

Spesifikasi baja tulangan yang dilapis epoxy

1 Ruang lingkup

Standar ini meliputi baja tulangan yang berulir dan polos dengan pelapis epoxy yang menggunakan metode semprot elektrostatis.

Pelapis organik yang mungkin digunakan harus disesuaikan dengan persyaratan dalam spesifikasi ini.

Persyaratan pelapis tertera pada Lampiran A.

Petunjuk pemakaian di lapangan dipaparkan di lampiran B.

Spesifikasi ini menggunakan satuan SI.

2 Acuan normatif

ASTM A 615/A 615M, *Specification for deformed and plain billet-steel bars for concrete reinforcement*

ASTM A 706/A 706M, *Specification for low-alloy steel deformed and plain bars for concrete reinforcement*

ASTM A 944, *Test method for comparing bond strength of steel reinforcing bars to concrete using beam-end specimens*

ASTM A 996/A 996M, *Specification for rail-steel and axle-steel deformed bars for concrete reinforcement*

ASTM B 117, *Practice for operating salt spray (flog) apparatus*

ASTM D 4060, *Test method for abrasion resistance of organic coatings by taber abrasor*

ASTM G 8, *Test method for cathodic disbonding of pipeline coatings*

ASTM G 12, *Test method for nondestructive measurement of film thickness of pipeline coatings*

ASTM G 14, *Test method for impact resistance of pipeline coatings (falling weight test)*

ASTM G 20, *Test method for chemical resistance of pipeline coatings*

ASTM G 62, *Test method for holiday detection pipeline coatings*

Standar Internasional NACE RP-287-87, *Field measurement of surface profile of abrasive blast-cleaned steel surface using a replica tape*

ACI 301, *Specifications for structural concrete*

Tabel 1 Syarat uji bengkok

No. Tulangan	Diameter mandrel (mm)	Sudut bengkok (setelah rebound, °)	Waktu maksimum (detik)
10	75	180	15
13	100	180	15
16	125	180	15
19	150	180	15
22	175	180	45
25	200	180	45
29	230	180	45
32	250	180	45
36	280	180	45
43	430	90	45
57	580	90	45

3 Istilah dan definisi

3.1

aplikator

pabrik pembuat *epoxy* untuk pelapis

3.2

bahan tambal (tambal material)

bahan pelapis *epoxy* yang terdiri dari dua bahan cair yang digunakan untuk memperbaiki kerusakan atau melindungi permukaan.

3.3

bahan pelembab (*wetting agent*)

bahan yang menurunkan tegangan permukaan air, sehingga air lebih efektif melakukan penetrasi ke permukaan yang tidak kontinyu sehingga bisa memberikan indikasi yang lebih akurat terhadap jumlah *holiday*.

3.4

disbonding

Kehilangan daya lekat/adhesi antara pelapis *epoxy* dan baja tulangan

3.5

holiday

ketidakkontinyuan pelapisan yang tak terlihat oleh mata telanjang

3.6

pelapis konversi (*conversion coating*)

suatu persiapan dengan pembersihan permukaan baja sebelum pelapisan dilakukan untuk membuat metal/besi memberikan daya adhesi terhadap pelapis (*coating*), untuk mengurangi daya reaksi metal/besi terhadap pelapis (*coating*), untuk meningkatkan daya tahan terhadap korosi, dan untuk meningkatkan daya tahan terhadap pembengkakan/melepuh (*blister*)

3.7

pelapis epoxy fusion-bonded

produk yang terdiri dari pigmen, epoxy resin yang terukur temperaturnya, bahan *crosslinking* dan bahan aditif lainnya, yang berbentuk bubuk menyatu yang digunakan pada besi panas yang bersih dan membentuk lapisan pelindung secara kontinyu

4 Ketentuan umum

4.1 Ketentuan pemesanan

Pemesan harus mencantumkan semua persyaratan yang diperlukan untuk baja tulangan yang dilapisi sesuai dengan spesifikasi yang dimuat pada buku ini. Selain itu juga harus mencantumkan hal-hal sebagai berikut:

- a) spesifikasi baja tulangan dan tahun pengeluaran;
- b) jumlah tulangan;
- c) ukuran dan mutu tulangan;
- d) persyaratan untuk bubuk pelapis dan data pengujiannya (lihat 5 b) dan 5 c));
- e) persyaratan bahan tambal;
- f) jumlah bahan tambal;
- g) persyaratan khusus untuk frekuensi pengujian;
- h) suatu laporan hasil pengujian pada tulangan baja yang telah dilapis, apakah diperlukan (lihat 8);
- i) kebutuhan penyediaan laporan untuk baja tulangan yang dilapis;
- j) benda uji tambahan yang harus disediakan oleh pemesan untuk pengujian untuk baja tulangan yang dilapis;
- k) sertifikat dan kualifikasi pembuat.

4.2 Audit aplikator

Prosedur dan proses pelapisan oleh aplikator diaudit oleh lembaga yang independen.

4.3 Tipikal pemesanan

Tipikal pemesanan baja tulangan sebagai berikut :: baja tulangan ulir dengan mutu 420 sesuai ASTM A 615M, 6000 m, No. 19, panjang 12 m diangkat dengan wadahnya yang dilapisi epoxy sesuai dengan SNI; termasuk sertifikat untuk bubuk pelapis dan tulangan yang dilapis, dan 1 L i bahan penambal.

5 Bahan

- a) Baja tulangan yang akan dilapis harus memenuhi dari salah satu spesifikasi berikut: ASTM A 615M, ASTM A 706M, atau ASTM A 996M ASTM (ASTM A 615, ASTM A 706, atau ASTM A 996), sebagaimana ditentukan oleh pemesan dan harus bebas dari minyak, pelumas, atau cat;

Sebelum dilapis, baja tulangan harus diperiksa untuk pelapis yang cocok. Baja dengan ujung yang tajam pada baja ulir, potongan bulat, atau bentuk permukaan yang tidak normal (*imperfections*) adalah sesuatu yang susah untuk dilapis sesuai dan tidak harus dilapis. Pelapisan menjauhi ujung tajam dan hasil ketebalan pelapisan tidak sesuai dengan yang diinginkan pada lokasi ini.

- b) Pelapis bubuk harus sesuai persyaratan sebagaimana dalam Lampiran A. Pada tahap pemilihan, pemesan harus diberikan laporan hasil pengujian sebagai bahan penilaian/pertimbangan;
 - 1) sertifikat tertulis harus diberikan ke pemesan yang menyatakan jumlah masing-masing bubuk yang dipesan, kuantitas material yang terwakili, tanggal pembuatan, nama dan alamat pembuat pelapis berbentuk serbuk, dan pernyataan bahwa pelapis (*coating*) bubuk yang dikirim/disuplai komposisinya sama sebagaimana ditentukan menurut Lampiran A dari spesifikasi ini;
 - 2) pelapis bubuk harus disimpan dalam tempat yang terkontrol temperaturnya, termasuk rekomendasi tertulis dari pabrik pembuatnya sampai siap digunakan. Bilamana temperatur penyimpanan dibawah temperatur pabrik, maka pelapis bubuk harus diberikan waktu yang cukup untuk mencapai kira-kira temperatur pabrik. Pelapis bubuk harus digunakan dalam jangka waktu rekomendasi yang tertulis oleh pabrik pembuatnya.
- c) Jika ditentukan dalam pesanan, sampel 0,2 kg yang mewakili dari pelapis bubuk harus dikirim ke pemesan dari masing-masing kelompok/adukan (*batch*). Sampel harus dibungkus dalam wadah tertutup dan diberi nomor kelompok (*batch*);
- d) Jika ditentukan dalam pesanan, bahan tambal, yang cocok dengan pelapis, beton dan direkomendasikan pabrik pembuatnya, maka harus dikirim ke pemesan.

6 Persiapan permukaan

- a) Permukaan baja tulangan yang dilapisi harus digosok dengan pembersih metal mendekati putih sesuai dengan SSPC-SP10. Perlindungan permukaan tambahan secara berjenjang mungkin digunakan sebagaimana ditunjukkan dalam Lampiran A. Standar visual berikut sebagai bandingan untuk menentukan kondisi permukaan akhir : SSPC-VIS 1. Kedalaman kekasaran maksimum profile hasil penyemprotan rata-rata yang terbaca dari 0,04 mm sampai dengan 0,10 mm, sebagaimana ditentukan oleh pengukuran pita replika yang menggunakan NACE RP287-87, harus dianggap sesuai dengan pola angkur;

Penggunaan alat pengukur permukaan tipe "profilometer" yang mengukur nilai ketebalan maksimum yang ditentukan.

Pembersih baja penyemprotan abrasive dengan tingkat tinggi (>90%) dengan pasir halus sebagai pembersih sesuai untuk pelapisan adhesi. Setelah pasir halus didaur ulang maka akan nampak potongan-potongan kecil.

- b) Pembersih berudara kering dengan multi arah dan bertekanan tinggi harus digunakan setelah penyemprotan untuk menghilangkan debu, pasir halus dan partikel lainnya dari permukaan baja yang telah dibersihkan dengan penyemprotan. Pembersihan jangan sampai meninggalkan oli pada baja tulangan;

Bilamana direkomendasikan, maka tulangan baja dan media penyemprotannya harus diperiksa dari kontaminasi garam sebelum digunakan. Media penyemprotan yang terkontaminasi garam harus ditolak. Baja tulangan yang terkontaminasi garam harus dibersihkan dengan pembersih asam atau cara lain yang sesuai untuk menghilangkan garam dari permukaan tulangan sebelum dibersihkan dengan penyemprotan.

- c) Pembuat harus diizinkan untuk menggunakan pencuci/pembersih kimia atau konversi atau kedua-duanya terhadap tulangan baja yang dibersihkan dengan penyemprotan, untuk menaikkan daya lekat pelapis. Pekerjaan awal ini harus dilakukan setelah penggosokan (*abrasive cleaning*) dan sebelum pekerjaan pelapisan (*coating*), dengan instruksi pekerjaan secara tertulis yang ditentukan oleh pembuat.

7 Pekerjaan pelapisan (*coating application*)

- a) Jika pekerjaan awal (*pretreated*) dilakukan dalam persiapan permukaan, maka pelapis bubuk harus digunakan pada daerah yang dibersihkan dan pekerjaan awal (*pretreated*) pada baja tulangan harus sesegera mungkin dilakukan setelah pembersihan permukaan selesai, dan sebelum terjadinya oksidasi pada permukaan baja terlihat secara normal atau daya lihat yang terkoreksi. Pekerjaan pelapisan (*coating*) tidak diperbolehkan mempunyai waktu tenggang lebih dari 3 jam sesudah pembersihan;
- b) Pelapis bubuk *epoxy* yang berikatan dengan fusi, harus digunakan sesuai dengan rekomendasi tertulis dari pembuat untuk rentang temperatur inisial permukaan baja permulaan dan persyaratan dalam masa perawatan (*curing*) pasca pekerjaan dilakukan. Selama pekerjaan berlangsung, temperatur permukaan dengan segera diukur (terutama daerah yang dilapis) harus diukur dengan menggunakan alat infra merah atau crayon yang mengindikasikan temperatur, atau keduanya paling tidak setiap 30 menit;

Direkomendasikan menggunakan infra merah dan *crayon indicator* temperatur untuk ukuran baja tulangan.

- c) Pelapis (*coating*) bubuk harus digunakan dengan semprotan elektrostatis atau cara lain yang cocok.

8 Persyaratan bagi tulangan baja yang dilapisi (*coated*)

- a) Ketebalan pelapis;
- 1) Sebagai syarat penerimaan, minimal 90% dari seluruh ketebalan setelah perawatan (*curing*) harus terukur antara 175 sampai dengan 300 μm . Bilamana ditemukan lebih dari 5% dari ketebalan yang terukur kurang dari 125 μm , maka harus ditolak. Ketebalan diatas batas yang ditentukan tidak perlu diperbaiki;
 - 2) Pengukuran ketebalan minimum 15 tulangan baja yang dilapis harus dilakukan sepanjang masing-masing sisi tulangan yang diuji;
 - 3) Pengukuran harus dilakukan menurut metode uji G12, berikut instruksi kalibrasi dan penggunaan yang direkomendasikan oleh pembuat *thickness gage*. *Pull-off* atau *fixed probe gauge* harus digunakan. *Pull-off gage* tipe pensil yang memerlukan operator untuk mengobservasi bacaan magnet instant pada permukaan jangan digunakan;
 - 4) Ketebalan pelapis (*coating*) harus diukur pada batang dengan panjang lurus dari tulangan yang telah mengalami deformasi.
- b) Kontinuitas pelapis;
- 1) Pabrik pembuat harus suatu garis operasional 67,5 v; 80.000 Ω , Pendeteksi harian arus langsung tipe spon basah atau metode sama dengan suatu sistem penghitungan harian otomatis untuk menentukan penerimaan tulangan baja sebelum pengiriman;

Pengecek *detector hand-held* harian harus dilakukan untuk setiap produksi harian untuk memverifikasi sistem *in-linenya*. *Detector* harian *hand-held* adalah suatu cara

yang sesuai untuk mengkorelasikan data yang dihasilkan dari sistem deteksi harian *in-line*.

- 2) Rata-rata, tidak boleh lebih dari 3 *holidays* permeter untuk seluruh produksi;
 - 3) Selanjutnya bahan yang basah pada Metode pengujian ASTM G 62 untuk pemeriksaan tulangan baja.
- c) Kelenturan pelapis (*coating*);
- 1) Kelenturan pelapis (*coating*) harus dievaluasi berdasarkan hasil pembengkokan tulangan baja yang dilapis (*coated*) pada suatu angka seragam sekitar mandrel ukuran tertentu pada perioda seperti tertera dalam tabel 1. Dua frame secara longitudinal harus ditempatkan pada bidang tegak lurus terhadap jari-jari mandrel. Contoh uji harus bertemperatur diantara 20 sampai 30°;
 - 2) Retak atau kehilangan lekatan dari pelapis (*coating*) pada radius luar batang bengkok yang terlihat dipertimbangkan untuk menolak benda uji;

Persyaratan kualifikasi untuk kelenturan pelapisan (lihat Lampiran A) ketentuan bengkok sekitar mandrel berdiameter 150 mm untuk baja terdeform no. 19. Persyaratan uji bengkok dalam Tabel 1 untuk menilai kelenturan pelapisan (*coating*) dari baja tulangan yang telah dilapis, untuk No. 10 sampai 25 tidak sesuai dengan pembengkokan pabrikasi. Diameter yang telah dibengkokkan untuk tulangan 10 sampai 25 secara aktual lebih kecil dari pada yang tertera pada Tabel 1. Jadi kondisi bengkok terakhir dari tulangan yang telah dilapis (*coated*), khususnya dengan ukuran yang lebih kecil untuk sengkang dan pengikat, maka harus diperiksa secara seksama adanya retak rambut pada radius/jari luar batang yang bengkok. Seandainya ada retak rambut, maka harus diperbaiki dengan bahan tambal.
 - 3) Sebuah pengujian patah (*fracture*) atau kegagalan (*failure*) parsial dari tulangan baja, retak atau ketidaglekatan ikatan yang disebabkan oleh ketidaksempurnaan permukaan setelah dilakukan pengujian bengkok (*bend test*), maka harus dianggap pengujian yang cacat dan pengujian harus diulangi dengan benda uji (*specimen*) baru.
- d) Daya adhesi pelapis (*coating*);
- Daya adhesi pelapis (*coating*) harus dievaluasi oleh hasil pengujian baja tulangan yang telah dilapisi (*coated*) menurut prosedur *disbondment cathodic* yang dijelaskan dalam Lampiran A. Data hasil pengujian tulangan baja dilapis (*coated*) yang lengkap harus disediakan berdasarkan permintaan pemesan.
- Direkomendasikan bahwa pembuat tetap menyimpan benda uji selama 30 hari produksi dan menggunakan rata-rata 30 harian dari data pengujian ketidaglekatan pelapis sebagai dasar untuk mengontrol proses pelapisan tulangan.
- e) Persyaratan untuk tulangan baja dilapis (*coated*) harus sesuai dengan pabrik pembuat sebelum pengiriman dilakukan.

9 Jumlah pengujian

- a) Pemesan harus mempunyai pilihan untuk menentukan benda uji (*sampling*) dan jadwal pengujian untuk jumlah dan frekuensi pengujian ketebalan pelapis (*coating*), kekontinyuan, fleksibilitas dan daya adhesi;
- b) Bilamana jumlah dan frekuensi pengujian tidak ditentukan oleh pemesan, maka dilakukan hal berikut:
 - 1) pengujian ketebalan pelapis (*coating*) harus dilakukan untuk dua batang dari masing-masing ukuran setiap dua jam produksi;

- 2) pengujian bengkok (*bend test*) untuk fleksibilitas pelapis (*coating*) harus dilakukan minimal satu batang dari masing-masing ukuran untuk setiap empat jam produksi, dan;
 - 3) pengujian secara random dilakukan untuk kontinuitas pelapis (*coating*).
- c) Daya adhesi pelapis (*cating*) yang diukur dengan pengujian *disbondment cathodic* harus dipilih minimal satu batang setiap delapan jam produksi.
- Baja tulangan dilapis (*coated*) yang diuji lekatan adhesinya harus dipilih dari ukurannya dan proses produksinya sehingga mewakili seluruh proses pelapisan (*coating*).

10 Pengujian kembali

Jika benda uji (*specimen*) untuk pengujian ketebalan atau kelenturan tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan, maka dua pengujian ulang random harus dilakukan untuk masing-masing tersebut. Jika hasil kedua pengujian tersebut memenuhi persyaratan, maka tulangan baja tersebut bisa dianggap mewakili sampel yang ada..

11 Jumlah yang diizinkan dan perbaikan pelapis

- a) Jumlah maksimum perbaikan pelapis (*coating*) tidak melebihi 1% dari luas permukaan total untuk setiap 0,3 m batang. Batas izin dari perbaikan pelapis (*coating*) tidak termasuk ujung yang dilapis (*coated*) dengan bahan tambal;
- b) Semua pelapis (*coating*) yang rusak karena pabrikan atau perjalanan (menuju pengiriman);
Seandainya jumlah pelapis yang rusak yang diperbaiki 0,3 per m panjang tulangan yang dilapis, melebihi 1%, maka bagian tersebut pelapisnya harus dibersihkan dan dibuang. Dalam pelapisan yang rusak dengan penambalan, perawatan dilakukan dengan tidak menambahkan material secara berlebih selama proses penambalan. Terlalu besar ketebalan tambalan, khususnya untuk ukuran tulangan yang lebih kecil akan menyebabkan pengurangan kekuatan ikatan tulangan ke beton.
- c) Permukaan yang diperbaiki harus mempunyai ketebalan pelapis minimal (*coating*) 175 μm ;
- d) Bilamana batang yang dilapis (*coated*) digunting, digergaji atau dipotong dengan alat lain selama proses pabrikan, ujung batang yang dipotong tersebut harus dilapis (*coated*) dengan bahan tambal. Tulangan baja yang telah dilapis (*coated*) tidak harus dipotong dengan las;
- e) Perbaikan pelapis (*coating*) harus dilakukan sesuai dengan rekomendasi tertulis pembuat bahan tambal.

12 Inspeksi

Inspektor yang mewakili pemesan harus mempunyai izin masuk ke pabrik setiap saat pada bagian pembuat lapisan pelapis (*coating*), yang berkaitan dengan tulangan baja yang dilapis (*coated*) yang dipesan. Pembuat harus menyediakan segala fasilitas keamanan yang layak bagi inspektor baja tulangan yang telah dilapis (*coated*) sesuai dengan spesifikasi. Semua pengujian dan inspeksi harus dilakukan di tempat pembuatan sebelum pengiriman, kecuali kalau sebaliknya ditentukan, dan harus dilakukan sehingga tidak mengganggu pelaksanaan lapisan pelapis (*coating*). Dengan saling menyetujui pada frekuensi tertentu, pemesan atau yang mewakili harus diizinkan untuk mengukur panjang tulangan baja yang dilapis (*coated*) selama produksi berlangsung untuk pengujian.

13 Penolakan

Tulangan baja yang dilapis (*coated*) diwakili oleh specimen pengujian yang tidak sesuai persyaratan spesifikasi ini harus ditolak dan ditandai dengan cat warna kontras atau identifikasi yang cocok. Apabila ini terjadi, maka harus diganti atau diproduksi ulang dan diajukan ulang untuk penerimaan testing sesuai dengan persyaratan spesifikasi.

Apabila pelapis (*coating*) tidak diampelas dari tulangan baja yang ditolak, maka tulangan harus dibuang atau diklasifikasikan sebagai tulangan polos.

14 Sertifikasi

Pada waktu pengiriman Pemesan harus disediakan sertifikat tertulis dari sampel yang mewakili setiap kelompok produksi yang telah diuji. Apabila ditentukan dalam pemesanan kontrak, laporan hasil pengujian harus disediakan.

15 Penanganan dan identifikasi

- a) Semua sistem untuk penanganan baja tulangan mempunyai areal kontak beralas. Semua gulungan yang terikat harus diletakkan beralas atau dalam gulungan yang cocok untuk mencegah kerusakan pelapis (*coating*). Semua ikatan harus disangga dengan penyangga yang kuat (*strong back*), batang penyebar (*spreader bar*), penyangga berkelipatan (*multiple*), atau plat jembatan untuk mencegah goresan antar batang dari akibat longgarnya ikatan tulangan baja yang telah dilapis (*coated*);
- b) Jika keadaan lapangan membutuhkan penumpukan baja tulangan) lebih dari 2 bulan, maka tempat penyimpanan protektif yang terukur harus diimplementasikan untuk melindungi material dari sinar matahari, garam dan cuaca luar. Jika pabrik pembuat baja tulangan yang telah dilapis (*coated*) tidak memberikan cover pelindung, maka tanggal tulangan yang ditempatkan di luar harus dicatat dalam label identifikasi pada bundel tulangan. Baja tualangan yang telah dilapis (*coated*), baik individual atau bundel ataupun keduanya harus dilindungi dengan lembar polyethylene kedap cahaya atau bahan material protektif yang kedap cahaya lain yang cocok. Untuk tumpukan bundel, cover pelindung harus menutupi melingkari tumpukan. Pelindung harus cukup melindungi, dan mengalirkan udara sekitar tulangan untuk meminimalkan pengembangan di bawah pelindung;
- c) Baja tualangan yang telah dilapis (*coated*), baik individual atau bundel ataupun keduanya harus tidak disimpan pada tempat penyimpanan perlindungan di tanah;
- d) Identifikasi semua baja tulangan dari proses pelapisan (*coating*) dan pabrikasi harus tetap dijaga seluruh untuk pengiriman.

Bibliografi

SSPC-SP 10, Near-white blast cleaning

SSPC-VIS I, Pictorial surface preparation standards for painting steel surfaces

Concrete Reinforcing Steel Institute, Voluntary certification program for fusion bonded epoxy coating applicator plants

KONSER

Lampiran A (normatif)

Persyaratan pelapis organik untuk baja tulangan

A.1 Pelapis bubuk

Lampiran ini meliputi persyaratan kualifikasi untuk pelapis organik untuk melindungi baja dari korosi. Bubuk pelapis harus komposisi organik kecuali pigmen jika digunakan.

A.2 Benda uji

- a) Suatu sampel 0.5 kg dengan deskripsi generik dan *fingerprint* (mencakup metoda spektroskopi inframerah atau analisa panas) akan menjadi bagian dari pengujian. Deskripsi *fingerprint* dan generik harus menjadi bagian integral kualifikasi laporan pengujian;
- b) Sampel bahan tambal harus disampaikan kepada bagian pengujian. Nama produk dan deskripsi bahan tambal harus disampaikan dalam laporan pengujian;
- c) Contoh Uji.
 - 1) Contoh uji berikut yang diajukan sebagai jumlah minimum untuk pengujian:
 - sebanyak empat belas buah dengan panjang 12 m baja ulir No. 19, Grade 420, dengan suatu ketebalan lapisan 175 μm sampai dengan 300 μm ;
 - enam baja tulangan yang tidak dibersihkan dan tak dilapis No. 19, dengan panjang 1.2m, dan dari kelompok baja yang sama;
 - empat buah plat baja berukuran 100 mm x 100 mm x 1.3 mm dengan lubang pusat untuk Tabel abrasers melapisi ke suatu ketebalan 250- 50 μm [10 \pm 2 mils];
 - empat buah lapisan tipis (film) yang dilapisi bahan pelapis dengan suatu ketebalan 175 μm sampai dengan 225 μm . Ketebalan lapisan tipis (film) minimal 100 mm x 100 mm;
 - empat belas buah baja No. 19 dengan panjang 0.25 m, yang dilapisi dengan ketebalan 175 μm sampai dengan 300 μm . Ujung tulangan baja harus ditutup dengan bahan tambal.
 - 2) Baja tulangan No. 19 berdiameter \pm 1 mm harus diterima untuk pengujian kualifikasi;
 - 3) Pelapis pada tulangan dan lapisan tipis (film) yang diuji harus tanpa lubang, rongga, kontaminasi, retak dan daerah yang cacat/rusak. Tulangan yang dilapisi harus dicek untuk liburan dengan menggunakan power 67.5-V, 80000- Ω , jenis spon basah (*wet-sponge*) yang merupakan *detektor holiday* menurut Metoda Test ASTM G 62. Total jumlah *holiday* yang diuji pada contoh uji menguji harus dilaporkan;
 - 4) Pengukuran ketebalan pelapis harus dibuat sesuai 8 a);
 - 5) Pabrikan akan menetapkan metoda dan nilai/kelas persiapan permukaan metal dan prosedur aplikasi pelapisan untuk pengujian contoh uji dan produksi kontrak tulangan baja. Prosedur-prosedur tersebut harus tertera dalam laporan pengujian.

CATATAN A.1 – Baja tulangan yang dilapis harus dibuat dari bahan yang kualifikasinya sama. Oleh karena itu, perlu disiapkan kualifikasi tulangan dalam proposal produksi. Variasi dalam persiapan kritis, pengaturan, dan prosedur pelapisan diizinkan tanpa mengurangi mutu harus juga terinci dalam laporan.

A.3 Persyaratan pelapisan

A.3.1 Tahanan kimia

Tahanan kimia dari pelapis dievaluasi sesuai Metoda Test ASTM G 20 dengan baja dilapisi yang direndam masing-masing berikut ini: air suling, 3 M larutan CaCl_2 , 3 M larutan NaOH , dan larutan jenuh Ca(OH)_2 . Contoh uji tanpa holiday dan berlubang dilubangi dengan diameter 6 mm harus diuji. Temperatur larutan yang diuji harus $24 \pm 2^\circ\text{C}$. Waktu pengujian minimum harus 45 hari. Pelapis sekitar lubang dibiarkan selama 45 hari.

A.3.2 Ketidaglekatan katodik

Pengujian ASTM G 8 harus diikuti:

- a) katoda harus baja dilapisi dengan panjang 250-mm;
- b) anoda elektroda platina padat dengan panjang 1.6 mm berdiameter 150-mm atau kawat platina berdiameter 3.2 mm;
- c) elektroda acuan calomel harus digunakan;
- d) larutan elektrolit 3% NaCl yang larut dalam air suling;
- e) temperatur Larutan elektrolit harus $24^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
- f) kerusakan pelapis yang dilubangi berdiameter 3 mm
- g) voltase 1.5 V yang terukur terhadap elektroda acuan calomel (pencahar) harus dipakai dan tahanan shunt 10Ω digunakan; dan
- h) lama waktu pengujian 168 jam.
- i) gambar A.1 menampilkan bentuk wujud peralatan yang direkomendasikan untuk pengujian ketidaglekatan/*disbondment* katodik pada baja. Cacat lapisan harus ditempatkan kira-kira 50 mm dari ujung batang yang diuji yang terletak antara ribs longitudinal dan transversal. Pengeboran dengan diameter 3 mm harus cukup dalam untuk menyingkapkan baja secara penuh. Baja yang diuji (dengan ujung ditutup sealen) dimasukkan dalam pengujian vessel dan menambahkan elektrolit sampai 100 mm dari panjang batang yang terendam.
- j) tulangan yang diuji didinginkan untuk kira-kira 1 jam $\pm 0,25$ jam sebelum evaluasi. Empat pengukuran harus dilakukan pada 0° , 90° , 180° , dan 270° dan nilai rata-rata. Rata-Rata radius *disbondment* pelapis dari tiga baja yang dilapisi harus tidak melebihi 4 mm ketika diukur dari ujung lapisan yang cacat.

A.3.3 Tahanan semprot garam

Tahanan lapisan lingkungan panas, korosif basah harus dievaluasi sesuai pedoman B 117 dengan kerusakan yang terekspose panjangnya 250 mm akibat percikan garam bertemperatur $35^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ dibandingkan dengan larutan 5% NaCl dalam air suling selama 800 jam ± 20 jam. Tiga buah cacat berdiameter 3 mm harus dibor dari tiap benda uji kira-kira satu sisi diantara ulir. Tulangan yang diuji didinginkan untuk kira-kira 1 jam $\pm 0,25$ jam sebelum evaluasi. Empat pengukuran harus dilakukan pada 0° , 90° , 180° , dan 270° dan nilai rata-rata. Rata-rata radius *disbondment* pelapis dari tiga baja yang dilapisi harus tidak melebihi 4 mm ketika diukur dari ujung lapisan yang cacat.

A.3.4 Permeabilitas klorida

Karakteristik permeabilitas Klorida dari tulangan mempunyai ketebalan lapisan tipis (film) 175-225 μm harus diukur dua kali pengujian dan temperatur lapisan tipis (film) $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ selama 45 hari. Sel permeabilitas harus tipe seperti yang ditunjukkan Gambar A.2. Lapisan tipis (film) harus dipilih secara hati-hati dan diperiksa cacatnya sebelum dirangkai dalam sel. Sel harus terdiri dari dua tempat yang terpisah oleh kaca, yang masing-masing berlubang berdiameter 25 mm. Satu tempat akan berisi 175 mL 3M NaCl dan yang lain 115 mL air suling. Pergerakan ion klorid yang melintas film harus diukur penggunaan ion meter yang dilengkapi dengan elektroda klorid dan elektroda acuan simpangan ganda. Pengukuran pergerakan harus dikonversi kedalam nilai mole/ L (M) dengan suatu diagram konversi, dengan menggambar pergerakan ion klorid terhadap konsentrasi ion klorid yang diketahui. *Concentration* akumulasi ion klorid yang melalui lapisan tipis (film) harus kurang dari 1×10^{-4} M.

A.3.5 Fleksibilitas pelapis

- a) Fleksibilitas harus dievaluasi dengan tiga baja dilapisi yang dibengkokkan 180° (setelah *rebound*) sekitar suatu 150 mm (6-in.) diameter mandrel. Tekukan harus dilakukan dengan kecepatan sama dan diselesaikan dalam suatu 15 detik. Dua ribs longitudinal harus ditempatkan tegak lurus terhadap radius mandrel dan contoh uji pada temperatur $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$;
- b) Tidak boleh ada retak yang terlihat oleh seseorang pada radius luar dari tiga baja yang dibengkokkan;
- c) Pengujian patah (*fracture*) atau keruntuhan (*failure*) parsial baja tulangan, retak, ketidaklekatan/disbonding yang disebabkan oleh cacat permukaan yang terjadi setelah pengujian bengkok, harus dipertimbangkan suatu pengujian yang gagal dan pengujian akan diulangi pada contoh uji baru.

A.3.6 Kekuatan ikatan relatif dalam beton

Kekuatan ikatan relatif baja tulangan dalam beton bertulang harus ditentukan dengan contoh uji ujung beam oleh metoda yang diuraikan Metoda Uji ASTM A 944 yang menggunakan baja tulangan No. 19 dengan nilai rasio area bingkai (rib) 0,075 dan 0,085. (suatu perbandingan antara jarak area bingkai (rib) ke sumbu tulangan dan jarak sumbu ke sumbu bingkai (rib)). Tulangan harus terletak didasar dan mempunyai selimut $40 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$, panjang pangkalnya $13 \text{ mm} \pm 3 \text{ mm}$, dan panjang yang terikat $250 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$. Batang uji harus dihadapkan sehingga longitudinal terhadap bingkai (rib) dan dengan posisi menggulung, maka posisi terhadap gaya tarik akan sama untuk tulangan tak berlapis dan dilapisi. Pengujian batang dengan pull harus ke arah yang sama terhadap arah gulungan. Tiga sampai enam jumlah contoh uji yang dilapisi dan tiga sampai enam contoh uji yang tak dilapisi harus diuji. Semua baja tulangan dalam suatu kelompok pengujian harus dari panas baja yang sama. Tulangan yang tak dilapisi harus dibersihkan hanya dengan aseton atau larutan lain yang cocok. Kekuatan ikat rata-rata tulangan yang dilapisi minimal harus 85 % dari rata-rata kekuatan ikat tulangan yang tak dilapisi.

A.3.7 Tahanan abrasi

Tahanan pelapis terhadap abrasi dari setiap tiga panel baja dengan taber abraser (Metode pengujian ASTM D 4060) atau padanannya, menggunakan roda CS-10 dan 1 kg beban/roda, sehingga berat hilang tidak melebihi 100 mg/1000 putaran.

A.3.8 Pengujian impact

Tahanan baja yang dilapis terhadap kerusakan mekanis harus ditentukan oleh pengujian berat yang dijatuhkan (*falling weight test*). Peralatan pengujiannya sangat mirip sebagaimana dijelaskan dalam Metode pengujian ASTM G 14 harus digunakan dengan tup 1.8 kg dan berdiameter ujung depan 16 mm. Impact harus terjadi bagian bawah tulangan yang dilapis, yaitu diantara deformasi atau bingkai (rib). Pengujian harus dilakukan pada temperatur $24^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dengan Impact 9 Nm, tidak ada serpihan, tidak retak pecah, atau tidak kehilangan lekatan pada pelapis kecuali di tempat impact yang secara tetap terdeformasi oleh tup.

A.4 Pengujian kualifikasi

A.4.1 Bagian pengujian

Pengujian kualifikasi harus dilakukan oleh suatu bagian yang bisa diterima oleh pemesan.

A.5 Sertifikasi

Rangkuman laporan hasil semua pengujian dan paraf hasil pengujian laboratorium harus disertakan kepada pembuat.

Lampiran B (informatif)

B.1 Petunjuk praktis untuk pekerjaan lapangan

- a) Spesifikasi ini adalah standar product (barang pabrik). Persyaratan untuk tulangan yang dilapis epoxy dengan ikatan fusi dari tempat pengiriman sampai ke lokasi dan berikut pelaksanaan dilapangan tidak ditentukan dalam standar ini;
- b) *The American Concrete Institute telah menerbitkan "Specifications for Structural Concrete (ACI 301)." Standard Specifications ACI 301 tidak digunakan dalam secara menyeluruh spesifikasi ini. Seorang arsitek mungkin memakai Standard Specifications ACI 301 sebagai standar spesifikasi untuk beberapa proyek pelaksanaan beton dilapangan. Standard Specifications ACI 301 memasukkan ketentuan baja tulangan yang dilapisi epoxy;*
- c) Spesifikasi ini merupakan persyaratan untuk tulangan yang dilapis dari semenjak pengiriman sampai lapangan dan berikut pelaksanaan dilapangan. Ketiadaan persyaratan dalam spesifikasi, maka petunjuk praktis dilapangan disarankan untuk digunakan.
 - 1) Pada saat membawa/mengangkut baja yang dilapis, perlu hati-hati untuk menghindari tergores/abrasi dari bundelan tulangan dan tulangnya;
 - 2) Peralatan untuk membawa tulangan harus tidak bersentuhan;
 - 3) Tulangan baja harus tidak dibebani terutama di dekat tumpuannya atau dengan crane batang sehingga terangkat dari tempatnya semula;
 - 4) Tulangan baja harus disimpan di tempat yang terlindungi. Dan kayu diperlukan untuk sebagai tumpuan bundel tulangan. Jarak tumpuan harus dekat untuk menjaga bundel tulangan;
 - 5) Baja tulangan yang dilapis dan tidak dilapis harus disimpan terpisah;
 - 6) Penyimpanan dalam waktu lama harus diminimalkan dan tahapan penghentian pekerjaan disesuaikan dengan kemajuan pekerjaan;
 - 7) Bilamana diperlukan penyimpanan baja diluar gudang selama lebih dua bulan, maka perlu penyimpanan protektif yang terukur untuk melindungi tulangan dari matahari, garam dan iklim. Bilamana tulangan yang disimpan diluar tanpa pelindung maka harus dicatat. Tulangan yang disimpan dalam lingkungan korosif memerlukan perlindungan dengan segera. Bundel atau tulangan baja harus dilindungi dengan lembaran polyethylene kedap cahaya atau bahan pelindung lain yang cocok. Untuk tumpukan bundel tulangan perlindungan harus dilakukan pada sekelilingnya. Pelindung harus cukup aman dan ada sirkulasi udara disekitar tulangan untuk meminimalkan kelembababan di bawah penutup;
 - 8) Bilamana kerusakan pelapis melebihi 2% dari luas permukaan tulangan sepanjang 0,3 m, maka pelapis harus ditolak;
 - 9) Bilamana kerusakan pelapis kurang 2% dari luas permukaan tulangan sepanjang 0.3m, seluruh kerusakan yang terlihat harus diperbaiki dengan bahan tambal.

CATATAN B.1 – Seandainya jumlah lapisan rusak yang diperbaiki dengan panjang 0,3 m melebihi 3%, maka bagian tersebut harus dibuang. Dalam penambalan daerah yang rusak, maka harus diperhatikan bahwa tambalan tidak melebihi luas daerah yang ditambal selama proses perbaikan.

Luas area yang terlalu besar dari pada tebal bahan tambalan, khususnya tulangan yang berdiameter lebih kecil akan menyebabkan berkurangnya kekuatan lekatan tulangan terhadap beton.

- 10) Tulangan baja yang dilapis tidak boleh dipotong dengan las;
- 11) Tulangan harus diperiksa terlebih dahulu kerusakan pelapis sebelum dipakai untuk beton. Bilamana ada kerusakan, maka harus diperbaiki dengan penambalan sesuai dengan spesifikasi ini;
- 12) Bahan tambal harus dipakai sesuai petunjuk tertulis dari pembuatnya. Sebelum pemakaian bahan tambal, kotoran/debu harus dibersihkan dari areal yang rusak dengan cara yang sesuai. Bahan tambal harus dijaga sebelum pemasangan tulangan yang dilapis pada beton;
- 13) Ketika tulangan yang dilapis dipasang pada beton, maka semua tulangan kawat sengkang dan yang lainnya harus dilapis dengan bahan elektrik, misalnya lapisan epoxy atau bahan pelapis plastik yang cocok dengan beton;
- 14) Setelah pemakaian tulangan pada beton, maka pergerakan dari tulangan harus diminimalisasi. Pemakaian alat alat harus dilakukan untuk menghindarkan kerusakan tulangan yang dilapis;
- 15) Bilamana menggunakan alat penggetar untuk memadatkan beton di sekitar tulangan yang telah dilapis, maka alat yang digunakan harus dari karet atau yang lain yang bukan dari besi.