slag dihentikan. Sampel diambil dengan frekuensi satu sampel per bulan atau satu sampel untuk setiap 2500 ton (2300 Mg) per pengiriman, pilih yang lebih sering.

**CATATAN 4** – Prosedur statistik standar direkomendasikan untuk menjamin bahwa

recommended for ensuring that samples are selected by a random procedure; see Practice, D3665 These procedures can be used to select the days within a month or within a week that samples will be taken. The delivery unit or time of day there should be chosen randomly.

**NOTE 5**-The quantity of sample specified is more than adequate for the testing 'required. A 2-kg (5-lb) portion should be retained in a sealed container for retesting if that is considered necessary to verify compliance.

## 10. Test Methods

### 10.1 Slag-Activity Tests with Portland Cement:

**10.1.1** Slag activity shall be evaluated by determining the compressive strength of portland-cement mortars and the corresponding mortars made with the same mass of a blend that is 50 % slag cement and 50 % portland cement by mass.

**NOTE 6**--Appendix XI discusses the effects of cement, temperature and amount of slag cement used on performance with portland cement.

**10.1.2 Reference Cement**-The portland cement used in the slag activity tests shall comply with the standard chemical and physical requirements of Specification C 150, Type I or Type II and with the additional requirements of total alkali content and compressive strength limits as shown in Table 3. Sufficient cement shall be reserved to avoid changing reference cement more often than every two months. After the initial testing to determine compliance with the compressive strength requirement of Table 3, the reference cement shall be re-qualified at least every six months.

**NOTE 7**-Different reference cements may produce different Slag Activity Index results.

sampel uji diambil secara acak; lihat ASTM D3665. Prosedur ini dapat digunakan untuk memilih hari kapan sampel akan diambil dalam sebulan atau seminggu. Unit pengiriman atau hari pengambilan harus dipilih secara acak.

**CATATAN 5** – Jumlah sampel yang ditetapkan lebih dari cukup untuk kebutuhan pengujian. Sebagian 2 kg (5 lb) harus disimpan dalam wadah tertutup rapat untuk pengujian ulang jika dianggap perlu untuk memverifikasi pemenuhan persyaratan.

## 10. Metode uji

### 10.1 Uji aktivitas-slag dengan semen portland:

**10.1.1** Aktivitas slag harus dievaluasi dengan menguji kekuatan tekan mortar semen-portland dan mortar sejenis yang dibuat dengan campuran 50% massa semen slag dan 50% massa semen portland.

**CATATAN 6** – Lampiran X1 mendiskusikan efek-efek dari semen, temperatur, dan kadar semen slag yang digunakan, pada kinerja dengan semen portland.

**10.1.2 Semen referensi**– Semen portland yang digunakan pada pengujian aktivitas slag harus memenuhi persyaratan standar kimia dan fisik pada ASTM C150, Tipe I atau Tipe II dan dengan persyaratan tambahan untuk kadar alkali total serta batas kekuatan tekan sesuai Tabel 3. Semen yang disimpan harus mencukupi agar terhindar dari perubahan semen referensi lebih sering dari setiap dua bulan. Setelah pengujian awal untuk menentukan pemenuhan persyaratan kekuatan tekan pada Tabel 3, semen referensi harus dikualifikasi ulang minimum setiap enam bulan.

**CATATAN 7** – Semen referensi yang berbeda dapat menghasilkan Indeks Aktivitas Slag yang berbeda.

**Table 3 Alkali and strength limits of reference portland cement for slag activity tests**

Total alkalis (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O)	Minimum %	0,60
	Maximum %	0,90
Compressive strength,MPa , minimum, 28 hari <sup>A</sup>		35 (5000 psi)

<sup>A</sup>The minimum strength limit is based solely on the strength of the Test Method C109/C109M mortar cubes, as required in Specification C150, regardless of the strength of the flow-controlled Specification C989 mortar cubes.

**10.1.3 Preparation of Specimens-Prepare** mortars in accordance with Test Method C109/C109M, except that sufficient water shall be used in each batch to produce a flow of  $110 \pm 5$  %. The proportions of dry ingredients shall be as follows:

Reference Cement Mortar:  
500 g portland cement  
1375 g graded standard sand  
Slag Cement-Reference Cement  
Mortar:  
250 g portland cement  
250 g slag cement  
1375 g graded standard sand

**10.1.3.1** Mix a reference cement batch each day that a slag cement-reference cement batch is mixed until at least five batches have been mixed with the reference cement. Thereafter, reference cement batches need not be mixed more often than once a week whenever slag cement is being produced or shipped.

**10.1.4 Test Ages-Determine** the compressive strength of mortar specimens at 7 and 28 days in accordance with Test Method ASTM C109/C109M. .

**10.1.5 Calculation-Calculate** the slag activity index to the nearest percent for both 7 days and 28 days as follows:

$$\text{Slag activity index, \%} = (SP/P) \times 100 \quad (1)$$

SP = average compressive strength of slag cementreference cement mortar cubes at designated ages, MPa (psi), and.

**Tabel 3 Batas-batas alkali dan kekuatan semen portland referensi untuk pengujian aktivitas slag**

Alkali total (Na <sub>2</sub> O + 0,658 K <sub>2</sub> O)	Minimum %	0,60
	Maksimum %	0,90
Kekuatan tekan, MPa, minimum, 28 hari <sup>A</sup>		35 (5000 psi)

<sup>A</sup>Batas kekuatan minimum hanya didasarkan pada kekuatan kubus mortar sesuai ASTM C109/C109M, seperti disyaratkan dalam ASTM C150, tanpa memperhatikan kekuatan alir-terkendali kubus mortar ASTM C989.

**10.1.3 Persiapan spesimen**—Siapkan mortar sesuai ASTM C109/C109M, kecuali dalam setiap kali pencampuran, air yang digunakan harus cukup untuk menghasilkan aliran  $110 \pm 5$ %. Proporsi bahan kering harus sebagai berikut:

Mortar semen referensi:  
500 g semen portland  
1375 g pasir bergradasi standar  
Mortar semen referensi- semen slag  
250 g semen portland  
250 g semen slag  
1375 g pasir bergradasi standar

**10.1.3.1** Setiap hari campur adukan semen referensi, sampai semen referensi dan semen slag telah diaduk minimum lima kali. Setelah itu, jika semen slag telah diproduksi atau dikirim, semen referensi tidak perlu diaduk lebih dari satu kali seminggu.

**10.1.4 Umur pengujian** – Tentukan kekuatan tekan spesimen mortar pada umur 7 hari dan 28 hari sesuai ASTM C109/C109M.

**10.1.5 Perhitungan** – Hitung indeks aktivitas slag dalam persen untuk umur 7 hari dan 28 hari sebagai berikut:

$$\text{Indeks aktivitas slag, \%} = (SP/P) \times 100 \quad (1)$$

SP = Kekuatan tekan rata-rata kubus mortar semen referensi-semen slag pada umur yang direncanakan, MPa (psi), dan

$P$  = average compressive strength of reference cement mortar cubes at designated age, MPa (psi).

The reference cement-mortar strength used to calculate a slag activity index shall, when a reference cement mortar is mixed on the same day as a slag cement-reference cement mortar, be the result for that batch. Otherwise, the average of tests of the five most recent reference cement-mortar batches shall be used.

**10.1.6 Report**-The report should include the following:

**10.1.6.1:** Slag activity index, %,

**10.1.6.2** Compressive strength at 7 and 28 days, of slag cement-reference cement mortar.

**10.1.6.3** Compressive strength at 7 and 28 days, of portland cement mortar,

**10.1.6.4** Total alkalis of the reference cement ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$ ),

**10.1.6.5** Fineness of reference cement; and

**10.1.6.6** Potential compound composition of the reference portland cement.

**10.1.7 Precision**-The following precision statements are applicable when the slag activity index with portland cement is based on results of tests of two cubes from single batches of reference cement and 50-50 slag cement-reference cement mortars mixed on the same day. They are applicable to the slag activity index determined at 7 or 28 days.

**10.1.7.1** The single-laboratory coefficient of variation has been found to be 4.1 %. Therefore, the slag activity indices of properly conducted tests based on single batches of mortar mixed on the same day should not differ by more than 11.6 % of their average.

**10.1.7.2** The multilaboratory coefficient of variation has been found to be 5.7 %. Therefore, the slag activity indices of

$P$  = Kekuatan tekan rata-rata kubus mortar semen referensi pada umur yang direncanakan, MPa (psi).

Jika mortar semen referensi dicampur pada hari yang sama dengan mortar semen referensi-semen slag, kekuatan mortar semen referensi yang digunakan untuk menghitung indeks aktivitas slag adalah hasil dari adukan tersebut. Jika tidak, harus digunakan nilai rata-rata dari 5 adukan mortar semen referensi yang terbaru.

**10.1.6 Laporan** – Laporan harus mencakup sebagai berikut:

**10.1.6.1** Indeks aktivitas slag, %

**10.1.6.2** Kekuatan tekan pada umur 7 hari dan 28 hari, dari mortar semen referensi-semen slag,

**10.1.6.3** Kekuatan tekan pada umur 7 hari dan 28 hari, dari mortar semen portland,

**10.1.6.4** Total alkali ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O}$ ) dari semen referensi.

**10.1.6.5** Kehalusan semen referensi, dan

**10.1.6.6** Komposisi senyawa potensial semen portland referensi.

**10.1.7 Presisi** —Pernyataan presisi berikut dapat digunakan bila indeks aktivitas slag dengan semen portland didasarkan pada hasil-hasil uji dua kubus dari setiap adukan semen referensi dan 50 - 50 mortar semen referensi – semen slag yang dicampur pada hari yang sama. Ini dapat digunakan untuk indeks aktivitas slag umur 7 hari atau 28 hari.

**10.1.7.1** Koefisien variasi untuk laboratorium tunggal harus 4,1%. Karena itu, pada pengujian yang dilaksanakan dengan benar dari adukan tunggal mortar yang dibuat pada hari yang sama, indeks aktivitas slag tidak boleh berbeda lebih dari 11,6% dari nilai rata-ratanya.

**10.1.7.2** Koefisien variasi untuk multi-laboratorium harus 5,7%. Karena itu, pada pengujian multi-laboratorium yang

properly conducted tests of single batches by different laboratories should not differ by more than 16.1 %.

**10.2** *Slag Cement Density-Determine* in accordance with Test Method C188.

**10.3** *Amount of Slag Cement Retained on a 45- $\mu$ m (No. 325) Sieve-Determine* in accordance with Test Method C430.

**10.4** *Slag Cement Fineness by Air Permeability-* Determine in accordance with Test Methods C204.

**10.5** *Sulfate Ion in Slag Cement Reported as SO<sub>3</sub>* - Determine as sulfur trioxide in accordance with Test Methods C114, except the sample need not be completely decomposed by acid.

**10.6** *Sulfide Sulfur in Slag Cement-Determine* in accordance with Test Methods C114.

**10.7** *Chloride Content of Slag-Determine* in accordance with Test Methods C114.

**10.8** *Air Content of Slag Cement Mortar-Determine* in accordance with Test Method C185, except use 350 g of slag cement in the standard mortar batch. Calculate using the appropriate density of the slag cement.

## 11. Rejection and Rehearing

**11.1** The purchaser has the right to reject material that fails to conform to the requirements of this specification. Rejection shall be reported to the producer or supplier promptly and in writing. In case of dissatisfaction with the results of the tests, the producer or supplier is not prohibited from making a claim for retesting.

**NOTE 8**-In the event of a Slag Activity Index dispute, the purchaser should request a sample of the producer's reference cement for retest.

## 12. Certification

**12.1** When specified in the purchase order or contract, the purchaser shall be furnished

dilaksanakan dengan benar dari adukan tunggal, indeks aktivitas slag tidak boleh berbeda lebih dari 16,1%.

**10.2** *Densitas semen slag* – Tentukan sesuai ASTM C 188.

**10.3** *Jumlah semen slag tertahan pada ayakan 45- $\mu$ m (no. 325)* – Tentukan sesuai ASTM C 430.

**10.4** *Kehalusan semen slag dengan permeabilitas udara* – Tentukan sesuai ASTM C204.

**10.5** *Ion sulfat dalam semen slag dilaporkan sebagai SO<sub>3</sub>* – Tentukan sebagai sulfur trioksida sesuai ASTM C114, kecuali sampel tidak perlu diurai sempurna dengan menggunakan asam.

**10.6** *Belerang sulfida dalam semen slag* – Tentukan sesuai ASTM C114.

**10.7** *Kadar klorida slag* – Tentukan sesuai ASTM C114.

**10.8** *Kadar udara mortar semen slag* – Tentukan sesuai ASTM C185, kecuali digunakan 350 g semen slag pada adukan mortar standar. Hitung menggunakan densitas semen slag.

## 11. Penolakan dan pemeriksaan ulang

**11.1** Pembeli berhak menolak bahan yang tidak memenuhi persyaratan standar ini. Penolakan harus dilaporkan seketika kepada produsen atau pemasok secara tertulis. Bila produsen atau pemasok tidak puas dengan hasil uji maka dapat mengajukan klaim atau pengujian ulang.

**CATATAN 8** – Dalam hal terjadi perselisihan mengenai Indeks Aktivitas Slag, pembeli harus meminta sampel semen referensi produsen untuk diuji ulang.

## 12. Sertifikasi

**12.1** Bila disyaratkan dalam surat pesanan atau kontrak, pembeli wajib diberi sertifikat

certification that samples representing each lot have been tested as directed in this specification and the specified requirements: have been met. When specified in the purchase order or contract, a report of the test results shall be furnished.

**12.2** When specified in the purchase order or contract, test data shall be furnished on the chloride ion content of the slag cement.

### 13. Manufacturer's Statement

**13.1** At the request of the purchaser, the manufacturer shall state in writing the nature, amount, and identity of any processing or other additions made to the slag cement.

### 14. Package Marking and Shipping Information

**14.1** When the slag cement is delivered in packages, the classification of the slag cement, the name and brand of the manufacturer, and the mass of the slag cement contained therein shall be plainly marked on each package. Similar information shall be provided in the shipping invoices accompanying the shipment of packaged or bulk slag cement. All packages shall be in good condition at the time of inspection.

### 15. Storage

**15.1** The slag cement shall be stored to permit easy access for proper inspection and identification of each shipment and in a suitable weather-tight building that will protect the slag cement from dampness and minimize quality deterioration.

### 16. Keywords

**16.1** blast furnace slag; granulated blast furnace slag; slag activity index; slag cement

bahwa sampel yang mewakili setiap lot telah diuji sesuai spesifikasi ini dan semua persyaratan telah dipenuhi. Bila disyaratkan dalam surat pesanan atau kontrak pembelian, laporan hasil uji harus diberikan.

**12.2** Bila disyaratkan dalam surat pesanan atau kontrak pembelian, data uji kadar ion klorida semen slag harus diberikan.

### 13. Pernyataan produsen

**13.1** Atas permintaan pembeli, produsen dapat menyatakan secara tertulis, sifat, jumlah, dan identitas dari setiap proses atau tambahan lain yang dibuat pada semen slag.

### 14. Penandaan kantong dan informasi pengiriman

**14.1** Bila semen slag dikirim dalam kantong-kantong, klasifikasi semen slag, nama dan merek produsen, dan massa semen slag dalam kantong harus tertera secara jelas pada setiap kantong. Informasi yang sama harus diberikan pada nota — nota pengiriman, harus diikutsertakan dengan pengiriman semen slag dalam kantong atau curah. Semua kantong harus dalam keadaan baik sewaktu pemeriksaan.

### 15. Penyimpanan

**15.1** Semen slag harus disimpan sedemikian rupa sehingga memudahkan pemeriksaan dan identifikasi pada setiap pengiriman dan pada bangunan gedung tahan cuaca dapat melindungi semen slag dari kelembaban dan juga meminimalkan penurunan mutu.

### 16. Kata kunci

**16.1** slag tanur tinggi; slag tanur tinggi berbentuk butiran; indeks aktivitas slag; semen slag.

**APPENDIXES  
(Nonmandatory Information)**

**Lampiran A  
(Informatif)**

**XI. Contribution of slag cement to concrete strength**

**X1.1** When slag cement is used in concrete with portland cement, the levels and rate of strength development will depend importantly on the properties of the slag cement, the properties of the portland cement, the relative and total amounts of slag cement and portland cement; and the concrete curing temperatures.

**X1.2** The reference cement used to test slag activity in this specification must have a minimum 28-day strength of 35 MPa (5000 psi) and an alkali equivalent between 0.6 and 0.9 %. Performance of the slag cement with other portland cements may be significantly different. The slag-activity test also can be used to evaluate relative hydraulic activity of different slag cements with a specific cement or of different shipments of the same slag cement. Such comparisons will be improved if all tests are made with a single sample of cement. To properly classify a slag cement, the reference portland cement must conform to the limits on strength and alkali content. Even within these limits, performance will depend to some extent on the particular cement used. The results of the slag activity test do not provide quantitative predictions of strength performance in concrete. Performance in concrete will depend on a large number of factors including the properties and proportions of the slag cement; the portland cement, and other concrete ingredients, concrete temperatures, and curing conditions; and other conditions.

**X1.3** Concrete strengths at 1, 3, and even 7 days may tend to be lower using slag cement-portland cement combinations, particularly at low temperatures or at high slag cement percentages. Concrete proportions will need to be established

**X1. Kontribusi Semen Slag terhadap Kekuatan Beton**

**X1.1** Bila semen slag digunakan dalam beton dengan semen portland, level dan laju pengembangan kekuatan akan sangat tergantung pada properti semen slag, properti semen portland, jumlah relatif dan jumlah keseluruhan dari semen slag dan semen portland, dan temperatur perawatan beton.

**X1.2** Semen referensi yang digunakan untuk pengujian indeks aktivitas slag dalam standar ini harus mempunyai kekuatan minimum umur 28 hari sebesar 35 MPa (5000 psi) dan kandungan alkali antara 0,6% dan 0,9%. Kinerja semen slag dengan semen portland jenis lain mungkin akan menunjukkan perbedaan yang berarti. Pengujian aktivitas slag dapat juga digunakan untuk mengevaluasi aktivitas hidraulis relatif dari berbagai jenis semen slag yang berbeda dengan semen tertentu atau dari pengiriman yang berbeda dari semen slag yang sama. Perbandingan demikian akan diperbaiki, jika semua pengujian dilakukan dengan sampel tunggal dari semen. Untuk dapat mengklasifikasikan semen slag dengan tepat, semen portland referensi harus memenuhi batas kekuatan dan kandungan alkali. Bahkan dalam batasan ini, kinerja akan tergantung pada semen khusus yang digunakan. Persentase yang dikembangkan dalam pengujian aktivitas slag tidak memberikan prediksi kuantitatif mengenai kinerja kekuatan dalam beton. Kinerja beton akan tergantung pada banyak faktor termasuk properti dan proporsi dari semen slag, semen portland, dan bahan beton lainnya, temperatur beton dan kondisi perawatan; dan kondisi-kondisi lain.

**X1.3** Kekuatan beton pada 1, 3 dan 7 hari cenderung lebih rendah dengan menggunakan kombinasi semen slag-semen portland, terutama pada temperatur rendah atau pada persentasi semen slag tinggi. Proporsi beton perlu ditetapkan



considering the importance of early strengths, the curing temperatures involved and the properties of the slag cement, the portland cement, and other concrete materials. Generally a higher numerical grade of slag cement can be used in larger amounts and will provide improved early strength performance; however, tests must be made using job materials under job conditions.

## X2. Sulfate resistance

**X2.1 General-Concrete** manufactured with high percentages of slag cement is generally considered to have greater resistance to attack by sulfates than do portland cements, based largely upon comparisons of these mixtures with similar mixtures containing ordinary (Type I) portlands. These high volume slag cement mixtures (containing 60 % or more slag) are widely used for sulfate and sea-water resistant concretes throughout the world.

**X2.2 Sulfate Resistance of Portland Cements**-The sulfate resistance of concrete is dependent upon a number of factors, including mortar permeability and the type and concentration of the sulfate solutions involved. Others, directly related to the cement characteristics, include calcium hydroxide concentration and the tricalcium aluminate ( $C_3A$ ) content. Specification C150 provides limits on the  $C_3A$  for sulfate-resistant cements. Specification C150 Type V requirements provide for a limit on the tetracalcium aluminoferrite ( $C_4AF$ ) plus twice the  $C_3A$ . The C150 table of Optional Physical Requirements includes a maximum limit on expansion of Type V cement in mortar bars when tested by Test Method C452. When this option is selected, the standard limits on tricalcium aluminate and on tetracalcium aluminoferrite plus twice the tricalcium aluminate do not apply. Test Method C1012 can be used to measure the effects of exposure to external sulfate environments on mortar or concrete.

**X2.3 Effect of Slag Cement on Sulfate Resistance**-The use of slag cement will

dengan mempertimbangkan kepentingan kekuatan awal, temperatur perawatan dan properti semen slag, semen portland, dan material beton lainnya. Pada umumnya semakin tinggi mutu semen slag makasemakin dapat digunakan dalam jumlah yang lebih besar dan akan meningkatkan kinerja kekuatan awal; namun demikian, pengujian harus dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan dalam kondisi pekerjaan lapangan.

## X2. Ketahanan Sulfat

**X2.1 Umum** - Beton yang diproduksi dengan umur semen slag persen tinggi umumnya dianggap memiliki ketahanan lebih besar terhadap serangan sulfat dibandingkan semen portland, sebagian besar didasarkan pada perbandingan dari campuran dengan campuran yang sama yang mengandung portland biasa (Tipe I). Campuran semen slag volume tinggi (mengandung slag 60% atau lebih) banyak digunakan untuk beton tahan sulfat dan beton tahan air laut di seluruh dunia.

**X2.2 Ketahanan semen portland terhadap sulfat** – Ketahanan beton terhadap sulfat tergantung pada beberapa faktor, termasuk permeabilitas mortar, tipe dan konsentrasi larutan sulfat. Faktor lainnya tergantung secara langsung pada karakteristik semen, termasuk konsentrasi kalsium hidroksida dan kadar trikalsium alumina ( $C_3A$ ). ASTM C150 memberi batas pada  $C_3A$  untuk semen tahan sulfat. ASTM C150 tipe V mensyaratkan batasan untuk tetra kalsium alumino ferrite ( $C_4AF$ ) ditambah dua kali  $C_3A$ . Tabel dalam ASTM C150 tentang persyaratan fisik tambahan sudah termasuk batas pengembangan semen tipe V dalam batang tulangan mortar bila diuji dengan ASTM C452. Bila opsi ini yang dipilih, batasan standar mengenai trikalsium alumina dan tetra kalsium alumino ferrite ditambah dua kali trikalsium alumina tidak berlaku. ASTM C1012 dapat digunakan untuk mengukur pengaruh eksposur terhadap lingkungan sulfat-eksternal pada mortar atau beton.

**X2.3 Pengaruh semen slag pada ketahanan sulfat** – Penggunaan semen slag

decrease the  $C_3A$  content of the cementing materials and decrease the permeability and calcium hydroxide content of the mortar or concrete. Tests have shown that the alumina content of the slag cement also influences sulfate resistance, 4,5 and that high alumina content can have a detrimental influence at low slag cement-replacement percentages. Data from studies of laboratory exposure of mortars to sodium and magnesium sulfate solutions provide the following general conclusions.

**X2.3.1** The combinations of slag cement and portland cement, in which the slag cement content was greater than 60 to 65 %, had high sulfate resistance, always better than the portland cement alone; irrespective of the  $Al_2O_3$  content of the slag cement. The improvement in sulfate resistance was greatest for the portland cements with the higher  $C_3A$  contents.

**X2.3.2** The low alumina (11%) slag cement tested increased the sulfate resistance independently of the  $C_3A$  content of the portland cement. To obtain adequate sulfate resistance, higher slag cement percentages were necessary with the higher  $C_3A$  portland cements

**X2.3.3** The high alumina (18 %) slag cement tested, adversely affected the sulfate resistance of portland cements when blended in low percentages (50 % or less). Some tests indicated rapid decreases in resistance for cements in the 8 and 11 %  $C_3A$  ranges with slag cement percentages as low as 20 % or less in the blends.

**X2.3.4** Tests on slag cement (7 to 8 % alumina) in Ontario have shown that a 50:50 combination by mass with Type I portland cement (having up to about 12%  $C_3A$ ) is equivalent in sulfate resistance to the Type V cement used in that study.

akan mengurangi kandungan  $C_3A$  dari material yang bersifat semen dan mengurangi permeabilitas dan kandungan kalsium hidroksida dari mortar atau beton. Pengujian memperlihatkan bahwa kandungan alumina dari semen slag juga mempengaruhi ketahanan terhadap sulfat dan kandungan alumina yang tinggi dapat mengakibatkan pengaruh buruk pada persentase penggantian semen slag yang rendah. Data dari studi eksposur laboratorium dari mortar terhadap larutan sodium dan larutan magnesium sulfat memberikan kesimpulan umum sebagai berikut.

**X2.3.1** Kombinasi semen slag dan semen portland, agar kandungan semen slag lebih besar dari 60% sampai 65%, selalu mempunyai ketahanan terhadap sulfat yang tinggi, lebih baik dari semen portland sendiri, terlepas dari kandungan  $Al_2O_3$  dari semen slag. Peningkatan ketahanan terhadap sulfat adalah terbesar untuk semen portland dengan kandungan  $C_3A$  yang lebih tinggi.

**X2.3.2** Semen slag yang beralumina rendah (11%) yang diuji meningkatkan ketahanan terhadap sulfat, tanpa tergantung pada kandungan  $C_3A$  dari semen portland. Untuk memperoleh ketahanan sulfat yang cukup, diperlukan persentase semen slag yang lebih tinggi dengan semen portland  $C_3A$  yang lebih tinggi.

**X2.3.3** Pengujian semen slag dengan alumina yang tinggi (18%), memperlihatkan pengaruh yang kurang baik terhadap ketahanan terhadap sulfat dari semen portland kalau dicampur dalam presentase rendah (50% atau kurang). Beberapa pengujian memperlihatkan penurunan yang cepat dalam ketahanan untuk semen dalam rentang  $C_3A$  sebesar 8% atau 11% dengan persentase semen slag serendah 20% atau kurang dalam campurannya.

**X2.3.4** Pengujian yang dilakukan terhadap semen slag (alumina 7% sampai 8%) di Ontario, memperlihatkan bahwa suatu kombinasi 50 : 50 dalam massa dengan semen portland tipe I (mempunyai  $C_3A$  sampai kira - kira 12%), ekuivalen dalam ketahanan terhadap sulfat terhadap semen

Tipe V.

**X2.4 Tests for Sulfate Resistance-**When the relative sulfate resistance of a specific portland cement-slag cement combination is desired, tests should be conducted in accordance with Test Method C1012 Studies by Subcommittee C01.29 on sulfate resistance using Test Method C1012, as reported by Patzias 8, recommended the following limits for expansion of portland cement and slag cement combinations at six month of exposure:

Moderate sulfate resistance - 0.10 % max  
High sulfate resistance - 0.05 % max

**X3. Effectiveness of slag cement in preventing excessive expansion of concrete due to alkali aggregate reaction.**

**X3.1** Tests for effectiveness of slag cement in preventing excessive expansion due to alkali-aggregate reaction are not considered necessary unless the slag cement is to be used: (a) with a high-alkali portland cement ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O} \geq 0,6\%$ ) or with concrete containing water-soluble alkalis (added as an activator to improve early strength); and (b) with an aggregate that is regarded as deleteriously reactive with alkalis.

**X3.2** It should be expected that the effectiveness of the slag cement will depend upon the amount used and the reactivity of the slag cement. Data suggest that slag cements used as 40 % or more of the cementitious material will generally prevent excessive expansion with portland cements having alkali contents up to 1.0 %; however, definitive data are not available, and tests must be made in accordance with Test Method C441.

**X3.3** When the job cement and proportions of cement to slag cement are known, test mortars should be proportioned in accordance with the job mixture requirements of Test Method C441, and the average expansion of mortar bars at 14

**X2.4** Pengujian ketahanan terhadap sulfat – Bila diperlukan ketahanan relatif dari sulfat dari kombinasi semen portland spesifik-semen slag, harus dilakukan pengujian menurut ASTM C1012. Studi yang dilakukan oleh sub committee C01.29 pada ketahanan terhadap sulfat dengan menggunakan ASTM C1012, sebagaimana dilaporkan oleh Patzias, direkomendasikan batas-batas berikut untuk pengembangan kombinasi semen portland dan semen slag pada enam bulan eksposur:

Ketahanan sulfat sedang – maksimum 0,10%

Ketahanan sulfat tinggi – maksimum 0,05%

**X3. Efektivitas Semen Slag dalam Mencegah Ekspansi Berlebih dari Beton akibat Reaksi Alkali-Agregat**

**X3.1** Pengujian efektivitas semen slag dalam mencegah ekspansi berlebihan akibat reaksi alkali-agregat tidak perlu dilakukan kecuali kalau semen slag akan digunakan: (a) dengan semen portland alkali tinggi ( $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{K}_2\text{O} \geq 0,6\%$ ) atau dengan beton yang mengandung alkali yang larut dalam air (ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan awal); dan (b) dengan agregat yang dianggap reaktif terhadap alkali yang merusak.

**X3.2** Efektifitas semen slag diharapkan tergantung pada jumlah penggunaan dan reaktivitas semen slag tersebut. Dari data yang ada disarankan bahwa penggunaan semen slag sebanyak 40% atau lebih dari bahan sementitus, umumnya mencegah pengembangan / pemuaihan yang berlebihan dengan semen portland yang mempunyai kadar alkali sampai 1,0%; tetapi, data yang pasti tidak tersedia, dan pengujian harus dilakukan sesuai ASTM C441.

**X3.3** Bila semen “di lapangan” dan proporsi semen terhadap semen slag diketahui, maka mortar untuk pengujian harus diproporsikan menurut persyaratan campuran di lapangan menurut ASTM C441, dan pengembangan rata-rata batang

days should not exceed 0.020 %.

**X3.4** When the job cement and proportions of slag cement to cement are not known, tests can be made for the reduction in mortar expansion in accordance with Test Method C441. To be considered effective the slag cement must reduce 14-day expansions of mixtures made with the required high-alkali cement by 75 %. The slag cement should be considered effective only when the ratio of slag cement to cement equals or exceeds that found effective in the tests.

mortar untuk jangka waktu 14 hari tidak boleh melampaui 0,020%.

**X3.4** Bila semen di lapangan dan proporsi semen slag terhadap semen tidak diketahui, maka dapat dilakukan pengujian untuk mengurangi pengembangan mortar sesuai ASTM C441. Untuk dianggap efektif, semen slag harus mengurangi pengembangan campuran 14 hari yang dibuat dengan semen alkali-tinggi sebesar 75%. Semen slag harus dianggap efektif hanya kalau perbandingan semen slag terhadap semen yang setara atau lebih yang dibuktikan efektif dalam pengujian.