



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM



**PENCEGAHAN KOROSI BAJA TULANGAN BETON WILAYAH
ATMOSFERIK DENGAN ANODA KORBAN *ZINC CARTRIDGE*
SYSTEM
SKh.1.7.56**



2023



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, 8 September 2023

Nomor : Bm 0402-06/1169
Sifat : Biasa
Lampiran : Satu Berkas
Hal : Persetujuan Penggunaan Spesifikasi Khusus Interim
tentang Pencegahan Korosi Baja Tulangan Beton
Wilayah Atmosferik dengan Anoda Korban Zink
Cartridge System

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
5. Para Kepala Balai Teknik di Direktorat Jenderal Bina Marga

di-

Tempat

1. Bersama ini disampaikan Dokumen Spesifikasi Khusus Interim, sebagai berikut:

No.	Nomor Spesifikasi Khusus (SKh)	Judul Dokumen
1.	SKh.1.7.56	Pencegahan Korosi Baja Tulangan Beton Wilayah Atmosferik dengan Anoda Korban Zink Cartridge System

2. Spesifikasi Khusus Interim tersebut telah disetujui untuk dipergunakan menjadi acuan bagi para pemangku kepentingan di Direktorat Jenderal Bina Marga dalam pelaksanaan pekerjaan terkait dengan pekerjaan Pencegahan Korosi Baja Tulangan Beton Wilayah Atmosferik dengan Anoda Korban Zink Cartridge System.

Demikian disampaikan, untuk dapat dipergunakan dengan penuh tanggung jawab.

Direktur Jenderal Bina Marga,

Hedy Rahadian

NIP 19640314 199003 1 002

Tembusan:

1. Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
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.1.7.56

PENCEGAHAN KOROSI BAJA TULANGAN BETON WILAYAH ATMOSFERIK DENGAN ANODA KORBAN *ZINC CARTRIDGE SYSTEM*

SKh.1.7.56.1 UMUM

1) Uraian

- a) Pekerjaan ini meliputi pekerjaan perbaikan awal struktur beton yang telah rusak akibat korosi, penyiapan peralatan kerja untuk pelaksanaan pemasangan sistem proteksi, serta pemeriksaan kinerja sistem proteksi setelah pelaksanaan pemasangan.
- b) Pekerjaan yang dimaksud dalam spesifikasi ini adalah pekerjaan perlindungan korosi baja tulangan beton baik tipe struktur beton bertulang maupun tipe struktur beton pratekan yang berada pada daerah kering (zona atmosferik) dengan menggunakan sistem proteksi katodik anoda korban *zinc cartridge system*, untuk struktur baru maupun struktur eksisting dalam rangka pemeliharaan.
- c) *Zinc cartridge system* merupakan suatu rangkaian sistem pencegahan korosi baja tulangan yang terdiri dari logam anoda *zinc* yang diselimuti oleh bahan pengisi (*backfill*) dan ditempatkan dalam sebuah wadah (*cartridge*) tertutup.
- d) 2 (dua) tipe *zinc cartridge* digunakan dalam spesifikasi ini, yaitu ditempatkan pada permukaan beton (*surface type*) yang digunakan untuk perlindungan baja tulangan beton dengan ketebalan selimut beton hingga 50 mm, dan ditanam ke dalam beton (*inserted type*) yang digunakan untuk perlindungan baja tulangan beton dengan ketebalan selimut beton di atas 50 mm. Gambar teknis tipe-tipe *zinc cartridge system* dapat dilihat dalam bagian lampiran Spesifikasi Khusus ini.
- e) Hubungan arus antara logam anoda *zinc* dengan tulangan baja di dalam beton disalurkan melalui perantaraan baut konektor pada logam anoda yang ditempelkan atau diborkan dengan tulangan beton, sedangkan hubungan arus antar anoda *zinc* disalurkan melalui perantaraan kabel listrik tembaga tunggal atau serat tebal.

2) Pekerjaan Spesifikasi Khusus Lain dan Seksi Lain dalam Spesifikasi Umum yang Berkaitan dengan Spesifikasi Khusus Ini

- | | |
|--|--------------|
| a) Mobilisasi | : Seksi 1.2 |
| b) Pelayanan Pengujian Laboratorium | : Seksi 1.4 |
| c) Kajian Teknis Lapangan | : Seksi 1.9 |
| d) Bahan dan Penyimpanan | : Seksi 1.11 |
| e) Penanganan Lingkungan Hidup | : Seksi 1.17 |
| f) Keselamatan dan Kesehatan Kerja | : Seksi 1.19 |
| g) Manajemen Mutu | : Seksi 1.21 |
| h) Beton dan Beton Kinerja Tinggi | : Seksi 7.1 |
| i) Baja Tulangan | : Seksi 7.3 |
| j) Perbaikan Retak dengan Bahan Epoksi | : Seksi 8.1 |

- k) Perbaikan Dimensi Struktur Beton : Seksi 8.2
- l) Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi (SMKK) : SKh-1.1.22

3) Standar Rujukan

American Standard of Testing and Materials (ASTM)

- ASTM C876-22b : *Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete*
- ASTM E 536-16 : *Standard Test Methods for Chemical Analysis of Zinc and Zinc Alloys*

American Concrete Institute (ACI)

- ACI 222R- 01 : *Protection of Metals in Concrete Against Corrosion*

Military Standard

- MIL-A-18001K-91 : *Military Specification: Anodes, Sacrificial Zinc Alloy*

International Organization for Standardization (ISO)

- EN ISO 12696-22 : *Cathodic Protection of Steel in Concrete*

National Association of Corrosion Engineers (NACE)

- SP0216-2016-SG : *Sacrificial Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmospherically Exposed Concrete Structures*
- NACE No. 6/SSPC-SP-13 : *Surface Preparation of Concrete*

4) Pengajuan Kesiapan Kerja

- a) Penyedia Jasa harus mengirimkan contoh dari seluruh bahan yang hendak digunakan beserta dengan data pengujian yang memenuhi seluruh sifat bahan sesuai dengan yang disyaratkan dari Spesifikasi Umum.
- b) Penyedia Jasa harus mengirimkan desain, jenis, dan metode pelaksanaan yang diusulkan 30 (tiga puluh) hari sebelum pekerjaan ini dilaksanakan atau menyerahkan brosur untuk dievaluasi. Atas petunjuk Pengawas Pekerjaan, pekerjaan ini dapat dimulai.
- c) Penyedia Jasa harus segera menyerahkan hasil dari seluruh pengujian pengendalian mutu secara tertulis sesuai yang disyaratkan, data tersebut harus selalu tersedia terutama saat diperlukan oleh Pengawas Pekerjaan.
- d) Penyedia Jasa harus memberitahu Pengawas Pekerjaan secara tertulis paling sedikit 24 jam sebelum tanggal rencana mulai dilaksanakannya pengaplikasian setiap material sistem proteksi korosi tersebut, seperti yang dipersyaratkan dalam spesifikasi ini.

5) Kualifikasi Personel

Personel yang melaksanakan pekerjaan proteksi katodik anoda korban *zinc cartridge system* harus telah mengikuti pelatihan pemasangan sistem proteksi katodik *zinc cartridge system* pada beton bertulang yang dilaksanakan oleh Penyedia Jasa.

6) Penyimpanan dan Perlindungan Bahan

- a) Seluruh material yang akan digunakan harus dalam kemasan asli, mempunyai tanda atau nomor produksi, serta tanggal kadaluarsa harus sesuai dengan informasi pada lembar data yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat dan telah melalui proses pengujian di laboratorium.
- b) Kemasan atau wadah material harus dipastikan dalam kondisi tertutup rapat sebelum digunakan untuk memastikan tidak ada debu, kotoran, maupun udara yang mengkontaminasi material.
- c) Lembar data material yang memuat seluruh informasi tentang bahan yang digunakan (termasuk didalamnya lembar data keselamatan bahan) harus dilampirkan oleh pabrik pembuat sebelum material digunakan.
- d) Bahan-bahan yang sudah diterima harus disimpan di tempat yang kering dan teduh, dengan kondisi temperatur ruang sesuai dengan rekomendasi pabrikan dan bahan tidak boleh dibuka di lokasi penyimpanan.
- e) Apabila terdapat material yang rusak sebelum pelaksanaan, maka Penyedia Jasa bertanggung jawab untuk mengganti material yang rusak.

7) Kondisi Tempat Kerja

- a) Penyedia Jasa sebelum melaksanakan pekerjaan harus melakukan persiapan permukaan beton sesuai ketentuan.
- 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, serta bahan yang akan digunakan.
- c) Tempat penyimpanan bahan serta alat yang digunakan harus aman dan semua bahan yang telah diterima di lapangan harus diberi tanda secara khusus.
- d) Penyedia Jasa harus mempersiapkan peralatan pendukung (perancah, peralatan keselamatan kerja, transportasi, dan peralatan lainnya).
- e) Penyedia Jasa harus memperhitungkan kondisi iklim dan cuaca.

8) Peralatan Minimum

Peralatan pada pekerjaan di dalam spesifikasi ini adalah sebagai berikut, tetapi tidak terbatas pada:

- a) Peralatan pembersih permukaan (*water gun*, sikat, *scrap*, *kape*);
- b) Alat pengukur nilai beda potensial tulangan (*half cell potentiometer* beserta elektroda referensi standar Cu/CuSO₄);
- c) Alat pengukur besaran arus listrik (multimeter);
- d) Alat pendeteksi posisi tulangan dan tebal selimut beton (*cover meter*);
- e) Peralatan *chipping* (pengupasan) dan *patching* (penambalan) (*concrete jack hammer*, pahat, palu, *kape*, sendok tembok);
- f) Bor beton;
- g) *Coredrill*;
- h) Kompresor angin 1pk;
- i) *Injector gun*;
- j) Generator listrik; dan
- k) Peralatan perlengkapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

SKh.1.7.56.2 BAHAN

1) Logam Zinc Anode

Logam Anoda yang digunakan dalam spesifikasi ini harus merupakan logam *zinc* khusus mutu tinggi sesuai US *military standard* (MIL-A-18001) dan diuji sesuai dengan standar pengujian ASTM E536, dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel SKh.1.7.56.1) Persyaratan Kandungan Kimia

% Komposisi Kimia Zinc Anode						
<i>Protective current flow min.</i>	Pb maks.	Fe maks.	Cd maks.	Al maks.	Cu maks.	Zn
0,2 $\mu\text{A}/\text{m}^2$	0,004	0,005	0,025	0,1	0,003	Sisanya ($\pm 99,98$)

2) Bahan Pengisi (*Backfill Materials*)

Bahan pengisi merupakan media penghantar arus listrik untuk mengaktifkan anoda *zinc* yang terdiri dari serbuk bentonit ukuran butir maksimum lolos saringan No.250, *gypsum* ukuran butir maksimum lolos saringan No.150, dan campuran larutan aktivator berbasis senyawa nitrat, dengan komposisi sebagai berikut.

Tabel SKh.1.7.56.2) Komposisi Bahan Pengisi (*Backfill Materials*)

Komponen	Komposisi, %
Larutan Aktivator (dari total padatan)	40
Serbuk <i>Bentonit</i>	25
Serbuk <i>Gypsum</i>	75

3) Kabel Penghubung Arus

Kabel penghubung arus merupakan media untuk menghubungkan arus antara logam anoda dengan baja tulangan beton dan antara anoda satu dengan anoda lainnya, dengan spesifikasi sebagai berikut.

Tabel SKh.1.7.56.3) Spesifikasi Kabel Penghantar Arus

Komponen	Ketentuan
Tipe kabel	NYY
Pemuluran kawat	Min. 25%
<i>Resistivity at 200°C</i>	Maks. 17.241 $\Omega \text{ mm}^2/\text{km}$
Kuat tarik isolasi	Min 12,5 N/mm ²
<i>AC test</i>	2,5 KV/5 min

4) Baut Angkur

Sebagai alat untuk menghubungkan anoda dengan beton dan tulangan di dalam beton, digunakan baut yang terbuat dari material *stainless steel* M6 dengan ukuran diameter $(6,0 \pm 1,0)$ mm yang tahan karat dengan ukuran panjang sesuai dengan ketebalan selimut beton ditambah tinggi wadah akrilik (*cartridge*).

5) Wadah Akrilik (*Cartridge*)

Terbuat dari bahan akrilik bening dengan tebal minimum 3 mm, tinggi wadah untuk tipe *surface* sebesar 5 cm dan 3 cm, dan untuk tipe *insert* dengan diameter yang disesuaikan ukuran diameter logam anoda *zinc*.

SKh.1.7.56.3 PELAKSANAAN

1) Persiapan Permukaan

Permukaan struktur yang akan diproteksi harus dibersihkan sesuai NACE 6/SSPC-SP13 atau metode serupa yang disetujui untuk menghilangkan semua debu, minyak, lemak, kotoran, beton delaminasi, dan bahan lain yang akan mengurangi ikatan beton eksisting dan/atau menghalangi kontak langsung antara *backfill* dengan permukaan beton. Jika terdapat retakan pada beton, lakukan pekerjaan perbaikan keretakan sesuai dengan persyaratan dan tata cara yang terdapat dalam Spesifikasi Umum Seksi 8.1 Perbaikan Retak Dengan Bahan Epoksi. Apabila terdapat beton yang mengelupas dan/atau gompal, maka lakukan *chipping* dan *patching* sesuai dengan persyaratan dan tata cara yang terdapat dalam Spesifikasi Umum Seksi 8.2 Perbaikan Dimensi Struktur Beton, untuk mengembalikan kondisi beton menjadi baik kembali, apabila permukaan beton belum rata, maka diharuskan untuk diratakan menggunakan gerinda dan lain-lain.

2) Pengukuran Nilai Potensial Inisial Tulangan Beton

Untuk mengetahui efektifitas kinerja *zinc cartridge system* yang terpasang pada beton, maka diperlukan data awal nilai potensial tulangan eksisting sebagai pembanding. Pengukuran nilai potensial harus dilakukan pada tulangan beton eksisting tanpa perlindungan menggunakan alat *half cell potentiometer* dengan elektroda standar *copper/copper sulphate electrode* (Cu/CuSO₄) atau elektroda kalomel (KCl/SCE) sesuai dengan metode pengujian ASTM B 876.

3) Pengukuran Kontinuitas Arus Listrik Antar Tulangan

Semua tulangan beton yang berada di daerah yang akan dilindungi dengan sistem *zinc cartridge* harus sudah saling terhubung sehingga didapat kontinuitas listrik tulangan yang akan diproteksi dengan *zinc cartridge*. Penyedia Jasa harus memeriksa hubungan arus tulangan baja dalam beton menggunakan *multimeter*. Tahanan maksimum harus kurang dari 1 Ohm atau tegangan maksimum harus kurang dari 1 mV. Tulangan baja yang tidak terhubung arusnya harus dikoneksi dengan tulangan baru yang diikat menggunakan kawat baja padat atau material lain yang disetujui.

4) Pemasangan Zinc Cartridge System

a) Tipe Permukaan (*Surface Type*)

- i) Pemetaan tebal selimut beton, letak tulangan, dan jarak antar tulangan menggunakan alat *cover meter (rebar scanner)* harus dilakukan sebelum pekerjaan pemasangan *zinc cartridge* dilaksanakan;
- ii) Untuk menempatkan ankur anoda ke dalam beton, maka harus dilakukan pengeboran menggunakan bor beton dengan diameter lubang sesuai dengan ukuran diameter ankur yang akan dipasang hingga kedalaman bor mencapai permukaan tulangan;
- iii) Konektivitas arus antara ankur dengan tulangan beton dilakukan dengan cara menghubungkan kabel atau kawat dari ankur ke tulangan yang dikencangkan dengan bantuan mur;
- iv) Permukaan beton harus dalam keadaan rata dan bersih sebelum dilakukan pemasangan anoda *zinc* pada ankur yang sudah tertanam. Pemasangan anoda *zinc* dilakukan sedemikian rupa sehingga permukaan anoda menempel secara rata di atas permukaan beton;
- v) *Backfill material* harus di isikan di atas anoda *zinc* sedemikian rupa sehingga seluruh permukaan anoda tertutup secara merata, tidak boleh terlihat adanya gelembung atau retakan pada permukaan *backfill* ketika diaplikasikan;
- vi) Penutup *zinc cartridge system* yang terbuat dari bahan akrilik bening harus segera dipasangkan setelah selesai pengaplikasian *backfill* untuk mencegah terjadinya penguapan dan dikencangkan dengan mur penutup, bagian-bagian tepi penutup akrilik harus diselimuti menggunakan *sealant* agar tidak terdapat celah antara penutup akrilik dengan permukaan beton.

b) Tipe Tertanam (*Insert Type*)

- i) Pemetaan tebal selimut beton, letak tulangan, dan jarak antar tulangan menggunakan alat *cover meter (rebar scanner)* harus dilakukan sebelum pekerjaan pemasangan *zinc cartridge* dilaksanakan;
- ii) Untuk menempatkan *zinc cartridge tipe insert* ke dalam beton, maka harus dilakukan pelubangan beton dengan menggunakan alat *coredrill* dengan diameter mata *core* sesuai dengan ukuran diameter logam anoda *zinc* yang akan dipasang hingga kedalaman *core* mencapai kurang lebih 20 mm di belakang tulangan terluar;
- iii) Konektivitas arus antara ankur dengan tulangan beton dilakukan dengan cara menghubungkan kabel atau kawat dari ankur ke tulangan yang dikencangkan dengan bantuan mur;
- iv) *Backfill material* yang diisikan ke dalam lubang yang telah terpasang anoda harus dilakukan dengan bantuan alat penginjeksi (*injector gun*) agar seluruh lubang terisi padat oleh *backfill material*;
- v) Penutup *zinc cartridge system* yang terbuat dari bahan akrilik bening harus segera dipasangkan setelah selesai aplikasi *backfill* untuk mencegah terjadinya penguapan dan dikencangkan dengan mur penutup, bagian-bagian tepi penutup akrilik harus diselimuti menggunakan *sealant* agar tidak terdapat celah antara penutup akrilik dengan permukaan beton.

SKh.1.7.56.4 PENGENDALIAN MUTU

1) Penerimaan Bahan

- a) Mutu bahan yang akan digunakan pada masing-masing bagian dari pekerjaan dalam kontrak haruslah seperti yang ditunjukkan dalam Gambar atau seksi lain yang berhubungan dengan spesifikasi ini, atau sebagaimana diperintahkan oleh Pengawas Pekerjaan.
- b) Seluruh bahan yang dipasok harus sesuai dengan proporsi yang disarankan untuk pekerjaan perlindungan korosi tulangan beton dengan *zinc cartridge system* sesuai petunjuk pemakaian bahan dari Penyedia Jasa.
- c) Penerimaan bahan tersebut harus dilengkapi dengan dokumen pendukung (*Technical Data Sheet* (TDS), *Material Safety Data Sheet* (MSDS), *packing list*, *delivery order*, sertifikat hasil uji, dan lain-lain).

2) Penerimaan Hasil Kerja

Pekerjaan dapat diterima apabila berdasarkan hasil pengukuran nilai potensial dengan menggunakan elektroda Cu/CuSO₄ menunjukkan nilai minimum -850 mV dan nilai polarisasi minimum -100 mV serta berdasarkan pemeriksaan visual tidak terlihat adanya cacat, retak dan/atau keluarnya *backfill* material dari penutup luarnya. Penyedia Jasa harus melampirkan gambar *zinc cartridge* terpasang beserta manual pemeliharaan sistem pada saat serah terima hasil pekerjaan (PHO).

3) Perbaikan Atas Pekerjaan Perbaikan yang Tidak Memenuhi Ketentuan

- a) Bilamana terjadi perbedaan pendapat dalam mutu pekerjaan perbaikan atau adanya keraguan terhadap hasil yang dilaksanakan (cacat mutu), Pengawas Pekerjaan dapat meminta Penyedia Jasa untuk melakukan perbaikan atas keraguan terhadap hasil yang dilaksanakan. Biaya tambahan atas keraguan tersebut ditanggung oleh Penyedia Jasa.
- b) Apabila pekerjaan perbaikan tidak memenuhi syarat, maka Penyedia Jasa harus memperbaiki perbaikan tersebut dengan petunjuk dari Pengawas Pekerjaan.

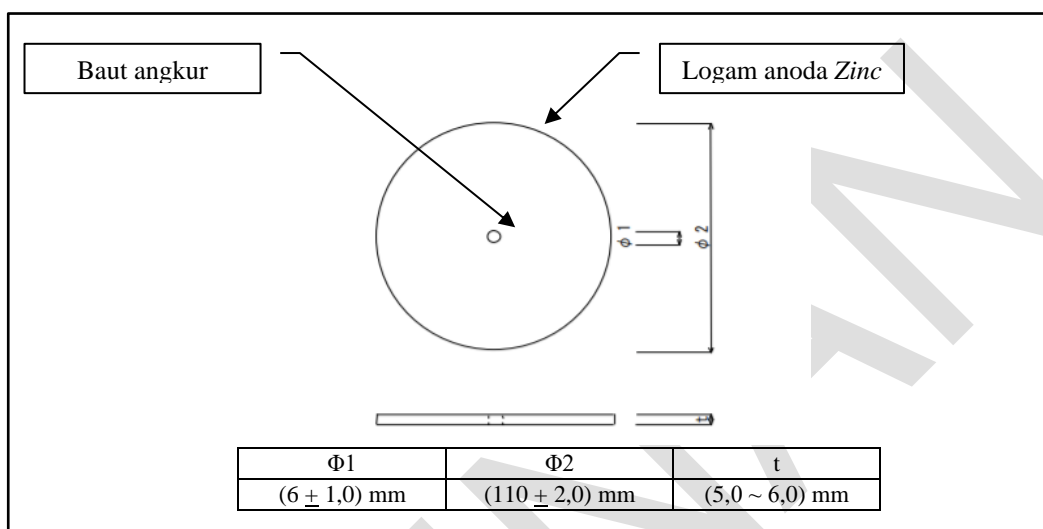
SKh.1.7.56.5 PENGUKURAN DAN PEMBAYARAN

Satuan pengukuran pembayaran sistem proteksi katodik anoda korban *zinc cartridge system* adalah per titik terpasang, harga dan pembayaran tersebut harus dianggap sebagai kompensasi penuh untuk penyediaan dan pemasangan semua bahan termasuk peralatan bantu untuk pelaksanaan pekerjaan ini mulai dari tahapan persiapan permukaan, pelaksanaan pemasangan, pekerjaan akhir, serta biaya lain yang berkaitan dengan transportasi serta mobilisasi.

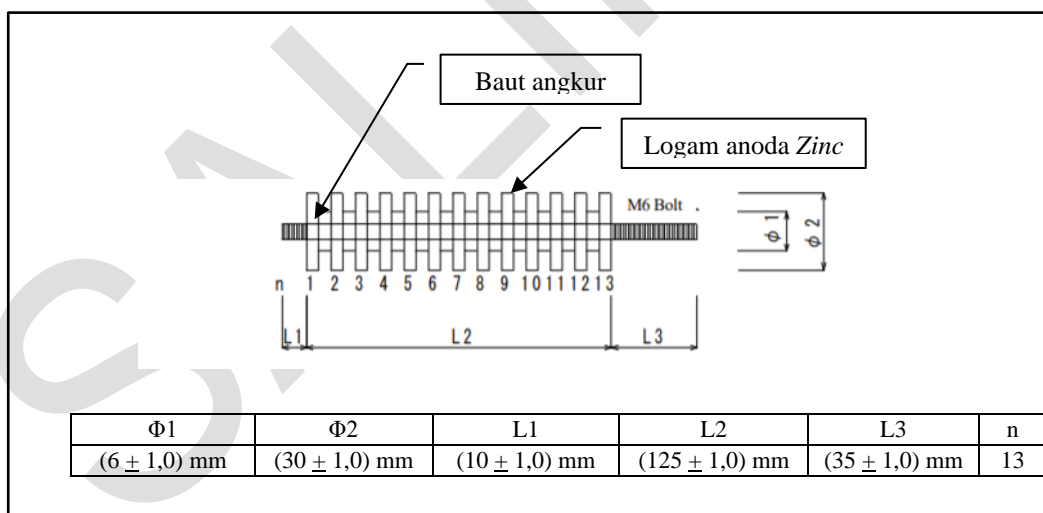
Nomor Mata Pembayaran	Uraian	Satuan Pengukuran
SKh.1.7.56.(1)	Pencegahan Korosi Tulangan Baja Tulangan Beton dengan Anoda Korban <i>Zinc Cartridge System</i> Tipe Permukaan (<i>Surface Type</i>)	Titik
SKh.1.7.56.(2)	Pencegahan Korosi Tulangan Baja Tulangan Beton dengan Anoda Korban <i>Zinc Cartridge System</i> Tipe Tertanam (<i>Insert Type</i>)	Titik

LAMPIRAN
SPESIFIKASI KHUSUS INTERIM
SKh.1.7.56

**PENCEGAHAN KOROSI BAJA TULANGAN BETON WILAYAH ATMOSFERIK
DENGAN ANODA KORBAN ZINC CARTRIDGE SYSTEM**



Gambar SKh.1.7.56.1) Zinc Cartridge System Tipe Permukaan (Surface Type)



Gambar SKh.1.7.56.2) Zinc Cartridge System Tipe Tertanam (Insert Type)