



REPUBLIK INDONESIA

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT

DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM



BETON SEMPROT (*SHOTCRETE*)

SKh-3.7.18

2022





**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA**

Jalan Pattimura Nomor 20, Kebayoran Baru, Jakarta Selatan 12110, Telepon (021)-7203165, Faksimili (021)-7393938

Jakarta, 7 Juli 2022

Nomor : Bm 0304-Db/861
Sifat : Segera
Lampiran : 1 (satu) Berkas
Hal : Persetujuan Penggunaan Spesifikasi Khusus Interim
Beton Semprot (*Shotcrete*)

Yth.

1. Sekretaris Direktorat Jenderal Bina Marga
2. Para Direktur di Direktorat Jenderal Bina Marga
3. Para Kepala Balai Besar/Balai Pelaksanaan Jalan Nasional
4. Para Kepala Satuan Kerja di Direktorat Jenderal Bina Marga

di-

Tempat

1. Bersama ini Kami Sampaikan Dokumen Spesifikasi Khusus Interim:

No.	Nomor Seksi	Judul Dokumen
1.	SKh-3.7.18	Beton Semprot (<i>Shotcrete</i>)

2. Spesifikasi tersebut telah disetujui untuk dipergunakan dan dijadikan acuan bagi para pemangku kepentingan di Direktorat Jenderal Bina Marga dan dalam pelaksanaan pekerjaan beton semprot (*shotcrete*).

Demikian disampaikan, atas perhatian Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Direktur Jenderal Bina Marga,

Hedy Rahadian

NIP 19640314 199003 1 002

Tembusan:

1. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, sebagai laporan;
2. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
3. Inspektur Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
4. Direktur Jenderal Bina Konstruksi, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM

SKh-3.7.18

BETON SEMPROT (*SHOTCRETE*)

SKh-3.7.18.1 UMUM

1) Uraian

- a) Spesifikasi ini menjelaskan persyaratan untuk pekerjaan beton semprot (*shotcrete*) pada lereng sebagai upaya untuk menjaga permukaan lereng tidak mengalami erosi. Kondisi lereng yang ditutup dengan *shotcrete* harus dalam kondisi yang stabil.
- b) Lingkup pekerjaan dalam Spesifikasi ini meliputi penyediaan bahan, pengujian dan pelaksanaan pekerjaan beton semprot. Pekerjaan ini juga termasuk pengupasan permukaan lereng dan pembersihan beton semprot yang telah mengeras sebelum menempatkan beton semprot yang baru.
- c) Jenis perkuatan yang digunakan pada beton semprot dapat berupa jaring kawat atau fiber sesuai Gambar. Jaring kawat harus dilapisi dengan lapisan anti korosi (galvanis ataupun cat berbahan dasar *epoxy*).
- d) Metode pencampuran beton semprot dapat dilakukan dengan metode pencampuran basah (*wet mix*) atau pencampuran kering (*dry mix*). Penggunaan bahan tambah (kimia atau mineral) harus sesuai dengan jenis semen yang digunakan, tidak menyebabkan korosi terhadap *wire mesh*, retak pada beton semprot serta susut berlebih.
- e) Pekerjaan beton semprot ini juga meliputi pekerjaan pemasangan sistem drainase yang terdiri dari pipa sulingan dan *strip drain*.

2) Gambar Kerja

Sebelum memulai pekerjaan, Penyedia Jasa harus menyiapkan dan menyerahkan Gambar Kerja detail pelaksanaan pekerjaan beton semprot untuk mendapatkan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan.

3) Pekerjaan Seksi Lain Yang Berkaitan Dengan Seksi Ini

Pekerjaan Seksi lain yang berkaitan dengan Spesifikasi Khusus ini adalah :

- | | | |
|--|---|------------|
| a) Mobilisasi | : | Seksi 1.2 |
| b) Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas | : | Seksi 1.8 |
| c) Kajian Teknis Lapangan | : | Seksi 1.9 |
| d) Bahan dan Penyimpanan | : | Seksi 1.11 |
| e) Pengamanan Lingkungan Hidup | : | Seksi 1.17 |
| f) Keselamatan dan Kesehatan kerja | : | Seksi 1.19 |



- g) Manajemen Mutu : Seksi 1.21
- h) Galian : Seksi 3.1
- i) Baja Tulangan : Seksi 7.3

4) Standar Rujukan

Standar Nasional Indonesia:

- SNI 1974-2011 : Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder
- SNI 2493-2011 : Tata cara pembuatan dan perawatan benda uji beton di laboratorium
- SNI 7974:2013 : Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis (ASTM C1602-06, IDT)
- SNI 2049:2015 : Semen Portland
- SNI 8321:2016 : Spesifikasi agregat beton (ASTM C33/C33M - 13, IDT)
- SNI 8460:2017 : Persyaratan perancangan geoteknik

ACI:

- ACI 506R – 16 : *Guide to Shotcrete*
- ACI 506.2 - 18 : *Specification for Shotcrete*

American Society for Testing and Materials (ASTM):

- ASTM C171 - 20 : *Standard Specification for Sheet Material for Curing Concrete*
- ASTM A641 / A641M - 19 : *Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Carbon Steel Wire*
- ASTM A775 / A775M - 19 : *Standard Specification for Epoxy-Coated Steel Reinforcing Bars*
- ASTM A1064 / A1064M - 18a : *Standard Specification for Carbon-Steel Wire and Welded Wire Reinforcement, Plain and Deformed, for Concrete*
- C1059/C1059M. : *Standard Specification for Latex Agents for Bonding Fresh to Hardened Concrete*
- ASTM C1107/C1107 M – 14a : *Standard Specification for Packaged Dry, Hydraulic-Cement Grout (Nonshrinkage)*
- ASTM C1116 / C1116M - 10a(2015) : *Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete*
- ASTM C1141/C1141M - 2015 : *Standard Specification for Admixture Shotcrete*
- ASTM C1140 / C1140M - 11(2019) : *Standard Practice for Preparing and Testing Specimens from Shotcrete Test Panels*
- ASTM C1436-13 : *Standard Specification for Material for Shotcrete*



- ASTM C1609/C1609M – 19a : *Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)*
- ASTM D3786/D3786M – 18 : *Standard Test Method for Bursting Strength of Textile Fabrics—Diaphragm Bursting Strength Tester Method*

Standar Lainnya:

- FHWA FP-14 : *Standard Specification for Construction Road and Bridge on Federal Highway Project*

5) Pengajuan Kesiapan Kerja

- a) Penyedia Jasa harus menyerahkan rancangan campuran (*mix design*) dan hasil pengujian lapangan berdasarkan *trial mix* yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- b) Penyedia Jasa harus menyerahkan pengalaman pekerjaan dari *nozzleman* dalam bentuk hasil pengujian beton yang diambil dari panel uji pra konstruksi yang dibuat saat melakukan pekerjaan beton semprot sebelumnya.
- c) Penyedia Jasa harus menyerahkan metode pelaksanaan pekerjaan yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- d) Usulan Alat Pelindung Diri (APD) untuk Keselamatan dan Kesehatan Kerja. APD yang diusulkan harus mencakup helm, kaca mata (*goggle*), masker, alat penutup telinga, sepatu, sarung tangan, rompi, dan *body harness*.

6) Toleransi Pekerjaan

Toleransi pekerjaan untuk pekerjaan beton semprot meliputi:

- a) Ketebalan beton semprot terhadap rencana $\pm 1,5$ cm.
- b) Kemiringan (*grade*) dan kesejajaran (*alignment*) (tidak termasuk ketebalan) permukaan terhadap rencana ± 50 mm.

7) Kondisi Tempat Kerja

Kondisi tempat kerja yang diijinkan untuk melakukan penempatan beton harus memenuhi ketentuan sesuai Spesifikasi Umum Pasal 7.1.1.9.

SKh-3.7.18.2 BAHAN

1) Agregat

Agregat yang digunakan untuk beton semprot harus memenuhi persyaratan kekuatan dan durabilitas.

- a) Agregat yang digunakan harus seperti yang dipersyaratkan dalam SNI 8321:2016 dengan gradasi sebagaimana yang dipersyaratkan pada Tabel SKh-3.7.18.2 (1):

Tabel SKh-3.7.18.1) Ketentuan Gradasi Agregat Beton Semprot

Ukuran Ayakan		Persen Berat yang Lolos untuk Agregat	
		Gradasi 1	Gradasi 2
¾	(19.1 mm)	-	-
½	(12.5 mm)	-	100
3/8	(9.50 mm)	100	90 – 100
No. 4	(4.75 mm)	95 – 100	70 – 85
No. 8	(2.36 mm)	80 – 100	50 – 70
No. 16	(1.18 mm)	50 – 85	35 – 55
No. 30	(0.60 mm)	25 – 60	20 – 35
No. 50	(0.30 mm)	10 – 30	8 – 20
No. 100	(0.15 mm)	2–10	2 - 10

Sumber: ASTM C1436

Gradasi No. 1 digunakan untuk beton semprot dengan agregat halus, sedangkan Gradasi No. 2 untuk beton semprot dengan agregat kasar. Dalam hal ini perlu diperhatikan bila menggunakan gradasi halus akan menyebabkan susut kering (*drying shrinkage*) yang lebih besar dibandingkan dengan menggunakan gradasi agregat kasar.

- b) Agregat yang digunakan harus bersih, keras, kuat yang di peroleh dari pemecahan batu atau koral, atau dari penyaringan dan pencucian (jika diperlukan) kerikil dan pasir sungai. Agregat yang digunakan harus memenuhi sifat-sifat sebagaimana yang tercantum pada Spesifikasi Umum Pasal 7.1.2.3) b).

2) Air

Air yang digunakan untuk campuran beton semprot harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi Umum Pasal 7.1.2.2).

3) Semen

Semen yang digunakan untuk pekerjaan beton semprot adalah Semen Portland Tipe I sebagaimana yang dipersyaratkan dalam SNI 2049:2015.

4) Bahan Tambah (*Admixture*)

Bahan tambah digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton semprot jangka panjang, mendapatkan permeabilitas beton semprot yang rendah, meingkatkan nilai adhesi dan kohesi beton semprot. Bahan tambah harus sebagaimana yang

dipersyaratkan dalam ASTM C1141/C1141M. Jenis bahan tambah yang digunakan untuk beton semprot dapat berupa bahan tambah kimia atau mineral sebagaimana yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.

a) Bahan Tambah Kimia

i) Akselerator

Akselerator yang digunakan mempercepat pengikatan yang dapat meningkatkan kekuatan awal. Akselerator yang digunakan harus mengandung sodium, potasium karbonat dan kalsium alumina. Bahan akselerator harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C1141/C1141M.

ii) *Water Reducer*

Water reducer dapat digunakan untuk meningkatkan kemudahan pekerjaan (*workability*) dan mengurangi pemakaian air. Bahan *water reducer* yang digunakan harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C494/C494M.

iii) *Retarder*

Retarder digunakan untuk memperlambat proses pengikatan dari semen Portland dengan persyaratan campuran berkisar 130 ml – 150 ml untuk setiap 100 kg semen. *Retarder* yang digunakan harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C 1141/C1141M.

b) Bahan Tambah Mineral

Bahan tambah mineral yang digunakan harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi Umum Pasal 7.1.2.5.b).

5) Perkuatan (*Reinforcement*)

Perkuatan yang digunakan untuk pekerjaan *shotcrete* dapat berupa jaring kawat atau fiber.

a) Jaring Kawat (*Wire Mesh*)

Jaring kawat (*wire mesh*) yang digunakan harus sebagaimana yang tercantum dalam ASTM A1064/A1064M. Diameter jaring kawat yang digunakan sesuai dengan yang dipersyaratkan dalam Gambar. Jaring kawat yang digunakan harus dilapisi oleh galvanis ataupun *epoxy* untuk mengurangi pengaruh korosi. Pelapisan jaring kawat harus sebagaimana yang tercantum dalam ASTM A641/A641M (Tabel SKh-3.7.18.2 (2)) untuk pelapisan dengan galvanis atau ASTM A775/A775M (Tabel SKh-3.7.18.2 (3)) untuk pelapisan dengan cat berbahan dasar *epoxy*. Pada daerah yang tidak terdapat pabrik galvanis maka pelapisan dengan menggunakan cat dengan bahan dasar *epoxy* dapat dilakukan sebagaimana yang telah di persyaratkan dalam spesifikasi ini.



Tabel SKh-3.7.18.2) Persyaratan Massa dari Lapisan Galvanis

Diameter (mm)	Pelapisan Galvanis (g/m ²)
4.90 – 5.90	150
>5.90	190

Sumber: ASTM A641/A641M

Pengukuran tebal lapisan galvanis dapat dilakukan menggunakan metoda *magnetic* atau *gravimetric* sebagaimana yang dipersyaratkan dalam SNI 7033:2004.

Tabel SKh-3.7.18.3) Persyaratan Ketebalan Pelapisan Epoxy

Diameter (mm)	Ketebalan Pelapisan Epoxy (µm)
≤ 16	175 - 300
>16	175 - 400

Sumber: ASTM A775/A775M

Pengukuran dapat menggunakan alat *coating thickness gauge* dengan ketebalan lapisan dalam satuan mikrometer/mikron (µm).

b) Serat (*Fiber*)

Bahan *fiber* digunakan untuk mengurangi susut dari beton semprot. Jenis *fiber* yang digunakan dapat berupa *steel fiber*, *glass fiber* atau *synthetic fiber* sebagaimana yang dipersyaratkan di dalam ASTM C1116/C1116M. Kandungan *fiber* yang digunakan berkisar 0,3 – 2,0 % dari volume campuran.

i) Serat Baja (*Steel Fibers*)

Serat baja yang digunakan harus sebagaimana yang dipersyaratkan di dalam ASTM A820. Serat fiber baja harus memiliki kuat tarik sebagaimana yang dipersyaratkan yaitu sebesar $f_y = 345$ MPa. Serat baja memiliki panjang 13 mm – 64 mm.

ii) *Glass Fiber*

Glass fiber harus memiliki ketahanan terhadap alkali sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C1666. *Glass fiber* memiliki panjang 13 mm – 38 mm.

iii) Serat Sintetis (*Synthetic Fiber*)

Serat sintetis yang digunakan harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM D7508. Serat sintetis memiliki panjang 6 mm – 64 mm.

6) Material Drainase

a) Pipa Sulingan

Pipa sulingan yang digunakan merupakan pipa PVC sebagaimana yang dipersyaratkan pada Spesifikasi Umum Pasal 7.16.3.2). Jumlah minimum pipa sulingan adalah 1 pipa sulingan untuk 3 m² atau sebagaimana yang terdapat dalam Gambar.

b) *Strip Drain*

Strip drain merupakan bahan geokomposit yang terdiri dari bagian inti yang berbahan *polypropylene*, *polyester*, *polyamide*, *polyvinyl chloride*, *polyolefin* atau *polystyrene* yang dibungkus oleh geotekstil filter pada satu sisinya. *Strip drain* yang digunakan harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam FHWA FP-14 *Section 714.02*. *Strip drain* yang digunakan harus memenuhi sifat-sifat yang tercantum pada Tabel SKh-3.7.18.4).

Tabel SKh-3.7.18.4) Persyaratan Sifat *Strip Drain*

Sifat-sifat	Metode Uji	Satuan	Persyaratan
<i>Apparent opening size</i>	ASTM D4751	mm	0.25 maksimum dari nilai gulungan rata-rata
Kapasitas Aliran/Lebar (<i>Flow Rate/Width</i>)	ASTM D4716	l/min/m	Berdasarkan Gambar

7) Mortar

Mortar digunakan untuk menutup lubang bekas hasil *core drill*. Mortar yang digunakan harus sebagaimana yang dipersyaratkan di dalam ASTM C1059/C1059M, yaitu mortar Tipe II.

8) Material untuk Perawatan Beton (*Curing*)

Material yang digunakan untuk perawatan dari beton semprot dapat berupa air, material lembaran (*sheet material*) atau *curing compound*.

i) Air

Air yang digunakan untuk perawatan beton semprot harus sebagaimana yang dipersyaratkan pada Spesifikasi Umum Pasal 7.1.2.2).

ii) *Material Lembaran (Sheet Material)*

Material lembaran (*sheet material*) harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C171.

iii) *Curing Compound*

Curing compound yang digunakan harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi Umum Pasal 7.1.5.6.

SKh-3.7.18.3 PENAKARAN DAN PENCAMPURAN

Metode pencampuran beton semprot dapat dilakukan dengan metode pencampuran basah (*wet mix*) atau pencampuran kering (*dry mix*). Sebelum pekerjaan pencampuran dan penakaran beton semprot dilakukan, Penyedia Jasa harus menyiapkan rancangan campuran beton semprot yang kemudian akan diajukan kepada Pengawas Pekerjaan. Komposisi rancangan campuran beton dapat merujuk pada Tabel SKh-3.7.18.5) untuk pencampuran basah dan Tabel SKh-3.7.18.6) untuk pencampuran kering. Jika rancangan campuran beton yang diajukan oleh Penyedia Jasa disetujui maka, Penyedia Jasa harus melaksanakan percobaan campuran yang akan diperiksa oleh Pengawas Pekerjaan, bila hasil percobaan campuran disetujui maka Penyedia Jasa dapat melaksanakan pekerjaan penyemprotan beton semprot berdasarkan komposisi campuran beton yang disetujui.

1) Metode Basah (*Wet Mix*)

a) Ketentuan Sifat Campuran

Seluruh beton yang digunakan dalam pekerjaan harus memenuhi kelecakan (*workability* dinyatakan dengan *slump*), kekuatan, dan keawetan (*durability*) sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi Umum Pasal 7.1.3.1). Kuat tekan campuran beton semprot pada umur 28 hari harus sebesar minimal 28 MPa sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi ini. Campuran harus memiliki nilai *slump* 80 ± 30 mm.

b) Penakaran Bahan

Penakaran bahan yang digunakan dalam campuran beton semprot harus dilakukan sebagaimana yang disyaratkan dalam Spesifikasi Umum Pasal 7.1.3.3) dan merupakan hasil rancangan campuran yang disetujui oleh Pengawas.

**Tabel SKh-3.7.18.5) Acuan Komposisi Bahan Beton Semprot Metode
Wet Mix**

Metode Pencampuran	Kuat tekan 28 hari (MPa)	Faktor Air Semen (FAS)	Batas Kadar Udara (%)	Slump (mm)
Basah (<i>wet mix</i>)	28	0.35 – 0.45	3 - 4	80 ± 30

Sumber: ACI 506R

- c) Pengadukan
- Pengadukan material beton semprot dilakukan sebagaimana dipersyaratkan dalam SNI 4433:2016.
 - Jika pengadukan dilakukan secara manual, maka pengadukan material beton semprot dilakukan sebagaimana dipersyaratkan dalam SNI 03-3976-1995.

2) Metode Kering (*Dry Mix*)

a) Ketentuan Sifat Campuran

Beton semprot harus memenuhi kriteria kekuatan dan keawetan (*durability*) sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi Umum Pasal 7.1.3.1).

Kuat tekan campuran beton semprot pada umur 28 hari harus sebesar minimal 28 MPa sebagaimana yang dipersyaratkan.

b) Penakaran Bahan

Penakaran bahan yang digunakan dalam campuran beton semprot harus dilakukan sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Spesifikasi Umum Pasal 7.1.3.3) dan merupakan hasil rancangan campuran yang disetujui oleh Pengawas.

**Tabel SKh-3.7.18.6) Acuan Komposisi Bahan Beton Semprot Metode *Dry*
Mix**

Metode Pencampuran	Kuat tekan 28 hari (MPa)	Faktor Air Semen (FAS)	Faktor Semen Agregat (s/agg)
Kering (<i>dry mix</i>)	28	0.35 – 0.45	1 : 4

Sumber: ACI 506R



- c) Pengadukan
- Pencampuran material beton semprot sebagaimana dipersyaratkan dalam SNI 4433:2016. Campuran kemudian dibasahi (*pre-dampen*) hingga memiliki kadar air sekitar 6%.
 - Jika pengadukan dilakukan secara manual, maka pengadukan material beton semprot dilakukan sebagaimana yang dipersyaratkan dalam SNI 03-3975-1995.

SKh-3.7.18.4 PERALATAN

Peralatan yang diperlukan untuk pencampuran dan penyemprotan material beton semprot disiapkan, diperiksa, dan berfungsi dalam kondisi baik. Peralatan dalam pekerjaan ini meliputi alat pencampur, kompresor, selang dan *nozzle*.

1) Alat Pencampur

Alat pencampur untuk jenis campuran kering dapat berupa *single chamber guns* atau *double chamber guns* atau *continuous-feed machine*. Untuk alat pencampur jenis campuran basah dapat berupa *pneumatic-feed* atau *positive displacement*.

2) Kompresor

Kompresor yang digunakan harus mempunyai kapasitas untuk melaksanakan pekerjaan beton semprot dan mampu mensuplai tekanan udara yang bersih, kering, bebas dari minyak dan mampu mempertahankan kecepatannya selama pekerjaan berlangsung.

3) Selang

Selang yang digunakan terdiri dari selang udara, selang air dan selang untuk menghantarkan campuran beton semprot.

4) Nozzle

Nozzle yang digunakan harus mempunyai kapasitas untuk melaksanakan penyemprotan sesuai dengan jenis pencampuran beton semprot.

5) Alat Bantu

- Pompa pendorong air
- Perancah atau *lifting bucket equipment*
- Alat penerangan

- iv) *Fiber feeder*
 - v) *Mobile crane*
- 6) Alat Keselamatan
- i) Helm
 - ii) Kacamata
 - iii) Masker
 - iv) Sepatu
 - v) Sarung tangan
 - vi) Rompi
 - vii) Sarung tangan
 - viii) Alat penutup telinga
 - ix) *Body harness*

SKh-3.7.18.5 PELAKSANAAN

- 1) Persiapan
- a) Persiapan Bahan dan Alat
 - i) Bahan-bahan untuk pekerjaan beton semprot sebagaimana tertera dalam Gambar yang telah memenuhi persyaratan disediakan di lapangan sebelum pekerjaan dilakukan.
 - ii) Jaring Kawat ditandai dengan nomor dan diberi label untuk keperluan identifikasi sebelum diangkut ke tempat kerja. Penyedia Jasa harus menyerahkan gambar dan hasil perhitungan struktur dari sistem perancah apabila dalam metode pelaksanaan menggunakan sistem perancah.
 - b) Persiapan dan Pemasangan Perancah

Perancah yang dipasang sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar pemasangan perancah. Perancah yang digunakan harus kuat dan kokoh serta dapat menahan beban selama proses pekerjaan berlangsung.
 - c) Persiapan Kondisi Lereng
 - i) Sebelum penyemprotan beton semprot dilaksanakan permukaan lereng harus dibersihkan serta harus bebas dari material lepas dan lumpur, percikan semen, atau material lain yang dapat menyebabkan ikatan beton semprot melemah. Permukaan lereng harus pada kondisi jenuh dan kering permukaan (SSD) sebelum penyemprotan beton semprot dan dipelihara sampai penyemprotan beton selesai.

- ii) Selama pembersihan permukaan, lereng harus dipastikan bebas dari retakan dan material rontok yang mudah lepas. Bersihkan permukaan lereng yang rusak dan mengalami retakan sebelum penyemprotan beton semprot.

2) Pemasangan Sistem Drainase

- a) Jaringan drainase di dalam tanah yang ditemukan pada saat penggalian dan tidak tertera dalam Gambar harus ditangani dan dialirkan dengan membuat sistem drainase tersendiri sesuai dengan persetujuan dari Pengawas Pekerjaan dan tidak boleh digabungkan dengan jaringan drainase baru dalam Gambar.
- b) *Strip drain* dipasang di tengah antara dua titik *nail bar* atau sebagaimana yang tercantum dalam Gambar. *Strip drain* harus dipasang dengan posisi geotekstil pembungkusnya menghadap pada permukaan lereng. *Strip drain* diletakan sedemikian rupa dan dijaga agar beton semprot tidak masuk ke dalam *strip drain*. *Strip drain* diusahakan menerus, bila sambungan digunakan, maka *overlap* pada bagian *strip drain* minimum 30 cm supaya aliran air tidak terganggu.
- c) Pipa PVC harus sesuai dengan Gambar untuk mengalirkan air keluar dari *strip drain*. Penyambung antara dua *strip drain* ke pipa dapat digunakan penyambung khusus dari pabrik atau sambungan langsung yang dibungkus agar tidak terjadi intrusi beton semprot. Penyambungan ini akan dilakukan dengan membuat diameter lubang lebih besar dari diameter pipa pada *strip drain* bagian plastik belakang dan tidak menembus geotekstil. Bungkus ujung pipa dengan geotekstil untuk mencegah migrasi butir halus ke pipa. Lindungi dan bungkus ujung pipa yang tersambung pada *strip drain* untuk mencegah beton semprot masuk pada bagian ini.
- d) *Weep holes* terbuat dari pipa PVC harus dipasang sesuai dengan gambar untuk mengalirkan air keluar dinding. Pada bagian ujung pipa harus ditutup sementara selama penempatan beton semprot supaya tidak tersumbat.

3) Pemasangan Jaring Kawat (*Wire Mesh*)

Jaring kawat (*wire mesh*) dipasang sedemikian rupa mengikuti permukaan dari lereng, selain itu untuk menjaga posisinya tidak bergeser maka diperlukan batang besi yang diikatkan pada jaring kawat dan dipasang menonjol tegak lurus terhadap lereng agar jaring kawat tidak bergeser dan ketebalan rencana dapat tercapai sebagaimana dipersyaratkan dalam Gambar. Batang besi harus terangkur kedalam permukaan lereng untuk menjaga jaring kawat tetap berada pada posisinya. Penyambungan antar jaring kawat harus dibuat *overlap* dengan panjang minimal 300 mm.

4) Ketebalan Beton Semprot

Ketebalan beton semprot terpasang harus sesuai dengan Gambar. Untuk mengatur ketebalan beton semprot maka dapat digunakan alat bantu seperti benang, batang pengatur ketebalan atau alat bantu lain yang dapat digunakan dengan persetujuan Pengawas Pekerjaan. Alat bantu tersebut harus dipasang menonjol tegak lurus terhadap bidang sehingga ketebalan minimum rencana dapat tercapai sesuai Gambar.

5) Penyemprotan Beton Semprot

- a) Penyemprotan dilakukan tegak lurus terhadap permukaan lereng. Jarak antara *nozzle* terhadap permukaan lereng harus berkisar antara 60 cm – 100 cm.
- b) Penyemprotan dilakukan dengan gerakan melingkar atau elips secara konstan dengan sudut tidak melebihi 45 derajat. *Nozzle* tidak diperbolehkan diam pada satu titik saat penyemprotan, karena akan menyebabkan *rebound* dan mempersulit pengendalian terhadap ketebalan. Tekanan penyemprotan minimum harus 60 psi (4 bar) apabila menggunakan proses campuran kering dan tekanan penyemprotan 100 psi (7 bar) untuk proses campuran basah.
- c) Apabila terdapat material *rebound*, *debris* atau *overspray* setelah proses penyemprotan selesai maka harus dibersihkan dengan menggunakan kompresor udara.

6) Sambungan (*Construction Joints*)

Sambungan (*construction joints*) dilakukan bila penyemprotan dilakukan secara segmentasi. Ujung dari beton semprot harus cukup kasar, bersih, dan keras dengan sudut 45 derajat. Sebelum penempatan beton semprot baru, sambungan tersebut harus dibersihkan dan dibasahi terlebih dahulu lalu dilakukan penyemprotan sebagaimana yang dipersyaratkan pada Pasal 3.7.18.4 (4).

7) Perawatan Beton (*Curing*)

Beton semprot yang telah ditempatkan harus dijaga kelembabannya minimal selama 7 hari dalam keadaan lembab. Perawatan dimulai sekitar 1 jam setelah beton semprot ditempatkan, namun bila suhu udara lebih dari 27° *Celcius* maka perawatan harus dimulai segera setelah ditempatkan. Perawatan beton dilakukan dengan tahapan seperti berikut:

- a) Saat permukaan beton semprot mulai mengering, permukaan beton dilapisi dengan menggunakan *curing compounds*. Rentang pengaplikasian *curing compound* ini adalah 1 liter untuk 2,5 m² – 3,5 m² luas permukaan beton semprot yang telah selesai ditempatkan.
- b) Setelah *curing compound* terpasang, selanjutnya permukaan beton semprot dilapisi dengan material lembaran (*sheet material*) yang bersifat mudah menyerap air.

- c) Kelembapan harus dipertahankan dengan cara penyiraman air yang dilakukan secara menerus pada permukaan beton semprot yang sudah terpasangan material lembaran yang mudah menyerap air.

8) Perbaikan Permukaan Beton Semprot

Perbaikan permukaan beton semprot yang tidak rapi tetapi memenuhi persyaratan kekuatan dapat dilakukan dengan cara:

- a) Menyikat permukaan dengan sikat besi untuk membersihkan dari material yang lepas, *rebound* ataupun *overspray* sebelum beton semprot mengeras.
- b) Bila beton semprot yang telah mengeras maka perbaikan permukaan harus ditunda paling tidak selama 24 jam, sebelum permukaan dibersihkan dengan *sand blast* atau semprotan air bertekanan untuk membersihkan semua material yang terlepas, *rebound*, *overspray* serta material lainnya yang dapat menyebabkan lemahnya ikatan dengan beton baru.

SKh-3.7.18.6 PENGENDALIAN MUTU

1) Panel Uji Pra Kontruksi

- a) Pembuatan panel uji harus sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C1140/C1140M. Panel uji pra kontruksi dibuat dengan ukuran minimum 600 mm × 600 mm dan tebal 125 mm.
- b) Masing – masing *nozzleman* harus melakukan penyemprotan pada panel uji pra kontruksi untuk masing – masing proporsi campuran yang diusulkan dan setiap posisi penyemprotan yang akan dijumpai dalam pekerjaan ini. Penyemprotan dilakukan dengan kemiringan 45° untuk mengurangi *rebound*.
- c) Jumlah panel uji pra konstruksi disesuaikan dengan jumlah proporsi campuran yang diajukan termasuk didalamnya informasi mengenai jenis dan jumlah bahan tambah (*admixture*) serta jenis dan jumlah serat (*fiber*) apabila digunakan, setiap posisi penyemprotan yang akan dijumpai dalam pekerjaan dan setiap *nozzleman* yang diajukan sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C1140/C1140M.
- d) Panel uji pra kontruksi harus dibuat sebelum dimulai pekerjaan dengan menggunakan alat, material, proporsi campuran, prosedur serta pekerja yang sama seperti yang akan dilakukan dalam pekerjaan.
- e) Setengah bagian dari panel uji harus diberi tulangan dengan ukuran dan jarak yang sesuai dengan Gambar, dan setengah bagian lainnya dibiarkan tanpa tulangan sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ACI 506R.

- f) Segera setelah penyemprotan campuran, panel uji pra konstruksi harus dijaga kelembabannya dengan cara menutup atau membungkusnya dengan lembaran material/plastik atau menggunakan *curing compound* hingga dibawa ke laboratorium pengujian atau dilakukan pengujian contoh uji. Panel uji juga tidak boleh terganggu selama 24 jam pertama setelah penyemprotan campuran.
- g) Setelah itu, dilakukan pengambilan benda uji sebanyak 6 buah benda uji, 3 buah dari bagian yang bertulang dan 3 lainnya dari bagian yang tidak bertulang dari setiap panel uji. Pengambilan benda uji dilakukan sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C1604.
- h) Untuk benda uji yang tidak bertulang, dilakukan pengujian kuat tekan sesuai ASTM C1604. Kuat tekan benda uji beton semprot yang diambil dari pengambilan panel uji dapat diterima apabila tercapai minimum 85 % dari kuat tekan syarat. Untuk benda uji yang bertulang dilakukan pengamatan *core grade* sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ACI 506.2. Hanya *nozzleman* yang bisa menghasilkan *core grade* rata – rata $\leq 2,5$ yang diizinkan melakukan penyemprotan pada saat konstruksi. Ketika panel uji prakonstruksi tidak memenuhi persyaratan, dapat dilakukan percobaan panel uji kedua. Apabila *core grade* yang dihasilkan *nozzleman* kedua lebih dari 2,5 maka, *nozzleman* tidak diijinkan untuk melakukan penyemprotan. Jika panel uji memenuhi persyaratan, pekerjaan dapat dilanjutkan. Pengukuran *core grade* dilakukan berdasarkan penilaian rata-rata dari 3 (tiga) spesimen beton inti untuk setiap panel uji sebagaimana kriteria yang tercantum pada Lampiran.
- i) Panel uji yang tidak memenuhi persyaratan harus dievaluasi oleh Pengawas Pekerjaan. Pengawas Pekerjaan dapat memerintahkan Penyedia Jasa untuk merubah prosedur pelaksanaan, komposisi campuran, mengganti *nozzleman* atau mengganti alat yang digunakan sesuai dengan hasil evaluasi.

2) Panel Uji Konstruksi

Panel uji konstruksi dibuat sebagaimana yang dipersyaratkan pada Pasal 3.7.18.6.1). Panel uji dibuat satu panel untuk setiap 40 m³ produksi beton semprot. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kuat tekan dan *core grade* sebagaimana yang tercantum pada Pasal 3.7.18.6.1).

3) Ketebalan Beton Semprot Terpasang

Ketebalan beton semprot terpasang harus sebagaimana yang tercantum dalam Gambar. Untuk memastikan ketebalan beton semprot yang telah dihamparkan sesuai dengan ketebalan beton semprot rencana maka perlu dilakukan pengawasan/pengendalian ketebalan pada saat proses penyemprotan beton semprot.

Penanda ketebalan seperti pada Pasal 3.7.18.5.4) harus sudah terpasang sebelum penyemprotan. Jika alat penanda ini masih ada bagian yang masih tipis, ketebalan beton semprot belum memenuhi yang disyaratkan harus segera dilakukan penambahan.



4) Pemeriksaan Visual

Setelah penyemprotan beton semprot selesai, Pengawas Pekerjaan harus melakukan pemeriksaan visual terhadap permukaan beton semprot. Permukaan beton semprot harus terbebas dari retak, rongga (*honey combing*), kantung pasir kosong. Penyedia Jasa harus melakukan perbaikan apabila permukaan beton semprot tidak sesuai dengan yang terdapat pada Gambar.

5) Pengambilan, Perawatan Beton (*Curing*) dan Pengujian Benda Uji dari Beton Semprot Terpasang

- a) Untuk keperluan pengendalian terhadap kuat tekan dan ketebalan terpasang, Pengawas Pekerjaan dapat mengajukan pengambilan beton inti dari struktur beton semprot yang terpasang. Pengambilan beton inti harus dilakukan sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C1604.
- b) Sebelum dilakukan pengujian, benda uji harus dirawat basah pada temperatur $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ hingga waktu pengujian. Selama waktu perawatan beton, benda uji harus terhindar dari getaran sebagaimana yang dipersyaratkan dalam SNI 2493-2011.
- c) Bila benda uji memiliki tinggi kurang dari dua kali diameternya, maka digunakan faktor koreksi berdasarkan ASTM C1604 untuk memperoleh nilai kuat tekan benda uji.
- d) Benda uji tersebut kemudian diuji kuat tekan pada umur 28 hari.
- e) Kuat tekan beton semprot pada umur 28 hari disyaratkan sebesar 85 % dari kuat tekan yang disyaratkan.
- f) Lubang bekas pengambilan contoh beton inti pada dinding harus diisi dengan menggunakan mortar sebagaimana yang dipersyaratkan dalam Pasal 3.7.18.2.7) Spesifikasi ini setelah lubang dibersihkan. Lubang tersebut tidak boleh diisi dengan beton semprot.

6) Pengujian Kuat Lentur (*Flexural Strength Test*)

Apabila beton semprot menggunakan perkuatan *fiber*, maka perlu dilakukan pengujian kuat lentur sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C1609/C1609M. Kuat lentur beton semprot yang menggunakan perkuatan fiber minimum harus 2,8 MPa pada umur 28 hari. Benda uji untuk pengujian kuat lentur ini berasal dari benda uji yang dicetak sebagaimana diatur SNI 2493-2011, bukan benda uji dari hasil pengambilan dari struktur beton semprot yang terpasang.

7) Rebound Hammer

Monitoring ketebalan dan keseragaman mutu beton dapat dilakukan menggunakan *rebound hammer*. Benda uji harus memiliki ketebalan minimum 100 mm dan diameter minimum 150 mm sebagaimana yang dipersyaratkan dalam ASTM C805. Benda uji kemudian ditekan menggunakan alat *rebound hammer*. Pengukuran dilakukan dengan sudut 0° (horizontal), ±45° (miring) atau ±90° (vertikal). Kuat tekan yang didapatkan berdasarkan pengujian ini harus mendekati ±20 % dari kuat tekan syarat.

8) Beton Semprot yang Cacat

Beton semprot yang tidak sesuai dengan persyaratan pada Gambar harus ditolak, baik pada saat pelaksanaan, dari hasil tes, atau setelah pekerjaan selesai dilakukan. Pengawas Pekerjaan dapat memerintahkan untuk memperbaiki pekerjaan beton semprot.

Cacat pada permukaan beton semprot harus segera diperbaiki segera setelah penempatan beton semprot dengan cara membersihkan semua bagian beton semprot yang mengalami segregasi, berongga (*honeycombing*), atau kantung pasir kosong.

SKh-3.7.18.7 PENGUKURAN DAN PEMBAYARAN

1) Pengukuran

Pengukuran dihitung dari luas permukaan dalam meter persegi terhadap hasil pekerjaan beton semprot sesuai ketebalan rencana dan disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Luas area bersih dihitung terhadap permukaan rata bagian luar seperti yang tercantum dalam Gambar. Pengukuran terhadap beton semprot tambahan yang dibutuhkan untuk menutup rongga yang terjadi akibat penggalian yang salah, penggalian berlebih atau tidak terencana, atau pengerjaan yang tidak sesuai dengan toleransi yang telah ditetapkan tidak dibayar. Luas permukaan beton semprot akhir adalah luas permukaan yang telah disetujui Pengawas Pekerjaan.

2) Pembayaran

Beton semprot (*shotcrete*) dibayar dalam satuan meter persegi dengan ketebalan sebagaimana yang tercantum dalam Gambar. Setiap beton inti harus diukur ketebalannya dan didokumentasikan sebagai dasar pembayaran. Ketebalan beton inti yang dimaksud adalah tebal rata-rata dari semua benda uji beton inti baik lebih maupun kurang dari tebal yang ditunjukkan dalam Gambar. Kuat tekan yang dijadikan sebagai dasar pembayaran merupakan kuat tekan yang dipersyaratkan.

Pembayaran harus merupakan kompensasi penuh untuk seluruh penyediaan dan pemasangan seluruh bahan termasuk “*water stop*”, acuan, perancah untuk

pencampuran, penyemprotan beton semprot, serta perawatan beton semprot dan untuk semua biaya lainnya yang perlu dan lazim untuk penyelesaian pekerjaan yang sebagaimana mestinya yang diuraikan dalam Spesifikasi ini.

Nomor Mata Pembayaran	Uraian	Satuan Pengukuran
SKh-3.7.18 (a)	Beton semprot dengan perkuatan <i>Wiremesh</i> , tebal =..... cm	Meter Persegi
SKh-3.7.18 (b)	Beton semprot dengan perkuatan serat baja (<i>steel fiber</i>), tebal =..... cm	Meter Persegi
SKh-3.7.18 (c)	Beton semprot dengan perkuatan <i>glass fiber</i> , tebal =... ..cm	Meter Persegi
SKh-3.7.18 (d)	Beton semprot dengan perkuatan serat sintetik (<i>synthetic fiber</i>), tebal =..... cm	Meter Persegi
SKh-3.7.18 (e)	Beton semprot tanpa perkuatan, tebal =..... cm	Meter Persegi

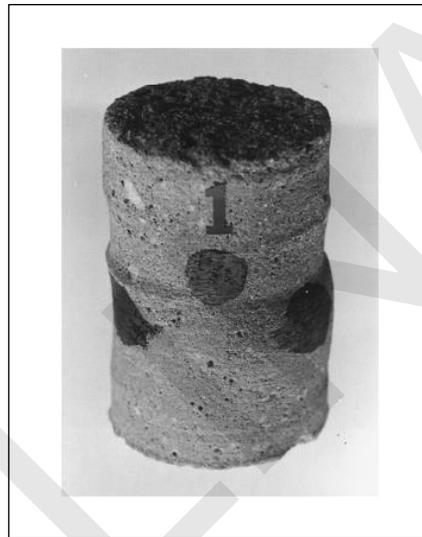
LAMPIRAN
SPEKIFIKASI KHUSUS INTERIM
SKh-3.7.18

BETON SEMPROT (*SHOTCRETE*)

Penilaian *Core Grade* Beton Inti Berdasarkan ACI 506.2-95

Grade 1

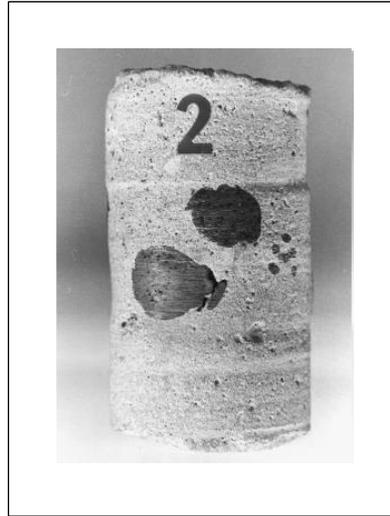
Spesimen *shotcrete* dalam kondisi utuh, tidak terdapat tambalan (laminasi), kantung pasir atau rongga. Rongga udara kecil dengan maksimum diameter 3 mm dan panjang maksimum 6 mm merupakan hal wajar dan dapat diterima. Kantung pasir, atau rongga pada area tulangan tidak dapat diterima.



Gambar SKh-3.7.18.1) Kondisi Visual *Core Grade 1* Material Beton Semprot (ACI 506.2-95)

Grade 2

Spesimen *shotcrete* memiliki tambalan (laminasi) atau kantung pasir tidak melebihi 2 dengan dimensi tidak melebihi 3 mm dari ketebalan sepanjang 2,5 cm specimen. Tinggi, lebar dan kedalaman rongga tidak melebihi 9 mm.



Gambar SKh-3.7.18.2) Kondisi Visual *Core Grade 2* Material Beton Semprot (ACI 506.2-95)

Grade 3

Spesimen *shotcrete* memiliki tambalan atau kantung pasir tidak melebihi 2 dengan dimensi tidak melebihi 4,5 mm dari ketebalan sepanjang 3 cm specimen atau satu rongga besar, kantung pasir atau tambalan dengan ukuran maksimum tebal 1,5 cm dan lebar 3 cm.



Gambar SKh-3.7.18.3) Kondisi Visual *Core Grade 3* Material Beton Semprot (ACI 506.2-95)

Grade 4

Spesimen dari beton inti kondisinya sama seperti pada *Grade 3* hanya terdapat dua rongga besar seperti yang terdapat pada kriteria *Grade 3*.



Gambar SKh-3.7.18.4) Kondisi Visual *Core Grade 4* Material Beton Semprot (ACI 506.2-95)

Grade 5

Spesimen dari beton inti kondisinya tidak memenuhi persyaratan *Core Grade 1* hingga *Core Grade 4*, memiliki banyak rongga besar disepanjang spesimen beton inti.



Gambar SKh-3.7.18.5) Kondisi Visual *Core Grade 5* Material Beton Semprot (ACI 506.2-95)