



REPUBLIK INDONESIA

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT

DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

SPESIFIKASI KHUSUS



**PENANGANAN KEBOCORAN DAN PERBAIKAN UNTUK PROTEKSI
BETON STRUKTUR PADA LINGKUNGAN BASAH**

Skh-1.8.15

2020

SPESIFIKASI KHUSUS

SEKSI SKh-1.8.15

PENANGANAN KEBOCORAN DAN PERBAIKAN UNTUK PROTEKSI BETON STRUKTUR PADA LINGKUNGAN BASAH

SKh-1.8.15.1 UMUM

1) Uraian

- a) Pekerjaan penanganan kebocoran pada beton struktur dimaksudkan untuk menghentikan kebocoran pada beton eksisting yang tidak memikul beban hidup secara langsung, seperti struktur beton secara umum, dinding terowongan dan *underpass*.
- b) Kebocoran yang dimaksudkan dalam spesifikasi ini mencakup kebocoran akibat retak/celah yang tidak bergerak dengan kondisi lembap, rembesan, dan kucuran air dengan tekanan hidrostatik hingga 12 bar.
- c) Pekerjaan penanganan kebocoran dalam spesifikasi ini tidak dapat digunakan untuk kebocoran akibat retak/celah yang bergerak.
- d) Pekerjaan penanganan kebocoran dalam spesifikasi ini dibagi menjadi penanganan kebocoran akibat retak/celah tidak bergerak dengan lebar hingga 0,4 mm dan penanganan kebocoran akibat retak/celah tidak bergerak dengan lebar di atas 0,4 mm.
- e) Perbaikan untuk proteksi beton struktur pada lingkungan basah dimaksudkan untuk mengembalikan kondisi beton struktur yang retak, keropos, dan kerusakan sejenis lainnya pada lingkungan basah, termasuk lingkungan agresif yang mengandung sulfat, klorida, dan bahan kimia tertentu dengan pH (3 – 11) dan dapat dengan tekanan hidrostatik hingga 12 bar sehingga beton menjadi satu kesatuan kembali dan berfungsi sebagaimana mestinya.

2) Pekerjaan Seksi Lain yang Berkaitan dengan Seksi Ini

- a) Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas : Seksi 1.8
- b) Kajian Teknis Lapangan : Seksi 1.9
- c) Bahan dan Penyimpanan : Seksi 1.11
- d) Pengamanan Lingkungan Hidup : Seksi 1.17
- e) Keselamatan dan Kesehatan Kerja : Seksi 1.19
- f) Manajemen Mutu : Seksi 1.21
- g) Beton dan Beton Kinerja Tinggi : Seksi 7.1
- h) Adukan Mortar Semen : Seksi 7.8
- i) Perbaikan Retak dengan Bahan Epoksi : Seksi 8.1
- j) Perbaikan Dimensi Struktur Beton : Seksi 8.2
- k) Pengecatan Struktur Beton : Seksi 8.3

3) Standar Rujukan

SNI:

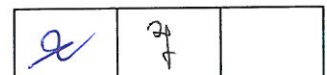
- SNI 03-6868-2002 : Tata Cara Pengambilan Contoh Uji Secara Acak untuk Bahan Konstruksi
- SNI ASTM C597:2012 : Metode Uji Kecepatan Rambat Gelombang Melalui Beton (ASTM C 597 – 02, IDT)
- SNI ASTM C805:2012 : Metode Uji Angka Pantul Beton Keras
- SNI 7974:2013 : Spesifikasi Air Pencampur yang Digunakan dalam Produksi Beton Semen Hidraulis (ASTM C1602-06, IDT)
- SNI 2049:2015 : Semen Portland
- SNI 6880:2016 : Spesifikasi Beton Struktural
- SNI 6433:2016 : Metode Uji Densitas, Penyerapan, dan Rongga dalam Beton Keras (ASTM C642-13, MOD)

ACI:

- ACI 224R-01 : *Control of Cracking in Concrete Structure*

BS:

- BS 6319 Part 2:1983 : *Compressive Strength Test of Mortar Cubes*



BS EN 12190 : *Product and Systems for Protection and Repair of Concrete Structures, Test Methods, Determination of Compressive Strength of Repair Mortar*

DIN:

DIN1045 : *Concrete, Reinforced Concrete, and Prestressed Concrete Structures*

DIN1048 : *Water Permeability of Concrete*

ASTM:

ASTM D4788 – 03 : *Standard Test Method for Detecting Delaminations in Bridge Decks Using Infrared Thermography*

ASTM C1723 – 16 : *Standard Guide for Examination of Hardened Concrete Using Scanning Electron Microscopy*

ASTM C266 : *Test Method for Time of Setting of Hydraulic-Cement Paste by Gillmore Needles*

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

ASTM C672 : *Standard Test Method for Scaling Resistance of Concrete Surfaces Exposed to Deicing Chemicals*

ASTM D1623-17 : *Standard Test Method for Tensile and Tensile Adhesion Properties of Rigid Cellular Plastics*

ASTM D412 : *Standard Test Method for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers*

ASTM C881/C881M-02: *Standard Specification for Epoxy-Resin-Based Bonding Systems for Concrete*

ASTM C1107 : *Standard Specification for Packaged Dry, Hydraulic-Cement Grout (Non-shrink)*

SIA:

SIA 262/1 : *Concrete Construction*

CRD

CRD-C 48 : *Standard Test Method for Water Permeability of Concrete*

CRD-C 621 : *The Corps of Engineer Specification for Nonshrink Grouts*

NSF

NSF 61 : *Drinking Water System Component-Health Effects*

AS/NZS

AS/NZS 4020 : *Product for Use in Contact with Drinking Water*

4) Pengajuan Kesiapan Kerja

- a) Seluruh bahan penanganan kebocoran dan perbaikan untuk proteksi beton struktur harus diusulkan, dipilih dan disetujui sesuai dengan Seksi 1.11 Bahan dan Penyimpanan pada Spesifikasi Umum.
- b) Sebelum pelaksanaan pekerjaan, Penyedia Jasa harus memberikan pemberitahuan secara tertulis yang disertai dengan metode penanganan kebocoran atau perbaikan untuk proteksi beton struktur beserta dengan jadwal pelaksanaan kepada Pengawas Pekerjaan.
- c) Penyedia Jasa harus menyerahkan dan menyajikan data alat yang akan digunakan dalam bentuk daftar tilik (*checklist*) kepada Pengawas Pekerjaan, termasuk perkiraan mutu beton eksisting pada bagian yang akan diperbaiki dengan menggunakan Pengujian Hammer Test sesuai SNI ASTM C805:2012 Metode Uji Angka Pantul Beton Keras.
- d) Penyedia Jasa harus menyerahkan daftar personil berikut dengan sertifikat keterampilan khusus pelaksanaan pekerjaan yang masih berlaku terkait dengan penanganan kebocoran dan perbaikan untuk proteksi struktur beton.

5) Kondisi Cuaca yang Diizinkan untuk Bekerja

Pekerjaan tidak dapat dilaksanakan apabila terjadi hujan dan beton yang akan ditangani tidak terlindungi dari hujan atau air yang mengalir.

6) Kondisi Tempat Kerja

- a) Sebelum melaksanakan pekerjaan, Penyedia Jasa harus membersihkan area beton yang akan ditangani sesuai dengan ketentuan dalam Pasal SKh-1.8.15.3.2) agar memastikan area beton yang mengalami kebocoran ataupun kerusakan siap untuk diperbaiki.
- b) Penyedia Jasa harus menjaga dan bertanggung jawab terhadap kondisi tempat kerja agar selalu dalam keadaan siap dalam setiap tahapan pelaksanaan dan aman terhadap gangguan lingkungan.
- c) Penyedia Jasa harus menjaga keamanan tempat penyimpanan bahan dan alat yang digunakan serta memberi tanda khusus pada semua bahan yang telah diterima di lapangan untuk memastikan mutu bahan yang akan digunakan.
- d) Temperatur udara yang diperbolehkan merujuk pada Pasal 7.1.1.9) Spesifikasi Umum.

7) Penyimpanan dan Perlindungan Bahan

- a) Seluruh bahan penanganan kebocoran dan perbaikan untuk proteksi beton struktur harus disimpan sesuai dengan Seksi 1.11 Bahan dan Penyimpanan pada Spesifikasi Umum.
- b) Bahan harus disimpan dalam suatu ruangan yang kering dan terlindung dari sinar matahari langsung dengan temperatur ruang lebih dari 7° C.

- c) Tempat penyimpanan bahan dimaksudkan untuk menjaga bahan dari kondisi lingkungan (temperatur, kelembaban, dan ventilasi) dalam batas yang direkomendasikan oleh pabrik untuk hasil yang optimal. Pemasangan produk tidak boleh dilakukan dalam kondisi lingkungan yang tidak disarankan oleh Pabrikan.
- d) Jika kondisi kemasan terpaksa terbuka akibat sisa pemakaian produk harian atau kondisi lain, maka segera tutup kembali kemasan dan simpan dalam kondisi yang sesuai, serta pastikan kondisi bahan masih baik dan tidak berubah bentuk (seperti menjadi keras atau membatu) sebelum digunakan kembali. Selain itu, pastikan kepada Pabrikan bahwa bahan masih dapat digunakan kembali.

8) Perbaikan Terhadap Pekerjaan yang Tidak Memenuhi Ketentuan

- a) Jika masih terdapat kebocoran setelah periode perbaikan tercapai (selama 28 hari), maka harus dilakukan perbaikan ulang.
- b) Jika terdapat mortar dan/atau poliuretan yang lepas, tidak menempel dengan benar atau bocor, maka pekerjaan harus dibongkar dan diperbaiki sesuai dengan spesifikasi.
- c) Biaya pembongkaran dan perbaikan ulang sebagaimana disebutkan pada Pasal SKh-1.8.15.48).a) dan b) di atas menjadi tanggung jawab Penyedia Jasa.
- d) Bilamana terjadi perbedaan pendapat dalam mutu pekerjaan penanganan kebocoran dan perbaikan untuk proteksi beton, atau adanya keraguan terhadap hasil yang dilaksanakan, Pengawas Pekerjaan dapat meminta Penyedia Jasa untuk melakukan pengujian tambahan yang diperlukan. Pengujian tambahan merujuk pada Pasal SKh-1.8.15.42) Spesifikasi ini.

9) Pemeliharaan Pekerjaan yang Telah Diterima

Penyedia Jasa harus bertanggung jawab dari semua penanganan kebocoran beton dan perbaikan untuk proteksi beton pada lingkungan basah yang telah selesai dan diterima selama masa kontrak.

SKh-1.8.15.2 BAHAN

1) Air

- a) Air yang digunakan harus memenuhi Pasal 7.1.2.2) Spesifikasi Umum.
- b) Temperatur air untuk campuran material adalah (15 – 30)° C.
- c) Air es dapat digunakan apabila diperlukan.

2) Bahan Penanganan Kebocoran Akibat Retak/Celah Tidak Bergerak dengan Lebar Hingga 0,4 mm (Coating Crystalline)

Bahan yang digunakan untuk penanganan kebocoran akibat retak/celah yang tidak bergerak dengan lebar hingga 0,4 mm adalah bahan *waterproof coating crystalline* dengan penjabaran sebagai berikut.

- a) Bahan *waterproof coating crystalline* adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran semen Portland, pasir silika, dan unsur kimia aktif lainnya yang jika bercampur dengan air, akan menimbulkan reaksi katalitik yang dapat membentuk formasi kristal yang tidak larut dalam air sehingga beton menjadi kedap air dari segala arah dan terlindung dari sulfat, klorida, dan berbagai bahan kimia dengan pH (3 – 11) dan dengan tekanan hidrostatik hingga 12 bar. Selanjutnya, kristal akan terus terbentuk kembali saat bertemu dengan air (kondisi lembap) sehingga beton dapat memperbaiki retak dengan sendirinya.

- b) Bahan harus mampu membentuk formasi kristal yang tidak larut ketika dicampurkan dengan air yang dapat dibuktikan melalui pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) sesuai dengan ASTM C1723 – 16.
- c) Bahan harus mampu melindungi beton dari lingkungan basah, termasuk lingkungan agresif seperti sulfat, klorida, dan berbagai bahan kimia dengan pH (3 – 11) dan tekanan hidrostatik hingga 12 bar.
- d) Bahan mampu bekerja dengan baik tanpa terpengaruh level ultraviolet dan oksidasi.
- e) Bahan dapat digunakan pada beton eksisting dengan mutu minimum f_c' 20 MPa.
- f) Bahan harus mampu menangani kebocoran akibat retak/celah yang tidak bergerak dengan lebar hingga 0,4 mm dan terus bekerja sebagai bahan *self healing* beton ketika bertemu dengan air (kondisi lembap) dan bahan *cementitious* (mineral yang berasal dari beton eksisting). Jika lebar retak/celah melebihi 0,4 mm, maka perlu dilakukan perbaikan beton terlebih dahulu, seperti penggunaan mortar atau poliuretan untuk *non loading treatment*, dan kemudian dilapisi dengan bahan *waterproof coating crystalline* pada permukaannya.
- g) Bahan tidak boleh melampaui masa kadaluarsa pada saat digunakan.
- h) Metode pelaksanaan, serta rekomendasi umum mengenai penggunaan bahan harus mengikuti lembar data bahan yang dikeluarkan oleh Pabrik atau atas persetujuan Pengawas Pekerjaan;
- i) Persyaratan bahan jadi/bahan pabrikan harus memenuhi:
- pengujian permeabilitas sesuai dengan DIN 1048 atau CRD C48 atau setara.
 - pengujian ketahanan kimia sesuai dengan ASTM C672 atau setara.

- persetujuan kontak dengan air minum (apabila digunakan pada beton yang harus kontak dengan air minum) sesuai NSF61 atau AS/NZS 4020 atau setara.

3) **Bahan Penanganan Kebocoran Akibat Retak/Celah Tidak Bergerak dengan Lebar Melebihi 0,4 mm**

Segala kebocoran beton yang diakibatkan oleh retak/celah yang tidak bergerak dengan lebar melebihi 0,4 mm seperti keropos dan *honeycombs* harus diperbaiki terlebih dahulu.

Pemilihan perbaikan beton harus melalui kajian teknis lapangan terlebih dahulu agar sesuai dengan kebutuhan aktual lapangan. Kajian Teknis Lapangan dapat merujuk pada Seksi 1.9 Kajian Teknis Lapangan (*Field Engineering*) pada Spesifikasi Umum.

Berdasarkan spesifikasi ini, perbaikan beton yang dapat dilakukan yaitu dengan aplikasi poliuretan atau mortar. Setelah perbaikan beton selesai, dilakukan *coating* dengan bahan *waterproof coating crystalline* seperti yang sudah dijelaskan pada SKh-1.8.15.2.2).



Penggunaan bahan poliuretan dan mortar dijabarkan sebagai berikut.

a) **Poliuretan (*Polyurethane*)**

- (1) Bahan poliuretan harus dapat mengembang (membentuk busa dengan kepadatan tinggi) serta memiliki elastisitas yang tinggi.
- (2) Bahan poliuretan harus memenuhi ASTM C881 Tipe 1, Grade 1, Kelas B dan C.

(3) **Bahan hanya untuk menutup kebocoran akibat retak/celah tidak bergerak dan bukan struktural (*non loading treatment*)**

- (4) Persyaratan bahan poliuretan yang dapat digunakan adalah sebagai berikut.

		
---	---	--

- *Tensile strength* : $\geq 0,5 \text{ N/mm}^2$ (KS M 3734 atau ASTM D-1623 atau ASTM D412 atau setara)
- *Elongation percentage* : $\geq 80\%$ (KS M 6518 atau ASTM D-1623 atau ASTM D412 atau setara)

b) Mortar

(1) Bahan mortar yang dapat digunakan pada penanganan kebocoran adalah mortar *fast setting*, mortar *crystalline*, dan mortar *non-shrink grout* dengan persyaratan sebagai berikut.

(a) Mortar *fast setting*

- Bahan mortar *fast setting* harus memiliki kecepatan *setting* tinggi dan dapat segera menutup lubang kebocoran beton.
- Bahan mortar *fast setting* dapat dikombinasikan dengan bahan mortar lain sesuai dengan kebutuhan dan tingkat kebocoran.
- Ketika diuji sesuai dengan ASTM C109 atau BS 6319 Pt 2:1983 atau setara, bahan harus memiliki kekuatan tekan sebagai berikut.

Kekuatan tekan 1 hari : $\geq 12 \text{ MPa}$

Kekuatan tekan 7 hari : $\geq 20 \text{ MPa}$

Kekuatan tekan 28 hari minimal sama dengan mutu beton eksisting.

- Ketika diuji sesuai dengan SNI 2049:2015 atau ASTM C266 atau setara, bahan memiliki waktu ikat sebesar berikut.

Initial setting time : ± 3 menit

Final setting time : ± 9 menit

(b) Mortar *crystalline*

- Bahan mortar *crystalline* harus memiliki kekuatan tekan minimal sama atau lebih tinggi dibandingkan dengan mutu beton eksisting.
- Ketika diuji sesuai dengan ASTM C109 atau setara, bahan mortar *crystalline* harus memiliki kekuatan tekan sebesar.
Kekuatan tekan 1 hari : ≥ 15 MPa
Kekuatan tekan 7 hari : ≥ 20 MPa
Kekuatan tekan 28 hari minimal sama dengan mutu beton eksisting.
- Bahan harus mampu membentuk formasi kristal yang tidak larut ketika dicampurkan dengan air yang dapat dibuktikan melalui pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) sesuai dengan ASTM C1723 – 16.

(c) Mortar *non-shrink grout*

- Bahan mortar *non-shrink grout* harus memiliki sifat tidak menyusut dan mempunyai kekuatan tekan minimal sama atau lebih tinggi dibandingkan dengan mutu beton eksisting.
- Bahan mortar *non-shrink grout* harus memenuhi ASTM C-1107 atau CRD C-621 atau setara.
- Ketika diuji sesuai dengan ASTM C109 atau BS EN 12190 atau ASI478.2 Appendix A atau setara, bahan mortar *non shrink grout* harus memiliki kekuatan tekan sebesar.
Kekuatan tekan 1 hari : ≥ 8 MPa
Kekuatan tekan 7 hari : ≥ 20 MPa
Kekuatan tekan 28 hari minimal sama dengan mutu beton eksisting.

4) **Bahan Perbaikan untuk Proteksi Beton Struktur pada Lingkungan Basah**

- a) Bahan mortar yang dapat digunakan yaitu mortar *crystalline* atau beton *non-shrink grout (shrinkage compensated)* yang kemudian dikombinasikan dengan lapisan *waterproof coating crystalline* agar beton terlindung dari kondisi lingkungan basah, termasuk lingkungan agresif seperti sulfat, klorida, dan berbagai bahan kimia dengan pH (3 – 11) dan dengan tekanan hidrostatik hingga 12 bar.
- b) Bahan mortar *crystalline* dan mortar *non shrink grout (shrinkage compensated)* mengacu pada Pasal SKh-1.8.15.23).b).

SKh-1.8.15.3 PELAKSANAAN

1) **Pemeriksaan Kesiapan Kerja**

- a) Sebelum memulai instalasi, lakukan inspeksi bersama Penyedia Jasa dan Pengguna Jasa (pendataan dan pemberian *marking*) pada area beton yang akan ditangani.
- b) Laporkan hasil inspeksi bersama dalam bentuk dokumen yang dibuat oleh Penyedia Jasa dan telah disetujui oleh Pengguna Jasa.
- c) Siapkan semua bahan, alat, dan media beton yang akan ditangani dengan baik dan benar sebelum memulai instalasi.
- d) Siapkan permukaan (media beton yang akan ditangani) sesuai dengan petunjuk Pabrikan.
- e) Tempat kerja harus bebas dari gangguan lalu lintas dengan memasang *marking*, pemisah jalur, atau rambu-rambu yang diperlukan.
- f) Pemberian tanda di lapangan sesuai dengan rancangan yang sudah mendapat persetujuan Pengawas Pekerjaan.

- g) Penyedia Jasa harus menyiapkan titik daya listrik dan air kerja.
- h) Pastikan temperatur air untuk campuran material adalah (15 – 30)° C.

2) Pembersihan

Bersihkan dan/atau kupas permukaan beton dari *laitance*, oli, partikel tanah, cat, pelapis atau benda asing lainnya yang menutup permukaan beton dan dapat merusak kinerja produk. Pembersihan dapat dilakukan dengan menggunakan alat penyemprot air atau udara bertekanan tinggi atau sesuai dengan petunjuk Pabrikan. Setelah pembersihan, basahi permukaan beton hingga jenuh.

3) Pengupasan Cat dan Pembongkaran Ornamen (Screed)

- a) Pengupasan cat dapat dilakukan dengan menggunakan gerinda tangan.
- b) Bongkar dan lepas terlebih dahulu ornamen atau *screed* yang ada pada beton yang akan ditangani. Salah satu cara untuk membongkar *screed* adalah dengan menggunakan *demolition hammer*, gerinda tangan, atau alat lain yang direkomendasikan oleh Pabrikan.
- c) Singkirkan air pada permukaan jika kondisi area penanganan tergenang air (dapat dengan pompa atau dengan pel untuk area horizontal atau sesuai petunjuk Pabrikan).

4) Penanganan Kebocoran Akibat Retak/Celah Tidak Bergerak dengan Lebar Hingga 0,4 mm (Coating Crystalline)

Apabila kebocoran beton diakibatkan oleh retak/celah tidak bergerak dengan lebar hingga maksimum 0,4 mm, maka penanganan kebocoran dapat ditanggulangi dengan *coating crystalline* dengan prosedur sebagai berikut.

- a) Ikuti prosedur pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan lembar data bahan yang dikeluarkan oleh pabrikan.
- b) Setelah dilakukan pembersihan sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.3.2), lakukan pengujian thermograph untuk mengetahui posisi spesifik retak yang menyebabkan terjadinya kebocoran sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.42).b).
- c) Aduk bubuk *waterproof coating crystalline* dan air dengan cakupan sebagai berikut.
- cakupan bubuk *waterproof coating crystalline* sebesar $0,65 \text{ kg/m}^2 - 2 \text{ kg/m}^2$ yang dapat dibagi menjadi 2 lapisan atau hanya dalam 1 lapisan saja sesuai dengan kebutuhan dan petunjuk dari Pabrikan,
 - perbandingan volume bahan dengan air sebesar $(4,5 - 6) : 2$ untuk aplikasi kuas dan $(4,5 - 6) : 3$ untuk aplikasi *spray* atau sesuai petunjuk dari Pabrikan.
- d) Aplikasikan *coating crystalline* secara seragam dengan sikat bulu semi kaku (kuas) atau semprotan (*spray*) dalam kondisi dan tingkat aplikasi yang direkomendasikan pada lembar data bahan yang dikeluarkan oleh Pabrikan. Aplikasi *coating crystalline* dapat dilakukan dari sisi positif (sisi langsung terkena air) ataupun sisi negatif (sisi tidak langsung terkena air).
- e) Apabila diperlukan lapisan kedua, maka oleskan lapisan kedua dalam waktu kurang dari 48 jam saat lapisan pertama masih basah tetapi setelah mencapai *setting* awal. Jika telah lebih dari 48 jam atau lapisan pertama telah kering, maka penyiraman ringan perlu dilakukan hingga permukaan kembali lembap sebelum lapisan kedua diaplikasikan.

5) Penanganan Kebocoran Akibat Retak/Celah Tidak Bergerak dengan Lebar Melebihi 0,4 mm

a) **Aplikasi Poliuretan (*Polyurethane*)**

Apabila kebocoran yang terjadi diakibatkan oleh retak/celah tidak bergerak dengan lebar lebih dari 0,4 mm hingga 10 mm, tidak berupa keropos, hanya rembesan dan tidak berupa kucuran air (hanya rembesan dengan tetesan setiap 15 menit), maka perbaikan beton dapat dilakukan dengan menggunakan poliuretan. Poliuretan hanya untuk penanganan **bukan struktural (*non loading treatment*)** dan tidak disarankan untuk penggunaan pada beton yang sudah keropos. Aplikasi poliuretan dijabarkan sebagai berikut.

- (1) Ikuti prosedur pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan lembar data bahan yang dikeluarkan oleh pabrikan.
- (2) Setelah dilakukan pembersihan sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.3.2), lakukan pengujian thermograph untuk mengetahui posisi spesifik retak yang menyebabkan terjadinya kebocoran sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.42).b).
- (3) Pasang pipa *packer* dengan cara dibor dengan jarak (5 – 10) cm di samping retakan pada jarak (20 – 25) cm antar titik pipa dengan sudut kemiringan pemasangan pipa minimal 45° (sesuai arah retakan) sedalam (10 – 25) cm atau sesuai dengan Petunjuk Pabrikan.
- (4) Setelah pipa *packer* terpasang, kencangkan dengan menggunakan kunci pas. Setelah kencang, sambungkan ujung pipa *packer* dengan slang *injector*, dan masukan material poliuretan ke dalam tabung mesin *injector* dengan takaran tertentu bergantung pada kondisi retak beton, lebar retak, kedalaman retak, dan tebal beton atau sesuai Petunjuk Pabrikan.

- (5) Aktifkan mesin *injector* dengan tekanan maksimal 40 bar sesuai dengan ketebalan beton dan tingkat kerusakan beton, atau sesuai dengan Petunjuk Pabrikan.
- (6) Hentikan proses injeksi ketika busa hasil reaksi antara poliuretan dengan air keluar dari celah retakan.
- (7) Tunggu beberapa menit dan biarkan material poliuretan bereaksi dengan air membentuk busa yang fleksibel yang akan mengisi celah retak serta menghentikan kebocoran.
- (8) Ulang kembali metode tersebut di atas untuk dikerjakan pada setiap titik *packer* yang telah disiapkan.
- (9) Lakukan kembali injeksi hingga sedikit material poliuretan keluar dari celah retak untuk memastikan bahwa celah retak telah terisi sempurna dengan material poliuretan.
- (10) Setelah injeksi selesai, tunggu hingga 12 jam. Jika masih terdapat rembesan/kebocoran, maka injeksi ulang dapat dilakukan pada titik pipa *packer* yang masih terjadi rembesan.
- (11) Jika tidak ada rembesan, maka lepas pipa *packer* bagian atas dan tutup bekas titik *packer* dengan material non susut, seperti semen *non-shrink grout* (graut) dengan takaran sekitar (0,3 – 0,5) gram/titik atau sesuai dengan petunjuk Pabrikan.
- (12) Setelah aplikasi poliuretan selesai, lapisi permukaan beton yang telah diperbaiki dengan *waterproof coating crystalline* setelah (3 – 6) jam sesuai dengan kebutuhan dan petunjuk dari Pabrikan. *Coating crystalline* ini dapat dilakukan sesuai dengan SKh-1.8.15.2.2) dan Pasal SKh-1.8.15.3.4).

b) Aplikasi Mortar

Apabila kebocoran yang terjadi diakibatkan oleh retak/celah yang tidak bergerak dengan lebar lebih dari 0,4 mm, baik tanpa maupun dengan kucuran air atau kerusakan lain seperti keropos, sambungan konstruksi yang salah, *honeycombs*, *form tie holes*, dll; maka perbaikan beton yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan mortar yang kemudian dilapisi dengan *coating crystalline*.

Pada kasus perbaikan beton untuk penanganan kebocoran, dapat digunakan salah satu opsi sebagai berikut.

- mortar dengan kecepatan *setting* mortar tinggi (*fast setting*) dan mortar berteknologi *crystalline* dengan tebal mortar masing-masing setengah dari total ketebalan lubang beton yang diperbaiki, atau
- beton *non-shrink grout* (*shrinkage compensated*), atau
- sesuai dengan Petunjuk Pabrikan.

Pemilihan jenis mortar, jumlah lapisan mortar, dan ketebalan serta lebar mortar yang akan digunakan disesuaikan dengan kebutuhan atau tingkat keparahan kebocoran, mutu beton eksisting, dan tingkat proteksi yang dibutuhkan oleh beton yang akan ditangani atau sesuai petunjuk Pabrikan.

(1) Persiapan

- (a) Ikuti prosedur pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan lembar data bahan yang dikeluarkan oleh pabrikan.
- (b) Setelah dilakukan pembersihan sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.3.2), lakukan pengujian *thermograph* untuk mengetahui posisi spesifik retak yang menyebabkan terjadinya kebocoran sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.42).b)

- (c) Lakukan pembobokan (*chipping*) pada area kebocoran dengan lebar minimum mortar 25 mm dan ketebalan bahan mortar minimum 25 mm atau sampai mencapai elemen beton yang baik atau tidak lebih dari $\frac{1}{3}$ tebal elemen beton eksisting atau sesuai Petunjuk Pengawas Pekerjaan.
- (d) Pembobokan menggunakan *demolition hammer* atau alat lain yang direkomendasikan oleh Pabrikan. Setelah pembobokan, lakukan pembersihan hasil pembobokan sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.3.2).
- (e) Jika kondisi tergenang air, buang kelebihan air sebelum aplikasi agar tidak ada air yang tergenang di permukaan.

(2) Pelaksanaan

(a) Aplikasi Mortar Fast Setting dan Mortar Crystalline

i) Campurkan dan aduk bahan mortar dengan takaran :

- Perbandingan volume bubuk mortar *fast setting* dengan air adalah sebesar (3 - 3,5) : 1 (setiap 20 kg bubuk dapat digunakan untuk sekitar 0,015 m³ mortar atau setiap 1 liter (1 dm³) mortar *fast setting* dibutuhkan sekitar (1,3 – 1,7) kg bubuk mortar *fast setting*) atau sesuai dengan petunjuk Pabrikan.
- Takaran bubuk mortar *crystalline* yaitu 20 kg bubuk mortar banding (2,7 - 2,8) liter air (setiap 20 kg bubuk dapat digunakan untuk sekitar 12,5 mm x 0,84 m² mortar *crystalline* atau setiap 1 liter (1 dm³) mortar *crystalline* dibutuhkan sekitar 1,905 kg bubuk mortar *crystalline*) atau sesuai dengan petunjuk Pabrikan.

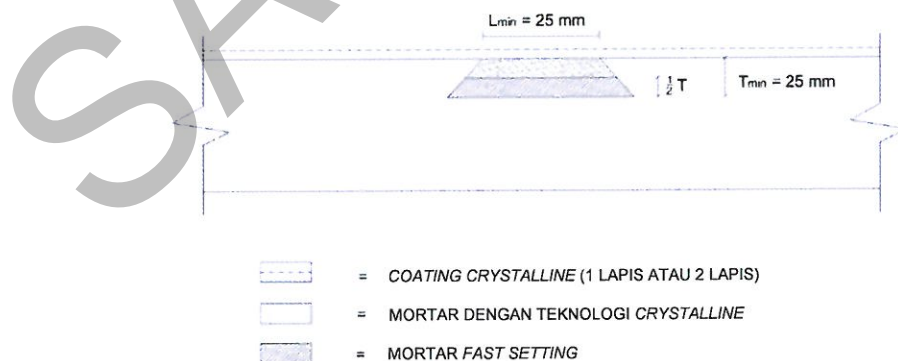
ii) Temperatur maksimum pencampuran adukan mortar sebesar 30⁰ C.

		
---	---	--

SKH-1.8.15 - 18

- iii) Lakukan penambalan dengan mortar *fast setting* dengan tebal setengah dari total ketebalan lubang beton yang akan diperbaiki. Detail pelaksanaan penambalan (*patching*) dapat merujuk pada Pasal 8.2.3.1) Spesifikasi Umum.
- iv) Jika beton telah mengering sebelum aplikasi, basahi kembali beton yang akan ditangani hingga jenuh untuk memastikan perpindahan bahan kimia *crystalline* ke dalam beton.
- v) Lakukan penambalan dengan mortar *crystalline* di atas lapisan mortar *fast setting*.
- vi) Setelah aplikasi mortar selesai, lapi permukaan beton yang telah diperbaiki dengan *waterproof coating crystalline* secara langsung sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.2.2) dan Pasal SKh-1.8.15.3.4).

Salah satu contoh aplikasi mortar dan *waterproof coating crystalline* pada kebocoran beton akibat retak dengan lebar lebih dari 0,4 mm ditunjukkan dalam Gambar SKh-1.8.15-1.



Gambar SKh-1.8.15-1 Salah satu contoh skema penanganan kebocoran beton pada lebar retak lebih dari 0,4 mm dengan teknologi *crystalline*

(b) Aplikasi Mortar *Non-Shrink Grout*

- i) Campurkan dan aduk bahan mortar dengan takaran :

2	3	1
---	---	---

25 kg bubuk mortar banding (2,25 – 4,5) liter air atau setiap 1 m³ mortar dibutuhkan sekitar 1920 kg bubuk *non shrink grout* dengan masa jenis sekitar (2170 – 2260) kg/m³ atau sesuai dengan petunjuk Pabrikan.

- ii) Temperatur maksimum pencampuran adukan mortar sebesar 30⁰ C.
- iii) Pasang pipa tabung injeksi ± 5 cm ke dalam lubang untuk injeksi mortar.
- iv) Detail pelaksanaan *grouting* dapat merujuk pada Pasal 8.2.3.2) Spesifikasi Umum.
- v) Setelah aplikasi mortar selesai, lapisi permukaan beton yang telah diperbaiki dengan *waterproof coating crystalline* setelah 2 x 24 jam sesuai dengan Pasal SKh-1.8.15.2.2) dan Pasal SKh-1.8.15.3.4)..

6) Perbaikan untuk Proteksi Beton Struktur pada Lingkungan Basah

- (1) Pelaksanaan perbaikan untuk proteksi beton struktur pada lingkungan basah (termasuk lingkungan agresif) dapat merujuk pada aplikasi mortar *crystalline* dan mortar *non shrink grout (shrinkage compensated)* yang mengacu pada SKh-1.8.15.3.5).b).
- (2) Tidak perlu menggunakan mortar *fast setting* jika digunakan mortar *crystalline* untuk proteksi beton.

7) Curing

- a) Basahi dan rawat permukaan beton dengan air sebanyak 3 kali sehari selama (2 – 3) hari menggunakan semprotan air (*sprayer*) ke permukaan beton yang sudah ditangani pada saat kondisi telah cukup

mengeras. Jangan menggunakan terpal plastik yang diletakkan langsung di atas lapisan karena dibutuhkan sirkulasi udara.

- b) Jika *curing* air tidak memungkinkan, ikuti rekomendasi Pabrikan untuk *curing* menggunakan bahan yang disetujui oleh Pengawas Pekerjaan.
- c) Hindari kerusakan lapisan saat melakukan *curing*.
- d) Di daerah beriklim panas, basahi permukaan yang dirawat pada interval yang direkomendasikan oleh lembar data bahan yang dikeluarkan oleh Pabrikan.
- e) Selama periode pengeringan, lindungi permukaan yang dirawat dari hujan dan genangan air.
- f) Bila diperlukan, berikan sirkulasi udara tambahan seperti yang direkomendasikan oleh pabrikan.
- g) Jangan melakukan pekerjaan lain apapun di atas struktur yang diperbaiki sebelum mendapat persetujuan dari Pengawas Pekerjaan.

8) Pembersihan dan Perlindungan Pasca Instalasi

- a) Bersihkan tumpahan dan sisa semprotan yang berlebih dari permukaan dengan menggunakan prosedur pembersihan yang sesuai.
- b) Lindungi produk yang terpasang dari kerusakan selama konstruksi. Area beton yang ditangani tidak boleh dilalui oleh lalu lintas (area sebaiknya dipasang *marking*, pemisah jalur atau rambu-rambu yang diperlukan).
- c) Dilarang menggunakan cat atau pelapis lainnya selama minimal 28 hari.

SKh-1.8.15.4 PENGENDALIAN MUTU

1) Penerimaan Bahan

Bahan yang diterima harus diperiksa oleh Pengawas penerimaan bahan dengan mengecek/memeriksa bukti tertulis yang menunjukkan bahwa bahan-bahan yang telah diterima harus sesuai dengan ketentuan persyaratan bahan pada Pasal SKh-1.8.15.2 dari Spesifikasi ini.

2) Penerimaan Hasil Kerja

a) Pemeriksaan Visual

Pekerjaan dapat diterima apabila setelah periode penanganan kebocoran dan perbaikan untuk proteksi beton tercapai (28 hari setelah perbaikan) tidak tampak lagi adanya kebocoran dan keropos pada beton.

b) Pengujian Thermograph

(1) Pengujian thermograph merupakan salah satu pemeriksaan NDT (*Non Destructive Test*) yang memanfaatkan energi inframerah dan mendeteksi temperatur abnormal yang dipancarkan oleh objek yang dapat menandakan adanya keragaman mutu beton dan dapat mengindikasikan adanya kerusakan pada beton, seperti delaminasi, rongga, atau retak yang digambarkan dalam bentuk perbedaan warna pada hasil *image* yang diperoleh.

(2) Lakukan pengujian thermograph pada awal pekerjaan penanganan kebocoran dan setelah pekerjaan selesai.

(3) Pengujian thermograph yang dikerjakan pada awal pekerjaan (sebelum pengupasan cat, ornamen, dan pembobokan) berguna untuk mengetahui posisi spesifik retak yang menyebabkan terjadinya kebocoran.

- (4) Lakukan pengujian Thermograph sesuai dengan ASTM D4788 – 03 *Standard Test Method for Detecting Delaminations in Bridge Decks Using Infrared Thermography*.
- (5) Jumlah titik uji dan lokasi pengujian thermograph dilaksanakan sesuai SNI 03-6868-2002 Tata Cara Pengambilan Contoh Uji Secara Acak untuk Bahan Konstruksi.
- (6) Lakukan pengujian pada siang hari, tidak mendung, dan angin yang tidak kencang untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pengujian tidak boleh dilakukan jika kecepatan angin melebihi 50 km/jam.
- (7) Lakukan *scanning* secara keseluruhan dan jika terdapat indikasi terjadi kebocoran dan kerusakan beton, maka pemeriksaan lebih detail harus dilakukan.
- (8) Beri tanda pada titik kebocoran dan kerusakan beton untuk ditindaklanjuti dan diplot ke dalam gambar berskala, baik dengan proses manual ataupun dengan komputer.
- (9) Pengujian thermograph yang dikerjakan setelah pekerjaan selesai berguna untuk mengetahui secara pasti bahwa retak yang telah mengakibatkan kebocoran telah tertangani dan tertutup dengan baik. Pengujian thermograph setelah pekerjaan selesai dilaksanakan pada 28 hari setelah pelaksanaan penanganan kebocoran selesai dilakukan.
- (10) Hasil pengujian thermograph setelah pekerjaan selesai harus menunjukkan temperatur minimal sama atau lebih tinggi dibandingkan beton baik di sekitarnya untuk memastikan kristal sudah terbentuk dan menutup seluruh retak atau celah pada beton.
- (11) Laporan harus mencantumkan setidaknya lokasi pengujian, alat yang digunakan, nama operator, data pengujian dan kondisi lingkungan, gambar berskala yang menunjukkan area beton yang

		
---	---	--

telah ditangani, data hasil pengujian berupa data temperatur dan gambar-gambar hasil pengujian.

c) Pengujian Permeabilitas Udara (*Air Permeability*)

- (1) Pengujian dilakukan sesudah penanganan kebocoran akibat retak dengan lebar kurang dari 0,4 mm (*coating crystalline*) selesai dilakukan.
- (2) Pengujian sesudah penanganan kebocoran ini dilakukan 28 hari setelah pelaksanaan penanganan kebocoran akibat retak dengan lebar kurang dari 0,4 mm selesai dilakukan.
- (3) Pengujian dilakukan dengan Metode Torrent Permeability Test dan merujuk pada *Swiss Standard SIA 262/1 : Concrete Construction*.
- (4) Jumlah titik uji dan lokasi pengujian ini dilaksanakan sesuai SNI 03-6868-2002 Tata Cara Pengambilan Contoh Uji Secara Acak untuk Bahan Konstruksi.
- (5) Hasil pengujian permeabilitas udara setelah penanganan kebocoran harus menunjukkan nilai permeabilitas minimal sama atau lebih baik jika dibandingkan dengan hasil pengujian pada beton yang berkondisi baik yang ada di sekitarnya.

- d) Pengujian tambahan dapat dilakukan bila terjadi perbedaan pendapat atau keraguan hasil pekerjaan sesuai dengan petunjuk Pengawas Pekerjaan. Pengujian tambahan yang dapat dilakukan adalah pengujian yang tidak merusak, seperti dengan alat *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) untuk melihat ada atau tidaknya retak yang terjadi di dalam beton pasca penanganan. Jumlah titik uji dan lokasi pengujian UPV dilaksanakan sesuai SNI 03-6868-2002 Tata Cara Pengambilan Contoh Uji Secara Acak untuk Bahan Konstruksi.

SKh-1.8.15.5 PENGUKURAN DAN PEMBAYARAN

1) Pengukuran

Pekerjaan harus diukur untuk pembayaran dalam jumlah liter (dm^3) seperti yang ditunjukkan dalam Gambar Kerja untuk aplikasi mortar, meter untuk aplikasi poliuretan, serta meter persegi untuk *coating crystalline*, pengupasan cat, dan pembongkaran ornamen atau *screed*, termasuk cat jika ada. Bahan mortar berupa *cementitious based* dan diukur dalam liter ($1 \text{ liter} = 0,001 \text{ m}^3$). Pengukuran harus dilaksanakan pada struktur beton yang ditangani sesuai Gambar Kerja dan spesifikasi yang telah ditentukan.

2) Dasar Pembayaran

Kuantitas mortar, poliuretan, material *coating crystalline*, pengupasan cat, dan pembongkaran ornamen atau *screed* diukur seperti yang disyaratkan di atas akan dibayar dengan harga kontrak per satuan pengukuran untuk mata pembayaran yang tercantum di bawah dan ditunjukkan dalam daftar kuantitas dan harga. Harga dan pembayaran yang demikian harus dipandang sebagai kompensasi penuh untuk penyediaan, pengiriman, pemasangan, penanganan, penyediaan semua pekerja, peralatan, perkakas, pengujian mutu pekerjaan, serta semua biaya lainnya yang perlu dan lazim untuk penyelesaian pekerjaan sebagaimana mestinya yang diuraikan dalam seksi ini.

Nomor Mata Pembayaran	Uraian	Satuan Pengukuran
SKh-1.8.15 (1)	Pengupasan Cat	Meter Persegi
SKh-1.8.15 (2)	Pembongkaran Ornamen atau <i>Screed</i> , termasuk cat jika ada	Meter Persegi
SKh-1.8.15 (3)	<i>Coating Crystalline</i> Permukaan Beton	Meter Persegi
SKh-1.8.15 (4)	Cairan Poliuretan	Kilogram
SKh-1.8.15 (5)	Pembuatan Lubang Bor dan Pemasangan Pipa Packer	Lubang
SKh-1.8.15 (6)	Aplikasi Mortar <i>Fast Setting</i> dan Mortar <i>Crystalline</i>	Liter*
SKh-1.8.15 (7)	Aplikasi Mortar <i>Crystalline</i>	Liter*
SKh-1.8.15 (8)	Aplikasi Mortar <i>Non-Shrink Grout</i>	Liter*

* 1 Liter = 0,001 m³