

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR: 05/SE/M/2016
TANGGAL 15 MARET 2016**

TENTANG

**PEDOMAN RESTORASI PENYALURAN BEBAN PADA
PERKERASAN KAKU**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan	2
4.1 Ketentuan penyalur beban/dowel.....	2
4.2 Ketentuan bahan tambalan.....	2
4.3 Rancangan dan tata letak dowel.....	3
5 Pelaksanaan.....	5
5.1 Peralatan	5
5.2 Prosedur pelaksanaan	5
6 Pengendalian mutu.....	7
Lampiran A (normatif) Permasalahan yang umum terjadi pada restorasi penyaluran beban	11
Lampiran B (informatif) Perhitungan efisiensi penyaluran beban dan perbedaan lendutan.....	14
Lampiran C (informatif) Gambar – gambar pelaksanaan Restorasi penyalur beban pada perkerasan kaku	16
Bibliografi.....	19
Gambar 1 - Tata letak batang dowel pada pelaksanaan restorasi penyaluran beban.....	4
Gambar 2 - Detail rancangan celah untuk pemasangan dowel	4
Gambar 3 - Ilustrasi langkah-langkah restorasi penyalur beban (tampak samping)	6
Gambar 4 - Toleransi posisi batang dowel	10

Prakata

Pedoman restorasi penyaluran beban pada perkerasan kaku disusun berdasarkan hasil penelitian Puslitbang Jalan dan Jembatan, dan mengacu pada Federal Highway Administration (2008), "*Concrete Pavement Preservation*".

Pedoman ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Bahan dan Perkerasan Jalan, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 9 Desember 2014 di Bandung oleh Subkomite Teknis yang melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait

Pendahuluan

Restorasi penyaluran beban (*load transfer restoration*) pada perkerasan kaku merupakan kegiatan pemeliharaan perkerasan kaku yang dilakukan melalui pemasangan beberapa buah batang dowel pada sambungan atau retak melintang pada perkerasan kaku. Tujuan restorasi penyaluran beban adalah untuk meningkatkan penyaluran beban pada sambungan atau retak melintang sehingga perbedaan lendutan pada kedua pelat yang dipisahkan oleh sambungan/retak menjadi minimum dan selanjutnya pelat terhindar dari pemompaan (*pumping*), penurunan pada sambungan (*joint faulting*), erosi lapis pondasi, serta kehancuran sudut (*corner breaks*).

Perkerasan kaku yang penyalur bebannya perlu direstorasi adalah perkerasan kaku lama yang dilengkapi dengan dowel tetapi dowel tersebut tidak berfungsi. Restorasi penyaluran beban juga merupakan cara efektif untuk meningkatkan penyaluran beban pada pelat yang mengalami retak melintang (apabila retak cukup seragam dan belum mengalami pelebaran atau *faulting*) sehingga dapat mempertahankan kekuatan struktural dan meningkatkan kenyamanan. Kondisi sambungan atau retak pada perkerasan kaku yang dapat ditangani melalui restorasi penyaluran beban adalah sambungan dan retak yang mempunyai efisiensi penyaluran beban lebih kecil dari 60 persen dan batas minimum perbedaan lendutan yang direkomendasikan adalah 0,13 mm.

Restorasi penyaluran beban pada perkerasan kaku

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan tentang ketentuan bahan dan rancangan, prosedur pelaksanaan, dan pengendalian mutu pada pekerjaan restorasi penyaluran beban pada perkerasan kaku yang juga meliputi informasi tentang dasar pemilihan perkerasan lama yang dapat ditangani melalui restorasi penyaluran beban, keterbatasan dan efektifitas restorasi penyaluran beban, dan permasalahan yang umum terjadi pada restorasi penyaluran beban.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

SNI 03-4814-1998, *Spesifikasi bahan penutup sambungan beton tipe elastis tuang panas.*

AASHTO M 31, *Standard Specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement.*

AASHTO M 235, *Standard Specification for Epoxy Resin Adhesives.*

ASTM C-109, *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens).*

ASTM C-596, *Standard Test Method for Drying Shrinkage of Mortar Containing Hydraulic Cement.*

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan.

3.1

batang pengikat (*tie bars*)

batang baja ulir yang dipasang pada sambungan memanjang dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal

3.2

patahan (*faulting*)

perbedaan elevasi pelat pada sambungan yang bersebelahan atau daerah retak yang terjadi pada perkerasan kaku tanpa dowel

3.3

penyemprotan pasir (*sandblasting*)

cara penyemprotan dengan partikel pasir yang dibantu dengan udara bertekanan, bertujuan untuk mengikis kotoran yang menempel pada dinding sambungan atau retak yang dapat mengganggu pelekatan antara bahan penutup dengan dinding sambungan atau retak

3.4

penyemprotan udara (*airblasting*)

cara penyemprotan dengan udara bertekanan tinggi dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran yang terdapat dalam sambungan atau retak yang mengganggu pelekatan antara bahan penutup dengan dinding sambungan atau retak

3.5

penyaluran beban (*load transfer*)

kemampuan struktur perkerasan kaku untuk menyalurkan beban melalui sambungan atau retak yang dapat dinyatakan dengan nilai lendutan

3.6

pumping

pemompaan atau lontaran rembesan air yang terpompa dari bawah perkerasan melalui retakan atau celah sambungan perkerasan beton semen akibat beban lalu lintas berat

3.7

ruji (*dowel*)

batang baja polos lurus yang dipasang pada setiap jenis sambungan melintang dengan maksud sebagai sistem penyalur beban, sehingga pelat yang berdampingan dapat bekerja sama tanpa terjadi perbedaan penurunan yang berarti

3.8

restorasi penyaluran beban (*load transfer restoration*)

kegiatan pemeliharaan perkerasan kaku yang dilakukan melalui pemasangan beberapa buah batang dowel pada sambungan atau retak melintang pada perkerasan kaku

4 Ketentuan

4.1 Ketentuan penyalur beban/dowel

- a. Ukuran dowel: panjang 450 mm, diameter 1/8 tebal pelat.
- b. Mutu dowel memenuhi persyaratan menurut AASHTO M 31 kelas 40 (tegangan leleh minimal 40.000 psi).
- c. Sekitar 225 mm atau setengah panjang dowel tertanam pada tiap sisi sambungan atau retak.
- d. Tersedia ruang untuk topi pemuaian (*expansion cap*) pada kedua ujung batang penyalur beban
- e. Jarak antara dowel 300 mm.

4.2 Ketentuan bahan tambalan

- a. Bahan tambalan merupakan bahan yang digunakan untuk menahan dowel agar tetap pada posisinya.
- b. Sifat-sifat bahan tambalan yang disyaratkan adalah:
- c. penyusutan kecil atau tidak ada penyusutan
 - mempunyai koefisien pemuaian termal yang sama dengan beton di sekitarnya
 - mempunyai lekatan yang baik dengan beton yang lama
 - dalam waktu singkat mampu mencapai kekuatannya sehingga perkerasan dapat dilewati lalu-lintas.
- d. Bahan tambalan merupakan faktor yang paling kritis pada pekerjaan restorasi penyaluran beban, bahan untuk penambalan dangkal (*partial-depth repair*) umumnya baik juga untuk penambalan pada pekerjaan restorasi penyaluran beban.
- e. Salah satu faktor bahan tambalan paling penting yang harus dikendalikan untuk mencegah penyusutan dan kehilangan lekatan adalah kadar air. Pada Tabel 1 ditunjukkan sifat-sifat dan jenis-jenis pengujian untuk bahan tambalan.

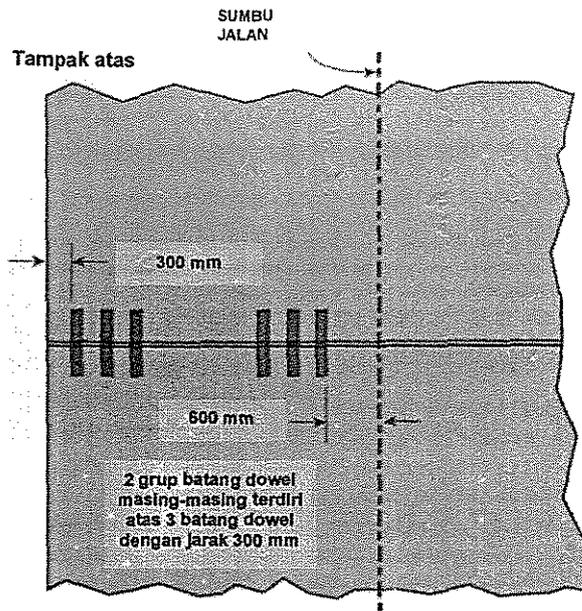
Tabel 1 - Sifat-sifat bahan tambalan

SIFAT-SIFAT	PROSEDUR PENGUJIAN	NILAI YANG DIREKOMENDASIKAN
• Kuat tekan, 3 jam	ASTM C-109	Minimum 21 MPa
• Kuat tekan, 24 jam	ASTM C-109	Minimum 34 MPa
• Penyusutan, 4 hari	ASTM C-596	Maksimum 0,13 persen

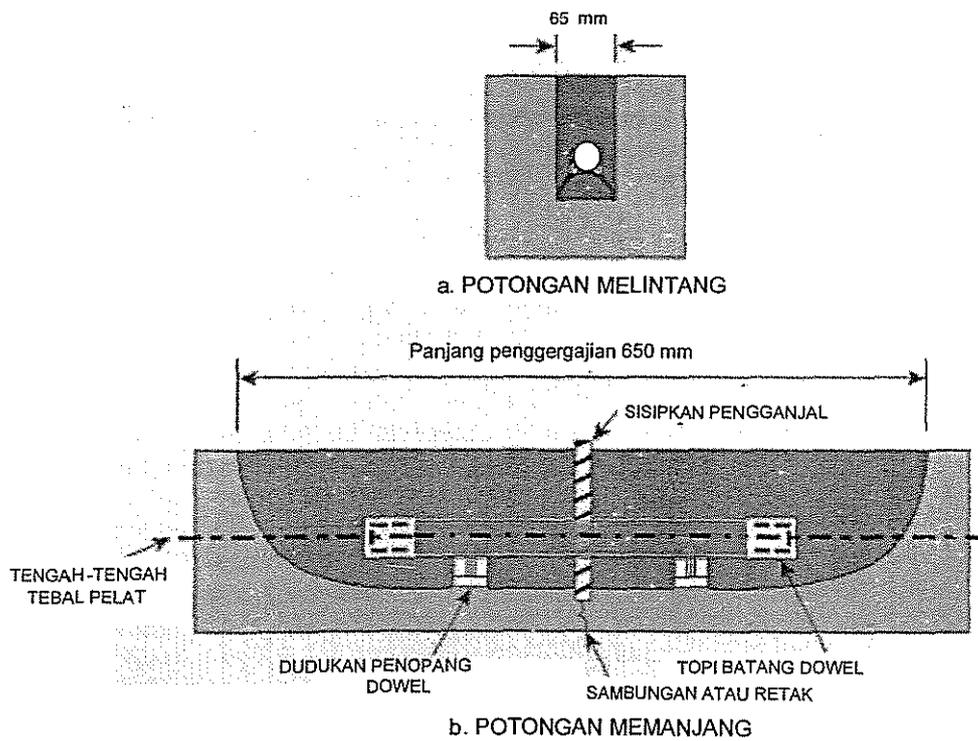
- f. Jenis bahan tambalan untuk restorasi penyaluran beban yang digunakan adalah :
- mortar semen tanpa atau dengan bahan tambah yang umum digunakan.
 - bahan mengikat cepat (*rapid-setting materials*), umumnya merupakan produk bahan jadi dalam kemasan. Keunggulan utama jenis bahan tersebut adalah sifatnya yang cepat mengikat sehingga memungkinkan perkerasan dapat secepatnya dibuka untuk lalu-lintas. Penggunaan bahan tersebut perlu mengikuti prosedur yang dikeluarkan oleh produsen.
- g. Bahan *adhesif-epoxy* digunakan untuk meningkatkan lekatan antara beton lama dengan bahan tambalan. Bahan tersebut harus memenuhi persyaratan AASHTO M 235 dan aplikasinya harus mengikuti rekomendasi produsen.

4.3 Rancangan dan tata letak dowel

- a. Tata letak dowel yang direkomendasikan adalah pada tiap jejak roda dipasang 3 buah dowel yang berjarak 300 mm dan posisi dowel terluar harus terletak pada jarak 300 mm dari tepi pelat, kecuali apabila sambungan memanjang antara pelat yang berdampingan dan antara pelat dengan bahu dipasang batang pengikat, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.
- b. Dimensi celah untuk pemasangan dowel:
- Celah harus cukup panjang agar dowel dapat diletakkan secara mendatar pada dasar celah tanpa mengenai lengkungan bidang penggergajian.
 - Tipikal untuk dowel yang panjangnya 450 mm, panjang permukaan celah hasil penggergajian sekitar 650 mm. Lebar celah tipikal adalah 65 mm.
 - Celah harus mempunyai kedalaman yang cukup untuk meletakkan dowel di tengah-tengah tebal pelat dan untuk memasang kursi penopang dowel yang tingginya sekitar 13 mm.
 - Dasar celah harus datar dan rata serta mempunyai lebar yang seragam. Pada Gambar 2 ditunjukkan detail celah.



Gambar 1 - Tata letak batang dowel pada pelaksanaan restorasi penyaluran beban



Gambar 2 - Detail rancangan celah untuk pemasangan dowel

5 Pelaksanaan

5.1 Peralatan

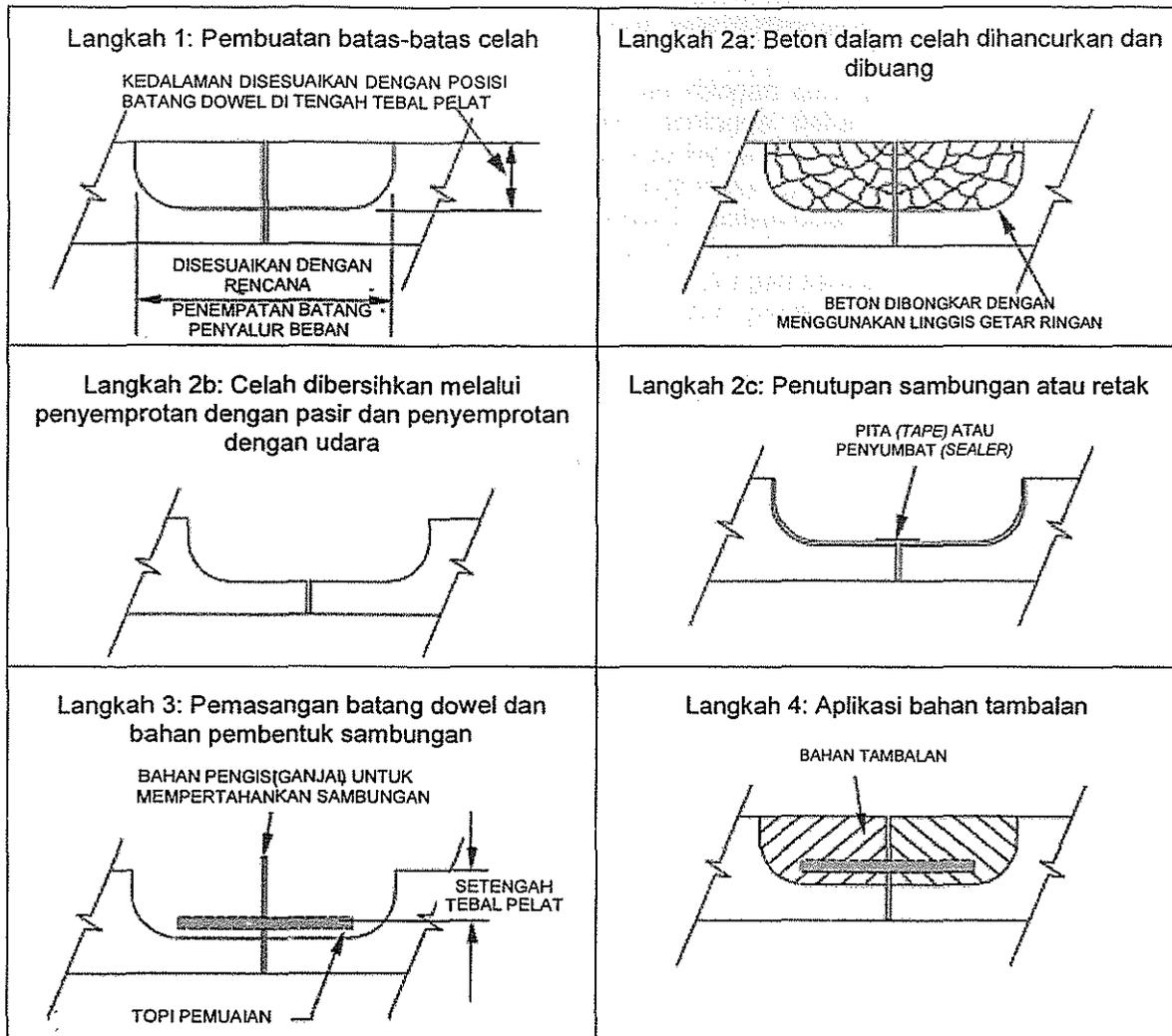
Peralatan yang digunakan pada pelaksanaan kegiatan restorasi penyaluran beban adalah:

- a. Gergaji bergigi intan (*diamond-bladed saw*), untuk menggergaji batas-batas tambalan.
- b. *Jackhammer* ringan dengan berat maksimum 14 kg, untuk membongkar beton.
- c. Pahat dan palu kecil, untuk membongkar beton
- d. Alat penyemprot pasir (*sandblasting*) dan alat penyemprot udara (*airblasting*), untuk membersihkan daerah penambalan.
- e. Alat pencampur beton dengan kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan.
- f. Alat pemadat manual dan alat perata beton.
- g. Kuas, untuk melaburkan bahan perekat.

5.2 Prosedur pelaksanaan

Pengerjaan restorasi penyaluran beban sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3 yang mencakup langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Pembuatan batas-batas celah
 - Metode yang direkomendasikan untuk membuat batas-batas celah adalah menggunakan mesin pemotong dengan gergaji bergigi intan.
 - Beton di antara dua garis dihancurkan dengan menggunakan *jackhammer*.
 - Perlu diperhatikan bahwa celah-celah yang dibuat harus sejajar dengan sumbu jalan dan mempunyai kedalaman, lebar, panjang, dan jarak yang sesuai dengan rancangan.
- b. Pembentukan celah
 - Gunakan *jackhammer* atau alat manual untuk menghancurkan dan membuang beton pada tiap celah.
 - *Jackhammer* tidak boleh digunakan pada bidang vertikal (bidang yang tegak lurus dengan permukaan perkerasan), karena hal tersebut dapat meningkatkan tumbukan (*punch*) terhadap dasar celah.
 - Setelah beton dalam celah dibuang, dasar celah harus diratakan dengan menggunakan pahat dan palu kecil.
 - Celah disemprot dengan alat penyemprot pasir, yaitu untuk membuang debu dan kotoran hasil penggergajian agar dasar dan dinding celah dapat melekat secara kuat dengan bahan tambalan, selanjutnya diikuti dengan penyemprotan udara serta pemeriksaan kebersihan celah, sebelum pemasangan batang penyalur beban dan penuangan bahan tambalan.
 - Sambungan atau retak pada dasar celah harus ditutup dengan penyumbat silikon, yaitu untuk mencegah instruksi bahan tambalan yang mungkin menimbulkan keruntuhan kompresi.
 - Penyumbatan tidak boleh lebih dari 13 mm di luar sambungan, karena penyumbatan yang berlebihan akan menghambat pelekatan antara bahan tambalan dengan beton lama.



Gambar 3 - Ilustrasi langkah-langkah restorasi penyalur beban (tampak samping)

c. Pemasangan dowel

- Seluruh panjang batang dowel harus dilapis dengan bahan anti lengket (*bond breaking material*), untuk memfasilitasi pergerakan sambungan.
- Kedua ujung dowel dipasang topi pemuai
- Letakkan dowel pada dudukan penopang terbuat dari bahan bukan logam atau bahan logam yang dilapis bahan anti karat dan diposisikan sedemikian rupa dalam celah sehingga dowel terletak secara horizontal di tengah-tengah tebal pelat dan sejajar dengan sumbu jalan
- Untuk mencegah instruksi bahan tambalan ke dalam sambungan atau retak dan untuk membentuk sambungan, maka di tengah-tengah batang penyalur beban harus dipasang pengganjal atau bahan polistiren (*expanded polystyrene*), karena bahan tambalan yang masuk ke dalam sambungan dapat menimbulkan tegangan titik (*point bearing forces*).

d. Aplikasi bahan tambalan

- Bahan tambalan diaplikasi ke dalam celah sesuai dengan petunjuk produsen bahan tambalan.
- Aplikasi bahan tambalan harus dilakukan dengan cara yang tidak mengganggu posisi batang dowel di dalam celah, sehingga bahan tambalan tidak boleh diaplikasikan dengan cara menuangkannya ke dalam celah, tetapi bahan tambalan dapat diaplikasikan dengan cara menuangkannya pada permukaan perkerasan di sekitar celah dan kemudian mendorongnya ke dalam celah.
- Padatkan bahan tambalan di dalam celah dengan menggunakan vibrator kecil atau secara manual dengan menggunakan batang dengan cara ditusuk-tusukkan.
- Untuk mengurangi penyusutan bahan tambalan, permukaan tambalan perlu dilapis dengan bahan perawatan (*curing compound*).
- Perkerasan dapat dibuka untuk lalu-lintas, tergantung pada jenis bahan tambalan yang digunakan atau sesuai dengan petunjuk dari produsen bahan tambalan.

e. Penggerindaan (opsional)

Jika setelah dilakukan restorasi penyaluran beban terjadi perbedaan elevasi antara permukaan tambalan lebih dari 4 mm, maka perlu dilakukan penggerindaan.

f. Pembentukan ulang sambungan dan penutup sambungan

Setelah bahan tambalan mengeras dan permukaan perkerasan digerinda, sambungan melintang harus dibentuk kembali dengan cara menggergaji seluruh panjang sambungan termasuk ganjal pembentuk sambungan. Sambungan melintang harus dibentuk dan ditutup sesuai dengan ketentuan. Bahan untuk mengisi celah sambungan yang disyaratkan sesuai dengan SNI 03-4814-1998.

6 Pengendalian mutu

Pekerjaan hasil restorasi penyaluran beban mempunyai kinerja yang sangat tergantung pada mutu bahan dan prosedur pelaksanaan. Pengendalian mutu selama pelaksanaan akan sangat memperkecil kemungkinan terjadinya kerusakan dini pada pekerjaan hasil restorasi penyaluran beban.

a. Pekerjaan persiapan

- (i) Perlu dilakukan peninjauan ulang dokumen yang terkait dengan pekerjaan, kondisi perkerasan yang akan ditangani melalui restorasi penyaluran beban, dan bahan yang akan digunakan
- (ii) Kaji ulang kondisi perkerasan lama
 - Pastikan bahwa kondisi perkerasan tidak mengalami perubahan yang berarti sejak perkerasan tersebut ditetapkan untuk ditangani dengan restorasi penyaluran beban.
 - Pastikan bahwa secara struktural, perkerasan lama masih mantap (retak pada pelat dan/atau kehancuran sudut pelat merupakan indikator bahwa secara struktural, perkerasan lemah)

b. Kaji ulang bahan

- Pastikan semua bahan seperti: bahan tambalan, bahan penutup sambungan atau retak, bahan untuk perawatan tambalan, bahan pengganjal (busa polistiren, tebal 12 mm) untuk membentuk ulang sambungan/retak, memenuhi persyaratan yang ditetapkan.

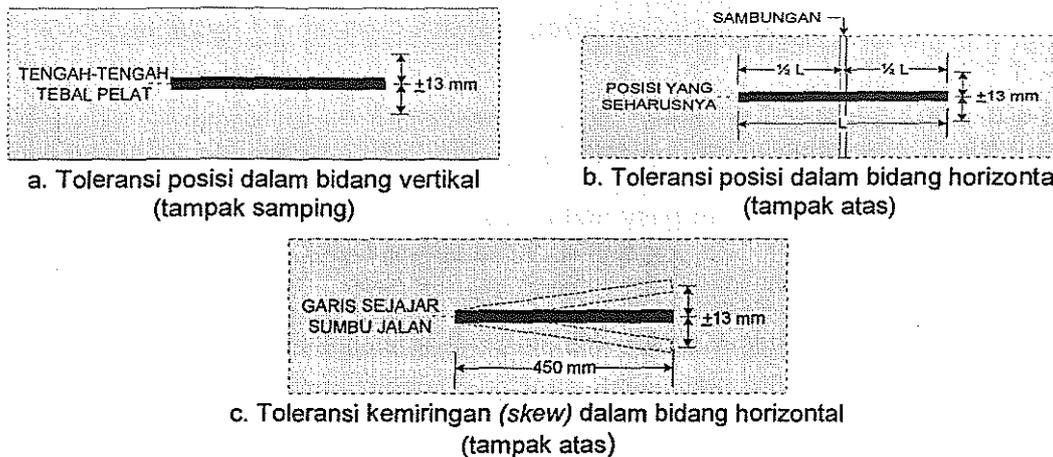
- Pastikan dowel,udukan batang dowel, topi batang dowel, telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dan dowel telah dilapis epoksi (atau bahan lain yang sejenis) dan bebas dari kerusakan.
 - Pastikan kuantitas semua bahan telah mencukupi untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan.
- c. Peralatan
- Pastikan mesin gergaji mempunyai berat, daya (*horsepower*), dan konfigurasi yang memadai untuk membuat batas-batas celah sampai kedalaman yang ditentukan.
 - Pastikan *jackhammer* untuk membongkar beton dalam celah mempunyai berat maksimum 14 kg.
 - Pastikan bahwa unit penyemprot pasir, kompresor untuk membersihkan celah dapat digunakan.
 - Pastikan alat pencampur yang digunakan untuk mencampur bahan tambalan mempunyai pedal yang tidak memungkinkan bahan tambalan menggumpal.
 - Pastikan bahwa alat uji yang ditetapkan telah tersedia di lapangan dan dalam kondisi yang siap pakai.
- d. Ketentuan cuaca
- Beberapa hal yang terkait dengan cuaca yang perlu dicek/diperiksa menjelang pelaksanaan adalah sebagai berikut:
- Pedoman dari produsen tentang ketentuan khusus bahan tambalan.
 - Kesesuaian temperatur udara dan permukaan perkerasan dengan spesifikasi untuk pengecoran beton, tidak boleh dilakukan pada temperatur udara > 32 °C.
 - Pemasangan dowel dan aplikasi bahan tambalan tidak boleh dilakukan apabila diperkirakan akan turun hujan. Celah untuk dowel yang telah selesai dibuat harus ditutup dengan terpal *polyethylene* untuk mencegah kerusakan akibat hujan.
- e. Pengendalian lalu-lintas
- Menjelang pelaksanaan dimulai harus dipastikan semua rambu dan perlengkapan untuk pengendalian lalu lintas telah sesuai dengan rencana. Setelah pelaksanaan penambalan selesai, lalu lintas tidak diizinkan melewati perkerasan sampai bahan tambalan mengeras dan mempunyai kekuatan minimum yang disyaratkan.
- f. Pengawasan pada pelaksanaan pekerjaan
- i) Pemotongan batas-batas celah
- Semua batas tiap celah telah dibuat sejajar dengan sumbu jalan dan mempunyai panjang dalam batas-batas toleransi, untuk dowel yang panjangnya 450 mm, toleransi biasanya 9 mm.
 - Jumlah celah pada tiap jejak roda telah sesuai dengan jumlah yang ditentukan yaitu 3 buah.
 - Batas-batas celah telah dibuat sedemikian rupa sehingga celah tidak terletak satu garis dengan retak memanjang.
 - Batas-batas telah dibuat sedemikian rupa sehingga jarak masing-masing ujung celah dari sambungan telah sesuai dengan jarak yang ditetapkan. Jarak tersebut penting terutama untuk sambungan dan retak melintang yang miring (*skewed*).
 - Bidang batas-batas celah mempunyai kedalaman yang memungkinkan batang dowel diletakkan di tengah-tengah tebal pelat dan di bawah batang dowel dipasangudukan. Celah yang terlalu dalam berpotensi menimbulkan retak sudut pada saat pelat dilewati kendaraan.
 - Lebar celah harus sama dengan lebar kursi penopang batang penyalur beban.

- ii) Pembongkaran beton untuk membentuk celah
 - Pastikan bahwa untuk membentuk celah, beton dibongkar dengan menggunakan *jackhammer* yang mempunyai berat 14 kg.
 - Pengoperasian *jackhammer* harus dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak menumbuk dasar celah.
 - Dasar celah harus diratakan dan dirapihkan dengan menggunakan palu ringan.

- iii) Pembersihan dan penyiapan celah
 - Setelah beton dikeluarkan, harus dipastikan bahwa celah dibersihkan dengan alat penyemprot pasir. Kebersihan celah harus diperiksa sehingga dipastikan bahwa celah bebas dari bahan yang mengganggu pelekatan antara dinding dan dasar celah dengan bahan tambalan.
 - Setelah disemprot dengan alat penyemprot pasir, harus dipastikan bahwa celah dibersihkan dengan penyemprotan udara.
 - Apabila sebelum aplikasi bahan tambalan, celah dibiarkan terbuka dalam waktu yang lebih lama dari waktu yang ditetapkan, maka penyemprotan udara ke dua kali mungkin diperlukan.
 - Permukaan beton di sekitar celah (sekitar 1,0 sampai 1,2 meter dari celah) harus dipastikan dibersihkan sampai bebas kotoran (antara lain debu, dan pecahan beton). Hal tersebut dimaksudkan agar pada operasi selanjutnya, kemungkinan kotoran masuk ke dalam celah dapat dikurangi.
 - Sambungan/retak yang terdapat pada dasar dan sebelah luar celah harus dipastikan ditutup dengan bahan yang memenuhi syarat. Hal tersebut dimaksudkan agar bahan tambalan tidak masuk ke dalam sambungan/retak.
 - Perlu diperhatikan bahwa penutup sambungan/retak pada dasar celah dipastikan tidak lebih dari 13 mm di luar tepi sambungan/celah.

- iv) Pemasangan batang dowel
 - Topi batang dowel harus dipastikan dipasang pada kedua ujung batang dowel, sesuai dengan ketentuan.
 - Sebelum diletakkan pada dudukan, dowel harus dipastikan telah dilapis dengan bahan pelumas yang memenuhi persyaratan agar tidak melekat pada beton.
 - Batang dowel yang telah dilapis dari produsen harus dipastikan bebas kotoran dan cacat, misal takikan atau abrasi.
 - Bahan pelumas pada dowel yang dilapiskan dari produsen harus terlihat jelas, apabila tidak, maka batang dowel harus dilapis ulang.
 - Apabila telah dipasang dalam celah, batang dowel tidak boleh dilapis, karena bagian sisi dan bawah dowel akan terkontaminasi.
 - Antara batang dowel dengan dinding, ujung, dan dasar celah harus dipastikan terdapat ruang yang sesuai dengan ketentuan.
 - Bilah pembentuk sambungan (*joint forming material*) harus dipastikan dipasang di tengah-tengah batang dowel, satu garis dengan sambungan/retak.
 - Pemasangan batang dowel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, harus dipastikan memenuhi toleransi sebagai berikut:
 - Terletak pada daerah sekitar 25 mm di tengah-tengah tebal pelat.
 - Terbagi dua oleh sambungan/retak.
 - Terletak sejajar dengan sumbu jalan dan permukaan perkerasan.
 - Terpasang pada bidang horizontal dengan toleransi ± 13 mm dari posisi yang seharusnya, dan untuk tiap panjang batang dowel 450 mm mempunyai kemiringan (*skew*) ± 13 mm dari garis yang sejajar sumbu

jalan. Batang dowel yang terpasang di luar toleransi dapat mengakibatkan sambungan terkunci dan berpotensi menimbulkan retak pada pelat.



Gambar 4 - Toleransi posisi batang dowel

- v) Pencampuran, aplikasi, dan perawatan bahan tambalan
- Hal-hal yang perlu dipastikan pada saat pengerjaan bahan tambalan adalah sebagai berikut:
- Bahan tambalan dicampur sesuai dengan ketentuan dari produsen.
 - Kuantitas bahan tambalan yang dicampur sedikit demi sedikit untuk mencegah setting terlalu cepat (*setting prematurely*).
 - Permukaan beton serta dinding dan dasar celah dalam kondisi kering.
 - Bahan tambalan dipadatkan dengan menggunakan vibrator kecil. Bahan tambalan dalam tiap celah cukup dipadatkan dengan dua sampai empat kali penetrasi vertikal vibrator kecil yang durasinya pendek-pendek.
 - Permukaan bahan tambalan dibuat rata dengan permukaan perkerasan di sekitar celah. Untuk mencegah bahan tambalan tertarik dari batas-batas celah, perataan harus dilakukan dengan gerakan ke arah luar. Apabila akan dilakukan penggerindaan, maka permukaan bahan tambalan harus dibentuk agak cembung.
 - Setelah permukaan tambalan dirapihkan dan diberi tekstur lakukan secepatnya aplikasi kumpon.
- vi) Pembersihan lapangan
- Setelah restorasi penyaluran beban selesai, harus dipastikan bahwa permukaan perkerasan lama dibersihkan sehingga bebas dari semua pecahan-pecahan beton dan debu. Semua peralatan harus dipastikan diangkat dari lapangan dan dibersihkan sehingga siap digunakan untuk restorasi penyalur beban berikutnya.
- vii) Penggerindaan
- Apabila penggerindaan permukaan tambalan merupakan bagian dari restorasi penyaluran beban, maka penggerindaan harus dipastikan dilakukan dalam waktu yang tidak lebih dari 30 hari setelah aplikasi bahan tambalan.
- viii) Pembentukan dan penutupan ulang sambungan/retak
- Apabila penutupan ulang sambungan/retak merupakan bagian restorasi penyalur beban, maka harus dipastikan bahwa pekerjaan tersebut dilakukan setelah bahan tambalan mengeras dan digerinda sesuai dengan ketentuan.

Lampiran A
(normatif)

Permasalahan yang umum terjadi pada restorasi penyaluran beban

Permasalahan potensial yang umumnya dijumpai pada saat pelaksanaan restorasi penyaluran beban, penyebab, akibat dan pemecahannya ditunjukkan pada Tabel A.1. Di samping itu, pada Tabel A.2 ditunjukkan permasalahan (termasuk pemecahannya) yang terkait dengan kinerja hasil restorasi penyalur beban yang mungkin dijumpai dalam jangka pendek setelah perkerasan dibuka kembali untuk lalu-lintas.

Tabel A.1 - Permasalahan, penyebab, akibat, dan pemecahannya pada pelaksanaan restorasi penyaluran beban

PERMASALAHAN	PENYEBAB TIPIKAL	AKIBAT DAN PEMECAHAN TIPIKAL
1. Celah tidak dibuat sejajar dengan sumbu jalan	Mesin pemotong (gergaji) tidak memotong pada garis batas celah yang ditetapkan	<ul style="list-style-type: none"> • Akibat: dowel terpasang tidak menurut alinemennya sehingga dapat terkunci dan selanjutnya dapat menimbulkan retak pada pelat. • Pemecahan: <ul style="list-style-type: none"> • Menutup celah yang salah dengan semen PC dan membuat ulang celah baru di samping celah tersebut (catatan: apabila beton di dalam celah belum dibongkar, isi garis penggergajian dengan epoksi dan lakukan penggergajian ulang di samping garis yang salah). • Menggunakan mesin pemotong dengan gergaji multipel (<i>multiple saw slot cutting machine</i>), dapat menjamin bahwa celah sejajar satu sama lain.
2. Celah terlalu dangkal	Teknik penggergajian yang tidak tepat	<ul style="list-style-type: none"> • Akibat: Celah yang dangkal tidak memungkinkan dowel dipasang di tengah-tengah tebal pelat. • Pemecahan: Menambah kedalaman celah.
3. Celah terlalu dalam	<ul style="list-style-type: none"> • Teknik penggergajian yang tidak tepat • Berat <i>jackhammers</i> yang tidak tepat • Teknik pengoperasian <i>jackhammers</i> yang tidak tepat 	<ul style="list-style-type: none"> • Akibat: dowel terpasang terlalu dalam dan selanjutnya akibat beban kendaraan, sudut pelat akan retak. • Pemecahan: Menutup celah yang gagal dan membuat ulang celah baru. • Cara mengurangi celah yang terlalu dalam: <ul style="list-style-type: none"> • gunakan <i>jackhammers</i> ringan (14 kg). • Tidak mengoperasikan <i>jackhammers</i> pada posisi vertikal (operasikan <i>jackhammers</i> dengan sudut 45^o) dan dorong ujung <i>jackhammers</i> pada dasar celah. • Menghentikan pengupasan (<i>chipping</i>) terhadap 50 mm (1 in) atau kurang beton yang terdapat pada dasar celah.

Tabel A.1 Permasalahan, penyebab, akibat, dan pemecahannya pada pelaksanaan restorasi penyaluran beban (lanjutan)

PERMASALAHAN	PENYEBAB TIPIKAL	AKIBAT DAN PEMECAHAN TIPIKAL
4. Beton di dalam celah sulit dibongkar	Kemungkinan beton mengandung tulangan	<ul style="list-style-type: none"> • Pemecahan: Memutuskan terlebih dulu tulangan pada kedua ujung celah, bila beton diketahui mengandung tulang.
5. <i>jackhammer</i> menumbuk dasar celah	Teknik pengoperasian <i>jackhammer</i> yang tidak tepat atau pelat beton yang lapuk (<i>extremely deteriorated</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Pemecahan: Melakukan penambalan dalam (<i>full depth repair</i>) pada seluruh lebar lajur di kiri-kanan sambungan/ retak.
6. Dowel yang dilapis di pabrik mengandung bagian yang tidak terlapis	Pelapisan dowel beban di pabrik yang tidak merata atau kesalahan penanganan di lapangan	<ul style="list-style-type: none"> • Akibat: Menimbulkan karat dan selanjutnya dapat mengakibatkan dowel terkunci. • Pemecahan: Sebelum dipasang, dowel dilapis ulang dengan bahan yang memenuhi ketentuan produsen (pelapisan ulang tidak boleh dilakukan pada saat dowel sudah berada pada celah).
7. Tengah-tengah dowel tidak tepat berada di sambungan/retak (akibat celah yang kurang panjang)	Pembuatan celah yang salah	<ul style="list-style-type: none"> • Pemecahan: Perpanjang celah dengan menggunakan <i>jackhammer</i>. Untuk dowel yang panjangnya 450 mm, panjang celah di kiri-kanan sambungan/retak harus kurang-kurangnya 225 mm. Disamping itu, celah harus memungkinkan untuk meletakkan dudukan dowel.
8. Penutupan sambungan/retak pada dasar celah tidak sampa ke tepi-tepi celah	Aplikasi bahan penutup sambungan/retak yang tidak memadai	<ul style="list-style-type: none"> • Akibat: Bahan tambalan (tidak mampat) dapat memasuki sambungan sehingga menimbulkan konsentrasi tegangan dan kemudian mengakibatkan kerusakan (<i>compression failure</i>). • Pemecahan: Penutup diperpanjang sampai mencapai tepi-tepi celah. Bila bahan tambalan telah memasuki sambungan/retak, buang bahan tersebut dengan cara yang sesuai.
9. Bahan penutup sambungan/retak pada dasar celah menonjol lebih dari 13 mm di kiri-kanan sambungan/ retak	Aplikasi penutup sambungan/retak yang tidak tepat	<ul style="list-style-type: none"> • Akibat: Bahan penutup sambungan/retak yang terlalu berlebih dapat mencegah pelekatan bahan tambalan dengan dasar celah. • Pemecahan: Sebelum, aplikasi bahan tambalan, buang kelebihan bahan penutup.

Tabel A.1 Permasalahan, penyebab, akibat, dan pemecahannya pada pelaksanaan restorasi penyaluran beban (lanjutan)

PERMASALAHAN	PENYEBAB	AKIBAT DAN PEMECAHAN
10. Setelah bahan tambalan dipadatkan, dowel mengalami penyimpangan alinyemen	<ul style="list-style-type: none"> vibrator menyentuh batang penyalur beban. Bahan tambalan dipadatkan secara berlebihan Lebar celah yang tidak memadai. 	<ul style="list-style-type: none"> Pemecahan: <ul style="list-style-type: none"> Usahakan agar alat vibrator tidak menyentuh dowel. Menghindarkan pemadatan berlebih. Bahan tambalan pada tiap celah cukup dengan dua sampai empat kali penetrasi vibrator yang dioperasikan secara vertikal. Memastikan bahwa lebar celah sesuai dengan lebar dudukan dowel.

Tabel A.2 - Permasalahan potensial (termasuk penyebab dan pemecahannya) pada kinerja hasil restorasi penyalur beban

PERMASALAHAN	PENYEBAB	PEMECAHAN
1. Retak pada tambalan.	<ul style="list-style-type: none"> Sambungan tidak diisolasi secara tepat. Dowel tidak terpasang menurut alinyemen. Bahan tambalan terlalu kuat. Tambalan dibuka (untuk lalu-lintas) terlalu cepat. Bahan tambalan mempunyai penyusutan yang besar. 	<ul style="list-style-type: none"> Memastikan bahwa pelaksanaan benar-benar mengikuti pedoman. Memastikan bahwa bahan tambalan tahan retak.
2. Bahan tambalan menggelembung (<i>pop out</i>).	<ul style="list-style-type: none"> Celah tidak dibersihkan atau disiapkan semestinya. Perawatan yang tidak semestinya (pada saat dirawat, bahan tambalan mengalami penyusutan). 	Memastikan bahwa pelaksanaan benar-benar mengikuti pedoman.
3. Pengausan bahan tambalan.	<ul style="list-style-type: none"> Bahan tambalan yang tidak awet, atau Pencampuran dan aplikasi bahan tambalan yang salah. 	Memeriksa spesifikasi, penyiapan, dan aplikasi bahan tambalan dari kemungkinan kesalahan dan pastikan bahwa bahan tambalan ditangani semestinya.

Lampiran B (informatif)

Perhitungan efisiensi penyaluran beban dan perbedaan lendutan

B.1 Efisiensi penyaluran beban

Dalam rangka memilih perkerasan kaku eksisting yang akan ditangani melalui restorasi penyalur beban, terlebih dulu perlu dipahami konsep efisiensi penyaluran beban (*load transfer efficiency, LTE*) serta cara mengukurnya. Efisiensi penyaluran beban merupakan ukuran kuantitatif kemampuan sambungan atau retak dalam menyalurkan beban yang dapat dinyatakan dengan lendutan penyalur beban atau tegangan penyalur beban. Dalam hal tersebut, lendutan merupakan ukuran yang biasa digunakan, karena mudah diukur pada perkerasan lama dengan menggunakan *Falling Weight Deflectometer (FWD)*. Rumus matematis yang paling umum digunakan untuk menyatakan efisiensi penyaluran beban berdasarkan lendutan adalah sebagai berikut:

$$LTE = \frac{\Delta_{UL}}{\Delta_L} \times 100 \quad (B1)$$

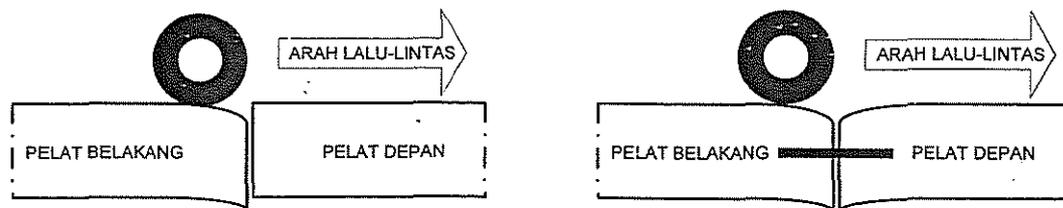
Keterangan:

LTE adalah efisiensi penyalur beban.

Δ_{UL} adalah lendutan pelat yang tidak dibebani (pelat depan).

Δ_L adalah lendutan pelat yang dibebani (pelat belakang).

Konsep peyaluran beban berdasarkan lendutan diilustrasikan pada Gambar B1. Apabila pada sambungan tidak terjadi penyaluran beban, maka pada pelat yang tidak dibebani (pelat depan) tidak terjadi lendutan sehingga efisiensi penyaluran beban berdasarkan Rumus B1 adalah nol persen. Apabila pada sambungan terjadi penyaluran beban yang sempurna, maka pada kedua pelat di sisi sambungan terjadi lendutan yang sama sehingga efisiensi penyaluran beban berdasarkan Persamaan B1 adalah 100 persen.



a. Sambungan dengan 0 persen efisiensi penyaluran beban

b. Sambungan dengan 100 persen efisiensi penyaluran beban

Gambar B.1 - Ilustrasi konsep penyaluran beban berdasarkan lendutan

Efisiensi penyaluran beban hendaknya diukur pada saat perkerasan mempunyai suhu yang rendah, yaitu pada saat sambungan pada kondisi tidak rapat. Disamping itu, efisiensi penyaluran beban harus diukur dengan alat yang mampu menirukan besar beban dan durasi pembebanan yang dapat dibandingkan dengan besar beban dan durasi pembebanan roda truk bergerak. Pengukuran efisiensi penyaluran beban harus diukur pada jejak roda luar, yaitu jejak roda yang dilintasi oleh roda kendaraan paling berat. Pada saat pengukuran lendutan untuk menentukan efisiensi penyaluran beban, pelat beban pengukur lendutan harus dipasang sedekat mungkin dengan sambungan atau retak.

Di samping pengukuran efisiensi penyaluran beban, perlu dilakukan juga pengukuran lendutan pada sudut pelat. Hal tersebut dikarenakan ada kemungkinan bahwa sudut pelat mempunyai lendutan yang sangat besar, meskipun sudut tersebut mempunyai efisiensi penyaluran beban yang tinggi. Pada kasus tersebut, lendutan yang besar pada sudut pelat berpotensi menimbulkan pemompaan, penanggaan, dan mungkin kehancuran sudut (*corner breaks*). Parameter yang dapat digunakan untuk menilai potensi tersebut adalah perbedaan lendutan (*differential deflection, DD*), yaitu perbedaan lendutan pada pelat yang dibebani dengan lendutan pada pelat yang tidak dibebani, yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$DD = \Delta_L - \Delta_{UL} \quad (A2)$$

Keterangan:

DD adalah perbedaan lendutan.

Δ_L adalah lendutan pelat yang dibebani (pelat belakang).

Δ_{UL} adalah lendutan pelat yang tidak dibebani (pelat depan).

Untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang karakteristik penyaluran beban pada sambungan atau retak, perbedaan lendutan (*DD*) harus dihitung bersama-sama dengan efisiensi penyaluran beban (*LTE*). Batas minimum perbedaan lendutan yang direkomendasikan adalah 0,13 mm.

B.2 Pemilihan perkerasan lama yang akan ditangani melalui restorasi penyalur beban

Karakteristik perkerasan kaku lama yang dapat ditangani melalui restorasi penyalur beban adalah:

- Perkerasan kaku yang secara struktural memadai, namun sebagai akibat batang dowel yang kurang berfungsi, saling penguncian agregat yang rendah, atau erosi lapis pondasi/tanah dasar, perkerasan tersebut menunjukkan kehilangan penyaluran beban yang tinggi.
- Perkerasan kaku sebagai akibat jarak sambungan yang terlalu jauh, dan/atau penulangan pada retak melintang yang tidak memadai, perkerasan tersebut mempunyai risiko patahan, retak (*working cracks*), dan retak sudut, kecuali apabila penyaluran beban perkerasan diperbaiki.

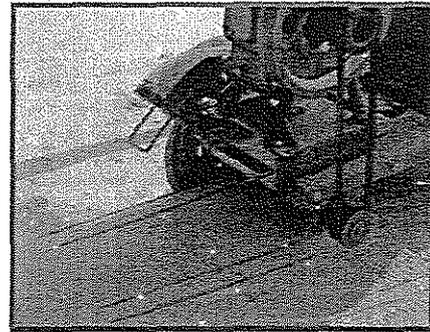
Secara umum, perkerasan kaku lama yang dapat ditangani melalui restorasi penyalur beban harus mempunyai kondisi yang baik dan mempunyai retak struktural yang terbatas. Perkerasan kaku yang mengalami retak yang signifikan, gompal pada sambungan tidak dapat ditangani melalui restorasi penyalur beban.

Kondisi sambungan atau retak pada perkerasan yang cocok untuk ditangani melalui restorasi penyalur beban adalah sambungan dan retak yang mempunyai efisiensi penyaluran beban 60 persen atau kurang,

Di samping dapat diterapkan pada sambungan, restorasi penyalur beban dapat diterapkan pula pada penanganan retak melintang (apabila retak cukup seragam dan belum mengalami pelebaran atau *faulting*) serta sebagai persiapan pekerjaan lapis tambah (*overlay*). Pada kasus yang pertama, restorasi penyalur beban dapat mempertahankan kepaduan struktural (*structural integrity*) dan meningkatkan kenyamanan (*ride quality*); sedangkan pada kasus yang ke dua, restorasi penyalur beban dapat mengurangi kejadian dan keparahan retak refleksi, gompal, dan kerusakan pada lapis tambah dan mungkin juga dapat mengurangi tebal lapis tambah.

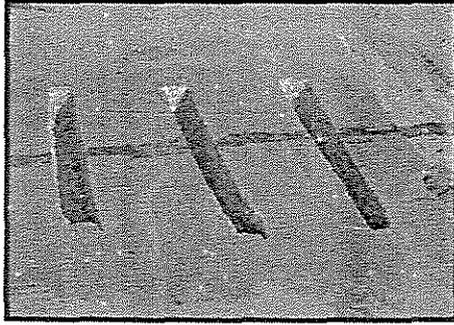
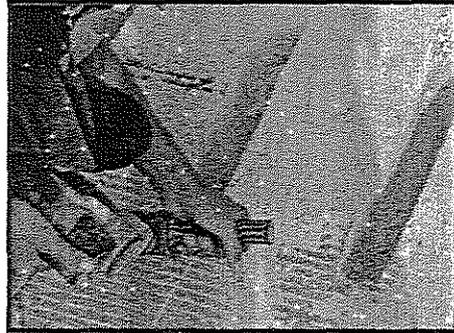
Lampiran C
(informatif)

Gambar – gambar pelaksanaan
Restorasi penyalur beban pada perkerasan kaku



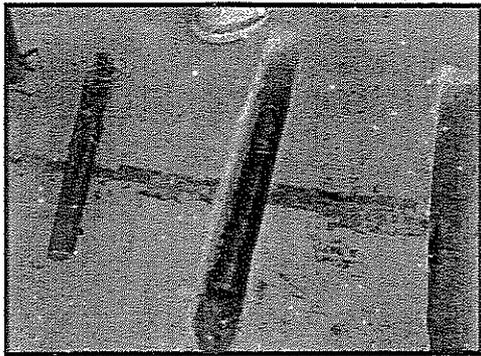
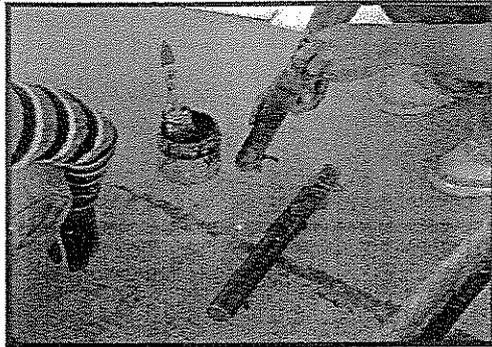
1. Pembuatan batas-batas celah

- a. Untuk tiap celah, dua garis sejajar dibentuk dengan menggunakan mesin pemotong bergigi intan



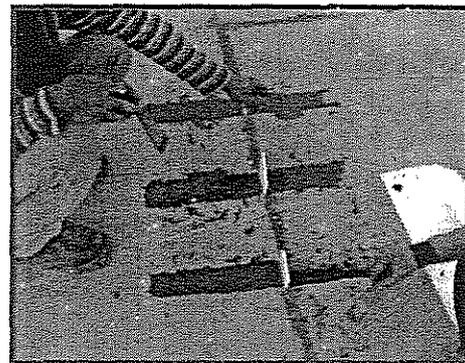
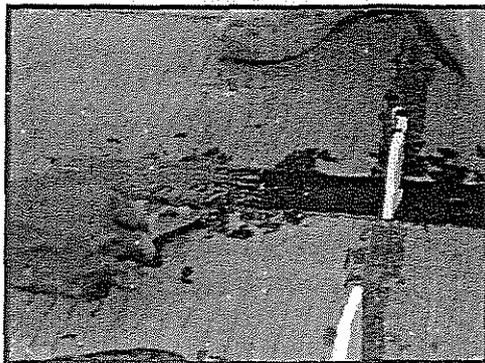
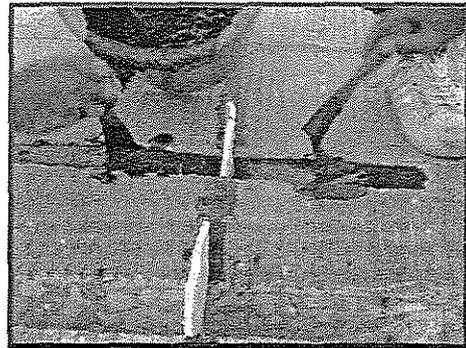
2. Pembentukan celah

- a. Setelah batas-batas celah dibuat, beton di antara dua garis dihancurkan dengan menggunakan *jackhammer*
b. Setelah beton dalam celah dibuang, dasar celah harus diratakan dengan menggunakan pahat dan palu kecil
c. Setelah dasar celah selesai diratakan, kemudian celah disemprot dengan penyemprotan pasir. Sebelum batang dowel dipasang atau bahan tambalan dituangkan, sambungan atau retak pada dasar celah harus ditutup dengan penyumbat silikon



3. Pemasangan dowel

- a. Minimal setengah panjang batang dowel harus dilapis dengan bahan anti pelekatan (*bond breaking material*), untuk memfasilitasi pergerakan sambungan.
- b. Kedua ujung batang penyalur beban dapat dipasang topi pemuai, agar sambungan dapat menutup bebas setelah dipasang batang dowel.
- c. Batang dowel diletakkan pada dudukan penopang.
- d. Di tengah-tengah batang penyalur beban harus dipasang pengganjal atau bahan polistirin, untuk mencegah instrusi bahan tambalan ke dalam sambungan atau retak dan untuk membentuk sambungan



4. Aplikasi bahan tambalan

- a. Setelah batang dowel dan penganjal berada pada posisinya, kemudian bahan tambalan diaplikasi ke dalam celah sesuai dengan petunjuk produsen bahan tambalan.
- b. Tuangkan bahan tambalan dengan cara menuangkannya pada permukaan perkerasan di sekitar celah dan kemudian mendorongnya ke dalam celah, agar tidak mengganggu posisi batang dowel di dalam celah.

Bibliografi

SNI 03-6431-2000, *Metode pengujian waktu alir beton berserat dengan kerucut uji slump yang dibalik*.

American Concrete Pavement Association (ACPA). 2001a. *Stitching Concrete Pavement Cracks and Joints*. Special Report SR903P. American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.

American Concrete Pavement Association (ACPA). 2001b. *Load Transfer Restoration: Diamond Saw Slot Cutting vs. Carbide Milling*. Special Report SR905P. American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.

Odden, T. R., M. B. Snyder, and A. E. Schultz. 2003. *Performance Testing of Experimental Dowel Bar Retrofit Designs, Part 1—Initial Testing*. MN/RC-2004-17A. Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN.

Daftar nama dan lembaga

1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

2. Penyusun

Nama	Instansi
Neni Kusnianti, ST., MT	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Ir. Andri Herdianti	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

3. Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan

No	Nama	Instansi	Kedudukan	Wakil dari
1.	Ir. Herry Vaza, M.Eng.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Ketua Subkomite Teknis	Pemerintah
2.	Prof. Dr.Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Wakil Ketua Subkomite Teknis	Pakar
3.	Ir. Nandang Syamsudin, MT	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Sekretaris Subkomite Teknis	Pemerintah
4.	Prof. Dr. Ir. Raden Anwar Yamin, MT, M.E	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Anggota Subkomite Teknis	Pemerintah
5.	Prof. Ir. Wimpy Santosa, Ph.D	Universitas Parahyangan (UNPAR)	Anggota Subkomite Teknis	Pakar
6.	Abinhot Sihotang, ST., MT	Institut Teknologi Nasional (ITENAS)	Anggota Subkomite Teknis	Pakar
7.	Dr.Ir. Samun Haris, MT	Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI)	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
8.	Dr. Ir. Imam Aschuri, MT	Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
9.	Ir. Saktyanu P.S.D, M.Eng.Sc	Astatindo	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
10.	Ir. Gompul Dairi, BRE, M.Sc	PT. Pacific Prestress Indonesia (PT. PPI)	Anggota Subkomite Teknis	Produsen
11.	Dr. Ir. Hindra Mulya, MM	PT. MBT	Anggota Subkomite Teknis	Produsen

**MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN
PERUMAHAN RAKYAT,**

M. BASUKI HADIMULJONO