

Pelat Jembatan Dek Baja Dengan Perkuatan Overlay Beton (Kajian Kritis)

by Made Sukrawa

Submission date: 25-Feb-2019 02:00PM (UTC+0700)

Submission ID: 1083291361

File name: batan_Dek_Baja_Dengan_Perkuatan_Overlay_Beton_Kajian_Kritis.pdf (458.4K)

Word count: 5047

Character count: 31169

PELAT JEMBATAN DEK BAJA DENGAN PERKUATAN OVERLAY BETON (Kajian Kritis)

Made Sukrawa

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Udayana – Kampus Bukit Jimbaran - Bali
Email: msukrawa@yahoo.com

ABSTRAK

Kerusakan pelat jembatan komposit dek baja bergelombang (CSD) merupakan masalah besar dalam pembangunan infrastruktur di Indonesia dengan persentase kerusakan mencapai 50%. Dengan keterbatasan anggaran yang ada maka upaya perkuatan pelat yang rusak akan sangat bermanfaat untuk menambah masa layan pelat jembatan. Untuk itu telah ditelaah literatur terkait, terutama yang bertalian dengan tipe kerusakan pelat jembatan, perkuatan dengan overlay beton, lekatan antara beton lama dengan beton overlay dan perilaku lentur pelat jembatan dek baja pada usia dini. Dari kajian diperoleh bahwa metode perkuatan dengan overlay beton sangat efektif meningkatkan kekuatan dan kekakuan pelat. Tipe beton yang lazim digunakan untuk overlay adalah beton dengan semen portland biasa (PCC). PCC dengan modifikasi latex dapat digunakan dengan waktu pelaksanaan 8 jam. Faktor penting dalam keberhasilan metode perkuatan overlay ini adalah lekatan pada interface. Kuat lekat ini dapat ditingkatkan dengan persiapan permukaan yang baik, pemakaian *shear connector*, pemakaian *bonding agent*, metode perawatan basah, dan pemadatan beton yang baik. Proses pelaksanaan perkuatan overlay beton meliputi: identifikasi bagian pelat yang rusak, pemotongan bagian pelat yang rusak, persiapan permukaan beton lama, pengecoran beton overlay, pengeringan. Pengujian lentur pelat jembatan dek baja dengan perkuatan overlay beton menunjukkan peningkatan kekuatan minimum 45% pada umur overlay 3 hari dengan peningkatan kekakuan sebesar 100%. Metode perkuatan ini sangat potensial diaplikasikan di Indonesia dalam rangka efisiensi anggaran dan penghematan waktu pelaksanaan.

Kata kunci: Pelat jembatan, Dek baja, Kerusakan, Perkuatan Overlay beton, Lekatan

1. PENDAHULUAN

Kerusakan pada pelat jembatan merupakan hal yang lumrah, mengingat pelat adalah komponen struktur jembatan yang mengalami kontak langsung dengan kendaraan yang melewatinya. Kerusakan ini biasanya terjadi setelah 20-30 tahun sedangkan umur rencana komponen struktur lainnya berkisar antara 50 – 100 tahun. Oleh karena itu, selama masa layan jembatan, pelat jembatan harus diperbaiki. Perbaikan pelat jembatan dapat berupa perkuatan ataupun penggantian, tergantung dari tingkat kerusakannya. Dengan pertimbangan efisiensi anggaran maka perkuatan pelat yang mengalami kerusakan ringan sampai sedang akan lebih menguntungkan dari pada penggantian. Untuk itu perlu dikaji teknik pelaksanaan perkuatan yang ada melalui kajian literatur.

Pemakaian dek baja bergelombang (CSD) pada pelat jembatan sangat populer karena memiliki beberapa keuntungan seperti: tidak memerlukan bekisting sehingga menghemat waktu pelaksanaan, dan CSD dapat difungsikan sebagai tulangan momen positif sehingga hanya diperlukan tulangan momen negatif. Disamping keuntungan tersebut, CSD juga memiliki kelemahan seperti mudah berkarat karena berhubungan langsung dengan udara luar dan kurang tahan terhadap suhu tinggi. Tipe CSD yang sering digunakan pada dek jembatan memiliki ukuran tinggi 4 in, dengan ukuran tebal dan panjang dek bervariasi, demikian pula dengan kuat lelehnya. Untuk mengurangi berat pelat, pada bagian bawah dek sering diisi dengan material ringan berupa *stereo foam* (SDI, 2003). CSD yang banyak digunakan pada jembatan rangka di Indonesia memiliki dimensi tinggi 100 mm, tebal 2 mm dengan tebal pelat komposit sekitar 170 – 190 mm (Anonim, 1986). Pelat jembatan semacam ini dilaporkan banyak mengalami kerusakan dengan persentase sampai 50% (Hidayat, 2003).

Untuk mempertajam bahasan, maka kajian dibatasi pada pelat jembatan dengan dek baja bergelombang (CSD, *corrugated steel deck*) yang umum digunakan pada jembatan rangka batang (truss) baja yang diperkuat dengan overlay beton. Disamping itu, faktor terkait seperti lekatan antara beton lama dan beton baru serta proses pelaksanaan overlay beton juga dikaji.

2. JENIS KERUSAKAN PELAT JEMBATAN

Pelat lantai jembatan yang mengalami kerusakan dapat mengakibatkan penurunan kekuatan dari jembatan. Penyebab utama kerusakan pelat jembatan menurut *Michigan Deck Evaluation Guide* (2000) yaitu: Material penyusun yang jelek (campuran beton); Prosedur yang tidak memadai; *Curing* (perawatan) yang tidak memadai;

Siklus *freeze* dan *thaw*; Beban truk yang berlebih; Korosi pada tulangan; Kelelahan dan degradasi dari baja dan beton karena siklus ketegangan yang berulang. Bentuk utama dari kerusakan pelat jembatan dapat berupa:

- Retak adalah pemisahan lengkap atau tidak lengkap dari beton menjadi dua bagian atau lebih akibat putus atau patah. Ada beberapa jenis retak yaitu: retak craze, retak diagonal, retak pola, retak susut, retak suhu, retak transversal dan retak longitudinal.
- Delaminasi adalah pemisahan suatu lapisan dari substrat atau lapisan satu sama lain. Delaminasi dapat digambarkan sebagai hilangnya lekatan antara bagian dek yang lama dengan lapisan overlay yang baru. Delaminasi bisa juga disebabkan oleh korosi pada tulangan bagian atas pelat.
- Lubang (*Potholes*) sering dijumpai pada deck dengan lapisan lateks pada bagian atas. Hal ini dapat disebabkan oleh faktor seperti delaminasi antara lateks slab dan beton. Beberapa lubang biasanya memiliki pinggiran yang tajam yang tegak lurus ke bawah lubang. Lubang juga dapat terbentuk akibat blistering dan akibat erosi lokal pada material, yang sering ditemui pada daerah garis retak yang cukup besar.
- Korosi pada Tulangan adalah proses hancurnya logam karena reaksi kimia, elektrokimia, atau reaksi elektrolisis dengan lingkungannya. Korosi dari baja tulangan dapat menghancurkan ikatan antara tulangan dan beton sehingga volume beton akan naik, yang menyebabkan pembesaran, delaminasi dan retak. Penurunan luas penampang baja tulangan juga dapat menurunkan kapasitas dan kekakuan pelat.
- Kerusakan pada joint pelat, jika sendi perletakan mengalami kerusakan maka akan berpengaruh terhadap kondisi pelat jembatan. Masalah pada perletakan pelat jembatan yang dapat menyebabkan kerusakan pada pelat jembatan, antara lain: terganjalnya joint, joint seal yang rusak dan lain-lain.

Retak pada pelat beton akan berkembang membentuk lubang seperti terlihat pada Gambar 1. Jembatan Tukad Bindu pada ruas jalan Gatot Subroto Timur di Denpasar Bali yang merupakan jembatan rangka batang baja dimana pelat lantai kendaraannya mengalami kerusakan parah sebelum diperbaiki tahun 2003. Pelat lantai kendaraannya berupa beton bertulang di atas dek baja didukung oleh 7 buah balok memanjang dengan jarak as ke as 1,2 meter dan 1,4 meter. Balok memanjang ini didukung oleh balok melintang dengan jarak as ke as 5 meter seperti terlihat pada Gambar 1. Dek baja dibuat ke sayap balok memanjang dengan jarak baut kurang lebih 600 mm. Struktur pelat lantai dengan sistem dek baja bergelombang (*bondek*) menggunakan tebal beton maksimum 170 mm dan minimum 70 mm di atas pelat baja.



Gambar 1. Jembatan Tukad Bindu di Denpasar-Bali. Gambar kiri: Tampak bawah CSD. Gambar kanan: Tampak atas kerusakan pelat dengan pelat baja untuk menahan beban lalu-lintas sementara.

3. TIPE OVERLAY BETON UNTUK PERKUATAN PELAT JEMBATAN

Komite 345 ACI 1991 (dalam Gillum, 1998) menyatakan bahwa terdapat overlay (a) Tipe I, overlay tipis beton dengan modifikasi polimer (PMC); (b) Tipe II, overlay beton (overlay PCC); dan (c) Tipe III, overlay dengan sistem kombinasi (*asphaltic concrete over membrane*). Dalam hal perkuatan, overlay yang digunakan adalah overlay Tipe II (overlay PCC) yaitu lapisan overlay beton dengan semen portland performa tinggi (tebal 32 mm - 76 mm). Beton dengan performa tinggi termasuk didalamnya adalah *latex-modified concrete* (LMC), *super-dense plasticised concrete* (SDC), dan *micro-silica-modified concrete* (MSC). Semua jenis beton ini dirancang untuk memiliki permeabilitas rendah.

Virginia-DOT telah menguji coba beton dengan kekuatan awal sangat tinggi melalui program SHRF (*Strategic Highway Research Program*). Teknik ini menggunakan overlay beton dengan modifikasi latex yang disebut VES (*very early strength*) karena mengering dengan sangat cepat sehingga seluruh proses overlay dapat dilakukan dalam 8 jam. SHRF juga telah menguji material overlay HES (*high early strength*) yang memerlukan waktu pelaksanaan 18-36 jam (FHA, 1998).

4. LEKATAN ANTARA BETON LAMA DAN BETON BARU

Lekatan antara beton lama dan beton overlay sangat kritis perannya dalam meningkatkan kinerja pelat jembatan. Lekatan yang baik merupakan hal mendasar dalam mengembangkan perilaku monolitik antara beton lama dan beton

overlay. Menurut Silfwebrand dan Paulsson (1998) ada beberapa faktor yang mempengaruhi terbentuknya lekatan beton yang baik antara beton yang ada dan beton overlay yaitu kebersihan permukaan, retak rambut, laitanse, pemadatan overlay, perawatan beton overlay, kelembaban permukaan, kekasaran permukaan, *bonding agent*, waktu antara pengupasan beton dan penempatan overlay, pembentukan kuat lekat, getaran lalu lintas dan tulangan pada lapisan overlay.

Kebersihan permukaan merupakan faktor paling penting dan harus dilakukan dua kali, yang kedua dilakukan dengan air tekanan tinggi dan *vacuum cleaning* sebelum lapisan overlay dicor. Untuk menghindari retak rambut pada permukaan substrata adalah dengan menghindari cara mekanis dalam mengupas lapisan beton yang rusak. Pemakaian metode mekanik pada prinsipnya dapat menyebabkan terjadinya *microcracking* (retak rambut). Metode persiapan permukaan dengan *water-jet* menghasilkan kuat lekat lebih tinggi dibandingkan dengan metode persiapan mekanik. Pengupasan menggunakan *water-jet* disamping sangat efisien juga mempunyai banyak keuntungan yaitu: permukaan yang ditinggalkan kasar dan bersih, tidak menimbulkan retak rambut, dan meninggalkan tulangan tanpa kerusakan dan bebas dari karat. Persentase kegagalan interface yang rendah juga didapat pada pelat yang di-*water-jet*. Persiapan permukaan dengan *water-jet* memerlukan waktu yang cukup singkat hanya perlu satu kali melewati permukaan pelat, disamping itu, *water-jet* juga menghasilkan semprotan yang kuat (Wells et.al, 1999).

Kedalaman pengupasan (tekstur) pelat jembatan yang mengalami kerusakan dapat dilakukan pada kedalaman permukaan tulangan terlihat (*below rebars*), seluruh tulangan terlihat (*coinciding rebars*) dan jauh lebih dalam dari posisi tulangan (*beyond rebars*). Jika pengupasan beton lama mencapai baja tulangan maka sebaiknya dilakukan agar lapisan *overlay* menyelimuti baja tulangan. Pengupasan pada interface baja tulangan dan bertepatan pada baja tulangan sebaiknya dihindari. Selang waktu antara pengupasan dan penempatan overlay sebaiknya jangan terlalu lama karena dapat menyebabkan permukaan mengalami karbonasi sehingga mengurangi kekuatan lekatan secara signifikan. Kelembaban permukaan pelat yang akan dioverlay perlu dijaga sebelum penempatan overlay beton. Permukaan yang kering akan menyerap air dari beton overlay sedangkan permukaan yang terlalu basah akan menyebabkan timbulnya zona dengan faktor air semen tinggi yang dapat mengurangi kuat lekat antara beton lama dan overlay beton.

Pemakaian bahan pelekat (*bonding agent*) tidak disarankan karena beberapa alasan seperti terbentuknya dua *interface* yang lemah dan kemungkinan kegagalan adesif. Namun demikian, diakui bahwa, *bonding agent* dapat mengikat partikel lepas yang luput dari pembersihan yang dapat meningkatkan lekatan. Menurut Wells et.al (1999) penggunaan *bonding agent* cenderung menyumbat kapiler sehingga mengurangi *interlock* mekanik. Namun pada pelat dengan metode profiling kurang agresif seperti *wire-brushing* dan *waterblasting* dimana struktur pori terlalu kecil untuk penetrasi yang cukup untuk beton plastis, *bonding agent* dengan viskositas rendah dan lebih cair diperlukan untuk menembus struktur pori dan mengijinkan terbentuknya garis lekatan antara beton baru dan beton yang ada. Pemadatan yang cukup adalah penting untuk mendapatkan overlay yang padat dan homogen serta ikatan yang baik dan seragam. Pemadatan overlay dapat dilakukan dengan menggunakan *vibration pokers*, *vibration platform* atau *vibration pencil*.

Metode perawatan yang tepat mengurangi resiko retak karena penyusutan antara beton *overlay* dan beton lama. Penelitian menunjukkan bahwa tegangan tarik pada *overlay* dengan perawatan menggunakan air secara signifikan lebih kecil dari perawatan tanpa menggunakan air. Alasan utamanya adalah penyusutan yang berkembang lebih lambat, memberikan waktu untuk kekuatan tarik berkembang. Bersamaan dengan itu, keuntungan lain diperoleh: berkurangnya risiko retak plastik, kekuatan yang lebih tinggi, meningkatkan daya tahan. Choi et.al. (1999b) menyatakan metode perawatan mempengaruhi perkembangan kekuatan *interface*. Kekuatan *interface* mulai menurun tak lama setelah metode perawatan basah (*moist-cured*) dihentikan. Metode perawatan overlay yang baik pada usia dini, khususnya untuk 3 hari pertama ketika peningkatan kekuatan interface tinggi, akan menghasilkan kekuatan geser *interface* yang tinggi.

Kuat lekat terbentuk lebih cepat dari kuat tekan beton. Dalam tempo 24 jam kuat lekat beton dengan $f_c' = 63$ Mpa melebihi 1 Mpa. Getaran akibat lalu-lintas ringan tidak berpengaruh negatif terhadap terbentuknya kuat lekat. Namun demikian, getaran yang kuat harus dihindari selama beberapa jam setelah pengecoran overlay.

Choi et al. (1999) menguji delapan pelat beton dengan ukuran panjang 4000 mm, lebar 1400 mm dan tebal 200 mm dengan mengamati kekuatan dan mekanisme transfer geser antara beton lama dan baru yang dihubungkan dengan penghubung geser dari paku (*large powder driven nail*). Permukaan beton lama dikasarkan, dan paku (panjang 120 mm dan diameter 10 mm), ditancapkan pada lubang dengan diameter yang lebih kecil, dengan bantuan bubuk mesiu sehingga menghasilkan efek lekatan yang kuat. Pemasangan paku ini lebih cepat daripada pemasangan batangan dowel dengan lem epoxy.

Pengujian berupa *pullout* dan *pushoff* dilakukan untuk menguji kuat geser interface. Kekuatan *pullout* paku diteliti untuk kuat tekan beton yang berbeda-beda, sedangkan kekuatan *pushoff* diuji dengan mengamati gaya geser antar permukaan (*Interface*). Mekanisme transfer geser pada spesimen tanpa dan dengan paku diamati dengan variasi kekuatan beton, kekasaran interface, interface dengan dan tanpa lekatan, dan pengaruh retak awal. Pada tes *pullout* diperoleh kekuatan paku sebesar 36.4 kN dan 44.1 kN untuk beton normal ($f_c = 28$ MPa) dan mutu tinggi ($f_c = 51$

MPa). Hasil tes *pushoff* menunjukkan bahwa paku sangat efektif dalam meningkatkan kekuatan geser interface. Percobaan overlay dengan dua paku dimana luas bidang kontak 465 cm² memiliki kekuatan interface 10% hingga 16% lebih besar daripada kekuatan spesimen tanpa paku. Overlay dengan interface tanpa lekatan pada permukaan kasar dengan paku sangat efektif menahan geser dan membatasi pergeseran horizontal. Dengan dua buah paku, beban geser maksimum yang dapat ditahan adalah 82 kN, dengan slip interface 1,2 mm dibandingkan dengan beban geser maksimum 51 kN dengan slip 2,3 mm untuk overlay dengan satu paku.

Gillium et.al. (2001) meneliti tentang kuat lekat pada interface dimana sebelum overlay dicor, permukaan beton lama diberi lapisan epoxy resin dan *methacrylate (sealer)* yang berfungsi untuk menutup retak dan melindungi baja tulangan dari karat. Berbagai macam beton overlay digunakan, meliputi: MMC, LMC, dan SDC. Persiapan benda uji meliputi pengupasan permukaan beton lama dengan *sandblasting* selama 3 – 15 menit, pengeringan lapis pelindung selama 1 hari, dan perawatan beton overlay selama 56 hari agar sebagian besar susut telah terjadi. Hasil uji lentur balok (*flexural beam test*) yang dilakukan menunjukkan bahwa dengan adanya lapisan pelindung ini terjadi pengurangan kuat lekat antara 35 – 52% dibandingkan dengan tanpa lapisan. Kesimpulan lain dari penelitian ini yaitu: Lapisan pelindung dengan viskositas tinggi diperlukan untuk mencegah masuknya klorida ke dalam beton lama walaupun lapisan ini terbukti mengurangi kuat lekat interface. Persiapan berupa *sandblasting/sandbroadcasting* pada permukaan berpelapis yang masih basah mampu meningkatkan daya lekat sampai 85% dari daya lekat pada permukaan tanpa pelapis.

Lemieux et al (2005) mengembangkan teknik lain dalam perbaikan pelat jembatan dengan lekatan (*BCO*). Sembilan pelat beton bertulang dengan ukuran 3300 x 1000 mm dicetak dengan ketebalan bervariasi dari 200 mm (tebal awal) sampai 265 mm (termasuk tebal overlay) dengan tulangan memanjang No. 15 – 130 mm dan tulangan melintang No. 15 – 200 mm, atas dan bawah. Dibedakan dua variasi kuat tekan beton yakni 35 dan 50 Mpa dan perhatian khusus ditujukan pada lokasi overlay pada daerah tekan dan tarik. Pengupasan permukaan dilakukan dengan *hydromolition*, empat pelat dikupas hingga kedalaman 20 mm sebagai simulasi kerusakan ringan dan empat lainnya dikupas hingga 95 mm untuk kerusakan berat.

Respon panel pelat diamati, termasuk perkembangan retak lentur dan delaminasi antar lapisan, selama pengujian lentur murni dengan pembebanan statis dan berulang hingga 500.000 siklus dengan frekuensi 2 Hz. Pembebanan statis dilakukan untuk mengetahui kekakuan (*apparent stiffness*) sedangkan beban berulang memberikan efek kelelahan dari struktur. Beban siklik maksimum adalah 80 kN (50% dari kapasitas pelat) sedangkan beban minimum 5 kN dikerjakan agar selalu terjadi kontak antara beban dan pelat. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa, pada akhir siklus pembebanan, pelat dengan penebalan overlay memiliki kekakuan (dalam satuan kN/mm) yang sebanding dengan pelat monolit dengan tebal yang sama, dengan sedikit penurunan (8,6%) pada pelat dengan overlay pada daerah tarik. Untuk overlay pada daerah tekan, resiko delaminasi antar lapisan rendah sedangkan overlay pada daerah tarik mengalami delaminasi antar lapisan pada beban berulang akibat tegangan normal pada interface. Intensitas dari kerusakan ini bergantung pada konfigurasi overlay (jenis beton, ketebalan overlay dan adanya tulangan dalam overlay). Adanya tulangan pada lapisan overlay pada daerah tarik mengurangi resiko delaminasi antar lapisan.

5. PERILAKU LENTUR PELAT DENGAN PERKUATAN OVERLAY BETON

Suasira (2010) melakukan pengujian lentur pelat beton bertulang dengan perkuatan overlay di Laboratorium Struktur, Universitas Udayana. Dalam penelitian ini, digunakan benda uji pelat satu arah dua tumpuan dalam skala 1/3 dengan ukuran pelat 800 x 333 x 63 mm. Dibuat lima jenis benda uji (perlakuan) yang masing-masing terdiri dari 3 (Tiga) buah benda uji yaitu: Pelat Kontrol (PK); Pelat ditekstur random dengan overlay pada daerah tekan (PTTk); Pelat ditekstur random dengan overlay pada daerah tarik (PTTr); Pelat dengan penahan geser baut dengan overlay pada daerah tekan (PBTK); Pelat dengan penahan geser baut dengan overlay pada daerah tarik (PBTr). Pelat diberi tulangan bawah melintang dan tulangan bawah memanjang 5-D4, tulangan atas melintang dan tulangan atas memanjang 3-D4. Tekstur permukaan dikerjakan manual dengan kedalaman dangkal dan dalam masing-masing ± 8 mm dan ± 13 mm. Baut sebagai penghubung geser diameter 5 mm sebanyak 4 buah dipasang merata dengan mengebor beton dan dilekatkan dengan lem epoxy. Pengujian kuat lentur dilakukan dengan mengerjakan dua buah beban terpusat dengan jarak sepertiga bentang dari tumpuan balok dengan kecepatan pembebanan 5 sampai 6 kN per menit. Kuat tekan beton pelat rata-rata 25.5 Mpa; kuat tekan beton overlay 35.9 Mpa. Untuk menirukan kondisi pelat lama yang mengalami kerusakan, maka sebelum dioverlay dilakukan pembebanan awal terhadap pelat sampai terjadi retak. Secara teoritis pelat mengalami retak pertama pada beban 6,031 kN sedangkan beban retak (Pcr) rata-rata dari hasil pengujian lentur adalah 6,333 kN.

Dilaporkan bahwa metode perkuatan pelat menggunakan overlay beton mampu meningkatkan kekuatan dan kekakuan pelat masing-masing 52% dan 45%. Pemakaian shear connector dan tekstur dalam (13 mm) menghasilkan kekuatan pelat 75% lebih tinggi dari kekuatan pelat kontrol.

6. PROSES PELAKSANAAN OVERLAY BETON

Perkuatan pelat dengan menggunakan overlay beton secara umum terdiri dari beberapa langkah yaitu: Persiapan permukaan; Penambahan overlay beton dan Perawatan beton overlay. Persiapan permukaan merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan untuk mendapatkan lekatan yang baik. Persiapan permukaan dalam hal ini mencakup: kedalaman dan tekstur dari permukaan, kebersihan dari permukaan pelat dasar, metode yang digunakan untuk persiapan permukaan (*shotblasting*, *cold milling*, *sandblasting*, *hydrocleaning* dan lain sebagainya), kelembaban pada pelat dasar, penggunaan *bonding agent* dan *sealer*. Overlay beton harus ditempatkan dengan hati-hati untuk mencegah pemisahan. Penurunan dari ketinggian dan pengangkutan beton dengan vibrator harus dihindari. Setelah ditempatkan overlay harus dipadatkan, pemadatan yang cukup adalah penting untuk mendapatkan overlay yang padat dan homogen serta ikatan yang baik dan seragam. Untuk pemadatan direkomendasikan menggunakan *vibration pokers* dan *vibration platforms*. Perawatan overlay beton harus segera dilakukan setelah finishing. Perawatan overlay beton dapat dilakukan dengan perawatan basah (*wet cured*) dan perawatan kering (*dry cured*). Metode perawatan yang tepat mengurangi resiko retak karena penyusutan antara beton overlay dan beton lama.

Beberapa departemen transportasi (DOT) di USA seperti Indiana, Kansas, Michigan, dan Virginia telah membuat spesifikasi untuk pekerjaan Overlay beton pada pelat jembatan. Berikut adalah rangkuman dari langkah-langkah yang harus dilakukan dalam pelaksanaan perkuatan dengan overlay beton.

- a. Identifikasi daerah yang rusak. Identifikasi daerah yang rusak dapat dilakukan dengan Inspeksi Visual dan Tes *Sounding*. Kemudian pada daerah yang rusak dilakukan penandaan. Inspeksi visual dilakukan dengan mengamati tanda-tanda kerusakan pada beton seperti retak, bintik-bintik gelap, bagian beton yang terlepas atau mengelupas. Tes *Sounding* dilakukan untuk mengetahui kerusakan beton yang tidak tampak secara visual. Tes ini bisa dilakukan dengan cara menjatuhkan batang baja atau mengetukkan palu pada permukaan beton. Indikator kerusakan beton ditunjukkan dengan munculnya suara gema, atau bergetarnya partikel debu pada permukaan beton. Setelah kedua tes selesai dilakukan, maka dilakukan penandaan pada daerah beton yang rusak.
- b. Memotong daerah yang rusak. Pemotongan daerah yang rusak dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu *handchipping* dan *hydrodemolition*. *Handchipping* dilakukan dengan mengetuk palu (baik secara manual maupun mekanis) pada permukaan beton guna mengupas bagian beton yang rusak. Teknik *hydrodemolition* menggunakan sistem air bertekanan tinggi yang disemprotkan pada permukaan beton yang rusak. Peralatan *hydrodemolition* harus dikalibrasi sesuai dengan tingkat kerusakan beton. Semburan air bertekanan sangat tinggi digunakan untuk menghilangkan beton yang rusak hingga tampak bagian beton yang baik. Jika ada bagian beton baik yang ikut terkelupas, alat perlu dikalibrasi ulang. Air yang digunakan untuk proses ini haruslah air yang bersih.
- d. Persiapan sebelum pengecoran overlay. *Sandblasting* dan pembersihan harus dilakukan sesaat sebelum pengecoran beton. Ini berarti hanya sesaat menjelang pengecoran overlay dilakukan. Jika ada jeda antara pekerjaan memotong dan pengecoran overlay, *sandblasting* dan pembersihan tambahan diperlukan. *Sandblasting* diperlukan agar seluruh permukaan beton yang baik tampak. Dek perlu dibersihkan sampai bebas dari semua debu, kotoran, dan air. Peralatan apapun dapat digunakan untuk melakukan pembersihan, termasuk sapu dan kompresor udara, namun, peralatan yang dipakai harus tidak meninggalkan minyak, lemak, atau zat lain pada permukaan dek. Peralatan *sandblasting* dan pembersih harus memiliki perangkap minyak.
- e. Pengecoran overlay. Tahapan pengecoran dilakukan dalam 4 tahap yaitu lapisan pengikat (*bond coat*), finishing, teksturing dan perawatan (*curing*). Lapisan pengikat berupa lapisan beton dengan modifikasi lateks, yang diaplikasikan pada permukaan beton yang telah dibasahi. Lapisan pengikat ini menjamin kelekatan dari overlay ke permukaan beton dan mengisi bagian beton yang berlubang. Setelah pekerjaan lapisan pengikat selesai, dilakukan overlay lapisan beton dengan modifikasi lateks hingga ketebalan 13 mm dibawah ketebalan rencana. Mesin finishing akan menyelesaikan pelapisan hingga mencapai ketebalan yang diinginkan. Segera setelah overlay selesai dilakukan, permukaan diberi tekstur dengan membentuk alur melintang pada permukaan beton yang disebut *tinging*. Alur memberikan *skid resistance* dan juga membantu menyalurkan air keluar. Alur ini dapat dibentuk dengan menggunakan *vibrating roller beam* atau alat manual seperti garu. Bila overlay telah terlanjur mengeras, maka pembuatan alur dilakukan dengan menggunakan mesin pemotong. Saat proses pengeringan, overlay yang telah beralur ditutupi dengan karung goni basah dan bersih setebal 2 lapis. Sifat dari modifikasi lateks adalah untuk membentuk film plastik di permukaan pada saat pengeringan, biasanya dalam waktu 25 menit dalam cuaca panas dan kering. Seluruh lapisan harus dipertahankan dalam kondisi basah selama 24 jam sebelum dihilangkan. Sebagai alternatif untuk lapisan kedua, selain karung goni basah dan pembasahan terus menerus, lapisan polietilen dapat ditempatkan pada lapisan pertama dari goni basah untuk periode minimal 24 jam.

7. PENGARUH UMUR BETON TERHADAP KUAT LEKATAN

Peningkatan kuat geser dan kuat tekan interface pada usia dini sangat diperlukan dalam perbaikan jembatan karena akan menghemat waktu pelaksanaan sehingga jembatan dapat dibuka lebih cepat. Penggunaan penahan geser dipadu dengan perawatan yang tepat dilaporkan dapat meningkatkan kekuatan beton pada usia dini (*high early strength*).

Choi et al. (1999b) meneliti kuat geser interface untuk umur dan metode curing beton overlay yang berbeda pada 16 pelat beton ukuran panjang 4000 mm, lebar 1400 mm, dan dalam 200 mm. Tekstur permukaan dilakukan menggunakan alat laser. Paku dengan ukuran panjang 120 mm dan diameter 10 mm digunakan pada pelat dengan ketebalan overlay 145 mm. Pengujian dilakukan pada umur overlay 1, 1½, 2, 3, 4, 7, 14, dan 28 hari.

Dari hasil tes *pushoff* diperoleh bahwa lekatan berkembang 24 jam setelah pengecoran overlay dan peningkatan kuat geser yang cepat terjadi pada 3 hari pertama dengan kuat geser 2869 kPa. Nilai ini menurun pada umur 4 hari kemudian terus meningkat pada metode perawatan basah dengan kuat geser maksimum sebesar 3360 kPa pada umur 35 hari. Pada metode perawatan kering, kuat geser rata-rata pada umur 14 hari sedikit lebih rendah dibandingkan dengan nilai pada spesimen berumur 3 hari dengan metode perawatan basah. Juga dilaporkan bahwa, setelah umur 14 hari sampai 28 hari terjadi penurunan kuat geser permukaan akibat susut (*drying shrinkage*) pada overlay.

Dari hasil uji *pushoff* juga diketahui bahwa penggunaan paku (*large driven nail*) efektif untuk meningkatkan kuat geser interface pada usia dini. Meskipun kontribusi penggunaan paku tidak terlalu berpengaruh signifikan pada kekuatan interface, tapi paku berperan memberikan perlawanan geser pasca beban puncak. Paku biasanya mengalami kegagalan tercabut pada usia dini. Kekuatan geser interface 24 jam setelah penempatan beton overlay pada benda uji yang menggunakan paku dan tanpa paku masing-masing sebesar 1410 dan 1320 kPa, dan setelah 3 hari nilai-nilai ini meningkat menjadi 2240 dan 2050 kPa. Hasil ini menunjukkan kekuatan interface meningkat dengan cepat selama 3 hari pertama dan setelahnya mengalami penurunan karena susut pengeringan beton overlay.

Virginia DOT dalam rangka penelitian SHRP (*Strategic Highway Research Program*) melaporkan pengalamannya menggunakan beton dengan kekuatan awal sangat tinggi yang disebut metode VES (*very early strength*) dan HES (*high early strength*) sebagai berikut (FHWA, 1998). Pengecoran overlay dalam waktu 8 jam (metode VES dengan overlay PCC dengan modifikasi latex) yang diaplikasikan pada perbaikan dek jembatan overpass yang padat lalu lintas. Penutupan jembatan dilakukan pada hari Jumat jam 9 malam dilanjutkan dengan pengupasan lapis permukaan (*mill and shotblast*) sampai pk 11 malam. Pengecoran overlay dilakukan sampai jam 2 pagi dan lalu lintas dapat dibuka kembali pada hari Sabtu jam 5 pagi, 3 jam setelah pengecoran.

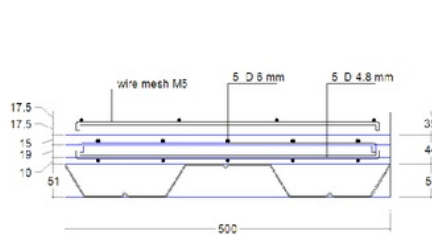
Penerapan metode HES memerlukan waktu 18-36 jam, dengan ilustrasi sebagai berikut. Penutupan jembatan dilakukan pada pk 9 malam hari Jumat. Keesokan harinya dilakukan mill dan shotblast sampai jam 6 pagi dan pengecoran overlay sampai jam 11 pagi. Jalur lalu lintas dibuka jam 5 pagi hari Minggu atau Senin tergantung pada suhu atau persyaratan pekerjaan. Kedua metode di atas bias dilaksanakan untuk pelat jembatan dengan kerusakan ringan yang tidak memerlukan banyak waktu tambahan untuk menghilangkan bagian pelat yang rusak.

8. PENGUJIAN PELAT DEK BAJA DENGAN PERKUATAN OVERLAY BETON

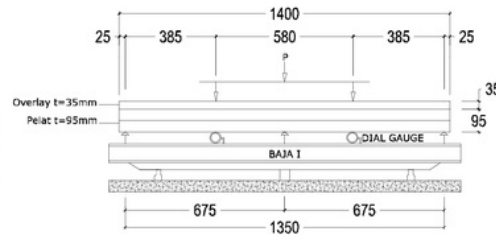
Eksperimen di laboratorium guna mempelajari perilaku pelat jembatan CSD yang diperkuat dengan overlay beton. ¹ Tulangan telah dilakukan pada Laboratorium Struktur Fakultas Teknik Universitas Udayana (Sukrawa et al., 2010). Pada penelitian ini digunakan 4 (empat) jenis benda uji, PK, PP3H, PP7H dan PP28H, masing-masing terdiri dari 3 (tiga) buah pelat satu arah menerus di atas tiga perletakan. Angka 3, 7 dan 28 menunjukkan umur beton overlay saat pengujian. PK berupa pelat kontrol tanpa overlay, sedangkan PP adalah pelat dengan perkuatan overlay beton. Masing-masing dua pelat diberikan beban awal sampai retak pertama sebelum diperkuat untuk mensimulasikan pelat lama yang sudah rusak, sedangkan masing-masing satu pelat tanpa ¹ beban awal sebagai perbandingan. Dimensi pelat dalam skala ½ adalah 1400x500x95 mm dengan tebal overlay 35 mm sesuai dengan ketebalan rencana lapisan aspal yang diatur dalam peraturan perencanaan jembatan, BMS (Anonim, 1992). Semua benda uji, PK, PP3H, PP7H dan PP28H diuji ulang sampai runtuh pada umur 28 hari.

Mutu beton pelat dan ¹ adalah f'_c 25 MPa, sedangkan mutu beton untuk perkuatan overlay adalah f'_c 35 MPa dengan *accelerator*. Tulangan longitudinal pelat menggunakan baja polos dengan diameter 6 mm. Untuk dek baja digunakan Smartdek tinggi 50 mm, tebal BMT 1 mm dengan f_y 550 MPa. Pada bagian overlay dipasang tulangan wiremesh M5 dengan f_y 550 MPa. Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan potongan melintang pelat dan skema pengujian yang dilakukan.

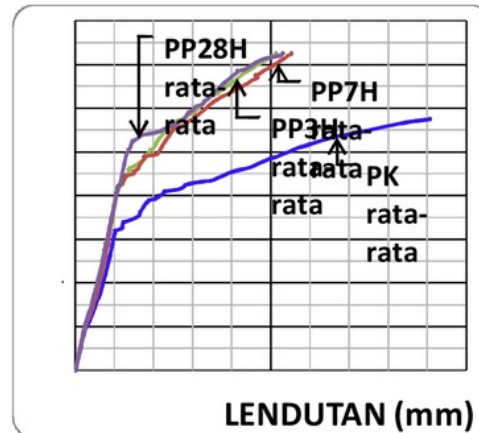
Penghubung geser antara pelat lama dan overlay berupa baut mutu sedang ukuran diameter 10 mm panjang 50 mm sejumlah 8 baut yang ¹ sebar merata. Permukaan pelat lama dikasarkan dengan gerinda dengan kedalaman dangkal (diatas tulangan atas) dan dilapisi dengan *bonding agent* sebelum beton overlay dicor. Perawatan dilakukan dengan ¹ runcing goni basah selama 3 hari sebelum pengujian beban dilakukan. Hasil uji lentur dilaporkan berupa grafik hubungan beban dan lendutan (di bawah beban) untuk masing – masing pelat uji untuk berbagai umur overlay (Gambar 4).



Gambar 2. Pot. melintang pelat dengan overlay



Gambar 3. Skema pembebanan



Gambar 4. Kurva hubungan beban – lendutan. (Sumber: Sukrawa et al.)

Dari Gambar 4 tampak bahwa, dengan perkuatan overlay beton, kekuatan dan kekakuan pelat meningkat untuk semua umur overlay. Peningkatan kekuatan minimum sebesar 45% diamati pada umur overlay 3 hari dengan peningkatan kekakuan yang sangat berarti. Pelat dengan perkuatan overlay yang pelat dasarnya diberi pembebanan awal menunjukkan kekuatan dan kekakuan yang sama dengan pelat dasar tanpa pembebanan awal yang berarti bahwa, pelat yang telah mengalami kerusakan dapat diperkuat dengan overlay dengan peningkatan kekuatan setara dengan pelat baru. Kekuatan pelat komposit pada umur overlay 3 dan 7 hari hanya sedikit lebih kecil dari kekuatan pelat komposit pada umur 28 hari. Ini berarti aksi komposit terbentuk dengan baik pada usia dini dengan bantuan penghubung geser. Pelat dek baja mengalami delaminasi pada bagian samping sehingga grafik beban lendutan pelat lebih pendek. Jika pelat uji dibuat lebih lebar maka diharapkan pelat lebih daktail.

9. PENUTUP

Metode perkuatan pelat jembatan dek baja dengan overlay beton sangat potensial dilaksanakan di Indonesia dalam rangka efisiensi anggaran dan penghematan waktu pelaksanaan. Keberhasilan metode ini sangat tergantung dari lekatan interface antara beton lama dan beton baru. Untuk itu diperlukan persiapan permukaan beton lama yang baik meliputi identifikasi bagian pelat yang rusak, pengupasan bagian yang rusak, tekstur permukaan, penambahan *shear connector* dan pemakaian *bonding agent*. Perawatan beton overlay menggunakan air sangat membantu peningkatan kuat lekat pada 3 hari pertama setelah pengecoran. Uji coba metode perkuatan ini di lapangan perlu dilakukan untuk menguji kehandalannya sebelum diterapkan dalam skala lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1986). *Manual for Assembly and Erection of Steel Spans*. IBRD Highway Betterment Project I. Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. (1992). *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*. Bridge Management System. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum.
- Choi, D., Jirsa, J.O., and Fowler, D.W. (1999). "Shear Transfer across Interface between New and Existing Concretes Using Large Powder-Driven Nails". *Technical Paper. ACI Structural Journal* / Vol. March-April 1999. Title No. 96-S20.

- Choi, D., Fowler, D.W., and Jirsa, J.O. (1999). "Interface Shear Strength Of Concrete At Early Ages". *ACI Structural Journal*, Vol. May-June 1999. Title No. 96-S37.
- 1 IWA, (1998). "Federal Highway Administration's". *FOCUS newsletter*. September 1998 Edition.
- Gillium, A.J., Shahrooz, B.M., and Cole, J.R. (2001). "Bond Strength Between Sealed Bridge Decks and Concrete Overlays". *ACI Structural Journal*, Vol. November-December 2001. Title No. 98-S83.
- 1 Hidayat, L. (2003). *Mengapa Lantai Jembatan Rangka Baja Cepat Rusak*. Seminar Sehari Kerusakan Lantai Jembatan dan Metode Perbaikan. Balitbang DPU.
- Lemieux, M., Gagne, R., dan Lachemi, M. (2005). "Behavior of overlaid reinforced concrete slab panels under cyclic loading-effect of interface location and overlay thickness". *ACI Structural Journal*, Vol. May-June 2005. Title No. 52-S46.
- Suasira, IW. (2010). *Perilaku Lentur Pelat Beton Bertulang Yang Diperkuat Dengan Overlay Beton*. Tesis, Program Magister PS Teknik Sipil Universitas Udayana 1
- Sukrawa, M., Sudarsana, IK., Dana, IW. (2010). *Perkuatan Pelat Jembatan Dek Baja Dengan Overlay Beton Bertulang*. Laporan Penelitian Strategis Nasional, Universitas Udayana. 1
- 1 Sukrawa, M. (2003). *Laporan Perencanaan Perkuatan Jembatan Tukad Bindu di Denpasar - Bali*. Kerjasama Fakultas Teknik dengan Pemprov Bali (Dinas Pekerjaan Umum).
- 3 DL (2003). *Designing With Steel Form Deck*. Steel Deck Institute, P.O. Box 25 Fox River Grove, IL 60021.
- Wells, J.A., Stark, 7 D. and Polyzois, D.(1999). "Getting better bond in concrete overlays". *Concrete international*. <http://pdffinder.net/High-Performance-Concrete-Bridge-Deck-Overlays-for-County-Bridges>. "High Performance Concrete Bridge Deck Overlays for Country Bridge"
- www.intrans.iastate.edu/pubs/midcon2009/presentations/1B Megger Dave.pdf. "The Kansas Experience with Polymer Concrete Bridge Deck Overlays"
- 4 www.michigan.gov/documents/mdot/MDOT_research_Report_RC1422_200642_7.pdf "Field Performance of Polymer Bridge Deck Overlays in Michigan"

Pelat Jembatan Dek Baja Dengan Perkuatan Overlay Beton (Kajian Kritis)

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

10%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

www.dosen.narotama.ac.id

Internet Source

8%

2

searchpdfbooks.com

Internet Source

<1%

3

www.rilem.org

Internet Source

<1%

4

goodguystoknow.com

Internet Source

<1%

5

sipil.pnb.ac.id

Internet Source

<1%

6

densetyawan.blogspot.com

Internet Source

<1%

7

www.iowadot.gov

Internet Source

<1%

8

ft.uajy.ac.id

Internet Source

<1%

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On