

**SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT  
NOMOR : 27/SE/M/2015  
TANGGAL 23 APRIL 2015**

**TENTANG**

**PEDOMAN PENSTABILAN DAN PENGEMBALIAN ELEVASI  
PELAT BETON DENGAN CARA *GROUTING* PADA  
PERKERASAN KAKU**

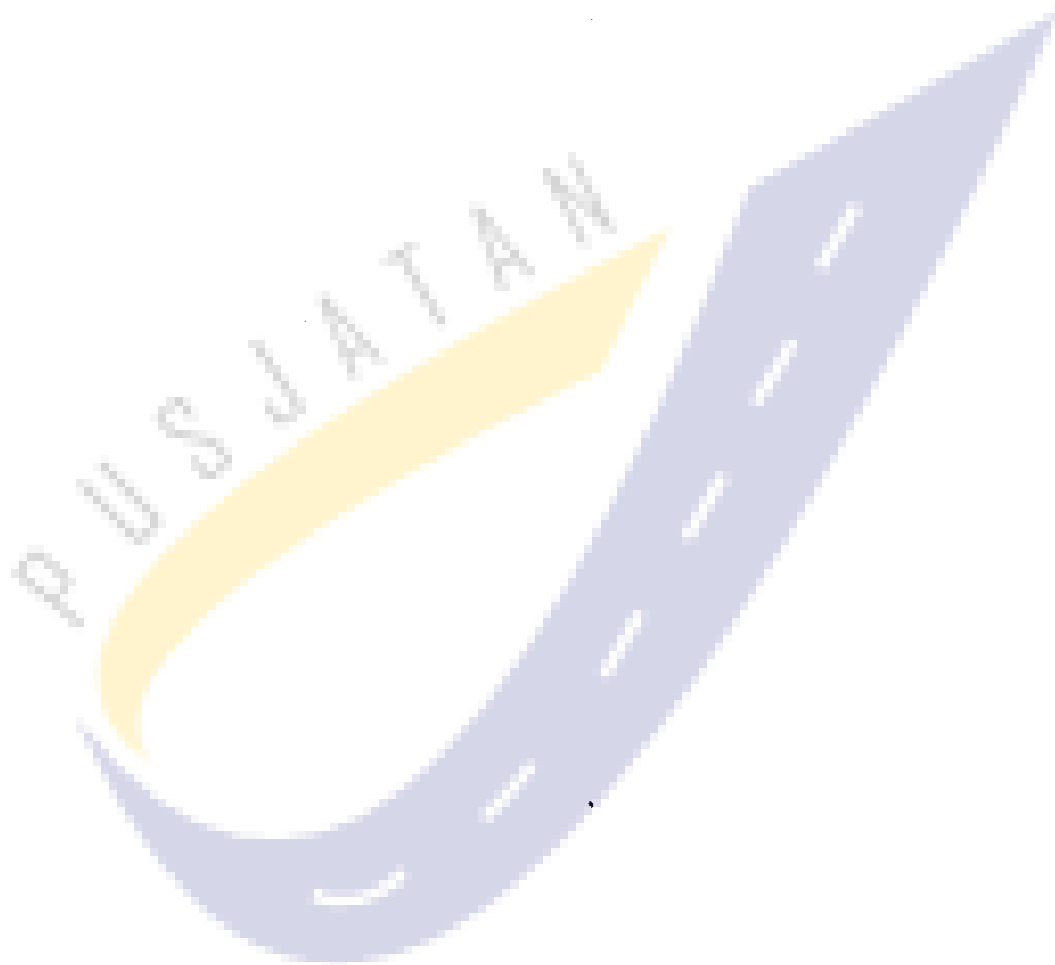


**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

## Daftar isi

|   |     |
|---|-----|
| Daftar isi .....  | i   |
| Prakata .....   | iii |
| Pendahuluan .....   | iv  |
| 1 Ruang lingkup.....  | 1   |
| 2 Acuan normatif.....   | 1   |
| 3 Istilah dan definisi .....  | 1   |
| 4 Ketentuan .....   | 2   |
| 4.1 Batasan dan efektivitas.....  | 2   |
| 4.2 Penentuan lokasi perbaikan .....  | 3   |
| 4.2.1 Penentuan lokasi untuk penstabilan pelat beton .....  | 3   |
| 4.2.2 Penentuan lokasi untuk pengembalian elevasi pelat beton .....   | 3   |
| 4.3 Pemilihan bahan.....  | 4   |
| 4.4 Perancangan pola lubang <i>grouting</i> .....   | 5   |
| 4.4.1 Pola lubang <i>grouting</i> pada penstabilan pelat beton .....  | 5   |
| 4.4.2 Pola lubang <i>grouting</i> pada pengembalian elevasi pelat beton .....   | 5   |
| 5 Pelaksanaan.....  | 7   |
| 5.1 Pelaksanaan penstabilan pelat beton .....   | 7   |
| 5.1.1 Peralatan penstabilan pelat beton .....   | 7   |
| 5.1.2 Prosedur pelaksanaan penstabilan pelat beton.....   | 8   |
| 5.2 Pelaksanaan pengembalian elevasi pelat beton .....  | 9   |
| 5.2.1 Peralatan pengembalian elevasi pelat beton .....  | 9   |
| 5.2.2 Prosedur pelaksanaan pengembalian elevasi pelat.....  | 9   |
| 6 Pengendalian mutu.....  | 11  |
| 6.1 Pengendalian mutu pada penstabilan pelat beton .....  | 11  |
| 6.2 Pengendalian mutu pada pengembalian elevasi pelat.....  | 11  |
| Lampiran A (informatif) Permasalahan yang umum terjadi pada penstabilan pelat dengan cara <i>grouting</i> dan pemecahannya..... | 13  |
| Lampiran B (informatif) Gambar-gambar pelaksanaan penstabilan pelat dengan cara <i>grouting</i> .....                           | 14  |
| Bibliografi.....  | 15  |
| Tabel 1 – Tipikal waktu pengaliran campuran graut.....  | 5   |
| Gambar 1 - Contoh kurva hubungan antara beban dengan lendutan untuk mendeteksi void menggunakan data lendutan dari FWD .....    | 3   |
| Gambar 2 - Tipikal pola lubang untuk pelat beton bersambung pada pelaksanaan penstabilan pelat .....                            | 6   |
| Gambar 3 - Tipikal pola lubang <i>grouting</i> untuk mengatasi pelat yang turun pada perkerasan kaku.....                       | 7   |
| Gambar 4 - Metoda penarikan benang pada pengembalian elevasi pelat yang turun .....   | 9   |
| Gambar 5 - Denah urutan pemompaan untuk menangani pelat yang turun .....  | 10  |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 6 - Contoh kurva hubungan antara beban dengan lendutan sebelum dan sesudah penstabilan pelat menggunakan data lendutan dari FWD..... | 11 |
| Gambar 7 - Contoh profil memanjang sebelum dan sesudah pengembalian elevasi pelat yang turun .....  | 12 |



## Prakata

Pedoman penstabilan dan pengembalian elevasi pelat beton dengan cara *grouting* pada perkerasan kaku merupakan hasil penelitian Pusat Litbang Jalan dan Jembatan yang mengacu pada Federal Highway Administration (2008), "*Concrete Pavement Preservation*".

Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia 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 14 April 2014 di Bandung oleh Subpanitia Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.



## Pendahuluan

*Pumping* dan kehilangan daya dukung yang terjadi di bawah perkerasan kaku merupakan akibat dari lapis pondasi atas (*base*) atau lapis pondasi bawah (*subbase*) yang mudah erosi, adanya air, dan lendutan pelat yang besar. Daya dukung yang rendah dapat mengakibatkan pelat mengalami *faulting* dan retak sudut, serta dapat menjadi penyumbang terbesar terhadap percepatan kerusakan perkerasan kaku. Penstabilan pelat pada perkerasan kaku merupakan kegiatan pemeliharaan perkerasan kaku yang dilakukan untuk memulihkan daya dukung pelat, dengan cara mengisi rongga di bawah pelat sehingga lendutan pelat menjadi berkurang dan pengembangan kerusakan lain pada pelat dapat diperlambat. Penstabilan pelat harus dilakukan pada sambungan dan retak aktif (*working cracks*) yang diketahui kehilangan daya dukung di bawah pelat.

Pada daerah perkerasan yang mengalami penurunan, pengembalian elevasi pelat dapat dilakukan untuk meratakan ulang profil permukaan perkerasan. Pengembalian elevasi pelat yang turun dilakukan dengan cara menginjeksikan suatu bahan ke bawah pelat dan memantau setiap kenaikan pelat pada setiap lubang injeksi sampai dicapai elevasi yang dikehendaki. Bahan graut yang diperlukan pada pelaksanaan pengembalian elevasi pelat yang turun lebih kental (mengacu pada Tabel 1) dari pada bahan graut yang digunakan untuk penstabilan pelat. Untuk mengetahui efektivitas selama pelaksanaan pengembalian elevasi pelat yang turun dapat digunakan metoda penarikan benang dan untuk memperkecil tegangan yang terjadi pada pelat saat menginjeksikan bahan ke bawah pelat, maka diperlukan prosedur pelaksanaan yang lebih teliti terhadap setiap kenaikan pelat.

# Penstabilan dan pengembalian elevasi pelat beton dengan cara *grouting* pada perkerasan kaku

## 1 Ruang lingkup

Pedoman ini menjelaskan tentang ketentuan bahan dan perancangan, pelaksanaan dan pengendalian mutu pada pekerjaan penstabilan pelat dan pengembalian elevasi pelat yang turun. Disamping itu, pada pedoman ini dijelaskan juga informasi tentang keterbatasan dan efektivitas serta permasalahan yang umumnya dijumpai pada penstabilan dan pengembalian elevasi pelat yang turun pada perkerasan beton bersambung tanpa tulangan.

## 2 Acuan normatif

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

SNI 15-0302-2004, *Semen portland pozolan*

SNI 03-6808-2002, *Metode pengujian kekentalan graut untuk beton agregat praletak (Metode pengujian corong alir)*

SNI 03-6825-2002, *Metode pengujian kekuatan tekan mortar semen portland untuk pekerjaan sipil*

SNI 03-2460-1991, *Spesifikasi abu terbang sebagai bahan tambahan untuk campuran beton*

SNI 03-6430.2-2000, *Metode pengujian waktu pengikatan graut untuk beton dengan agregat praletak di laboratorium*

SNI 03-6430.3-2000, *Metode pengujian ekspansi dan bliding campuran graut segar untuk beton dengan agregat praletak di laboratorium*

SNI 06-6723-2002, *Spesifikasi bahan pengisi untuk campuran beraspal*

## 3 Istilah dan definisi

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

### 3.1

#### ***faulting***

patahan yang terjadi pada sambungan atau retakan atau pengaruh lainnya yang mengakibatkan perbedaan tinggi pada posisi tepi retakan atau sambungan

### 3.2

#### ***graut (grout)***

campuran dari bahan bersifat semen (semen, abu terbang, kapur) dan air, dengan atau tanpa agregat, dengan proporsi tertentu untuk menghasilkan konsistensi dalam penuangan tanpa mengalami segregasi

### 3.3

#### ***injeksi (grouting)***

injeksi bahan *graut* ke bawah pelat yang berfungsi untuk penstabilan pelat dan pengembalian elevasi pelat yang turun

### 3.4

#### **pencampur koloidal**

alat pencampur mortar yang menggunakan bilah berkecepatan tinggi untuk pengaduk antara partikel-partikel dengan air

### 3.5

#### **pumping**

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

### 3.6

#### **sisi pelat belakang (*approach*)**

bagian dari pelat yang terletak sebelum sambungan melintang yang dibebani searah dengan arus lalu lintas

### 3.7

#### **sisi pelat depan (*leave*)**

bagian dari pelat yang terletak sesudah sambungan melintang yang dibebani searah dengan arus lalu lintas

### 3.8

#### **superplasticizer**

bahan tambah yang memberikan sifat workabilitas yang sangat tinggi dengan penggunaan air yang sangat sedikit (faktor air semen yang sangat kecil)

### 3.9

#### **retak aktif (*working crack*)**

retak yang memiliki pergerakan horizontal tahunan (*annual horizontal movement*)  $> 3$  mm (1/8 inci) dan umumnya merupakan retak melintang atau memanjang

## 4 Ketentuan

### 4.1 Batasan dan efektivitas

Dalam melakukan perbaikan dengan penstabilan pelat, kesulitan yang dijumpai adalah mengetahui secara tepat keberadaan rongga di bawah pelat. Apabila penstabilan pelat dilakukan terhadap pelat yang di bawahnya tidak ada rongga, maka pemompaan bahan ke bawah pelat dapat menyebabkan terjadinya titik-titik tegangan yang mempercepat kerusakan perkerasan. Pada perkerasan kaku dengan *pumping* yang tersebar, tanah dasar berbutir halus memiliki plastisitas tinggi dan kandungan air yang tinggi, maka tidak disarankan untuk perbaikan dengan penstabilan pelat.

Efektivitas pengembalian elevasi pelat yang turun sangat tergantung pada ketelitian dan pemantauan besarnya kenaikan pelat yang dihasilkan pada setiap lokasi. Perlu diperhatikan bahwa pelat tidak boleh dinaikkan lebih dari 6 mm pada satu kali pengangkatan, yaitu untuk menghindari terjadinya tegangan berlebih pada pelat.

## 4.2 Penentuan lokasi perbaikan

### 4.2.1 Penentuan lokasi untuk penstabilan pelat beton

Langkah pertama pada proses penstabilan pelat adalah penentuan lokasi daerah rongga di bawah pelat. Untuk mengetahui apakah di bawah pelat telah terjadi kehilangan daya dukung, maka digunakan teknik sebagai berikut:

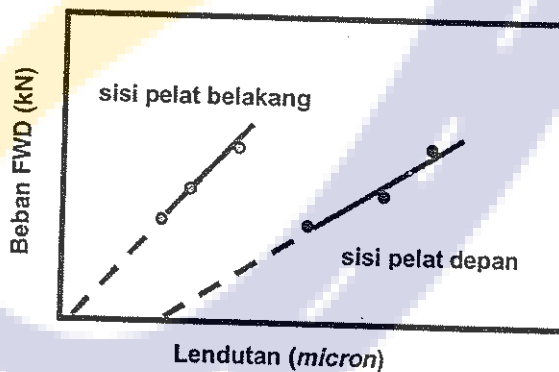
#### a. Pengamatan visual

*Faulting* pada sambungan melintang dan retak, *pumping*, kehancuran sudut, dan penurunan lajur/bahu merupakan indikasi bahwa pelat kehilangan daya dukung.

#### b. Data lendutan

Data lendutan digunakan untuk menentukan apakah telah terjadi kehilangan daya dukung terhadap pelat. Metoda untuk mendeteksi rongga berdasarkan lendutan (*deflection-based void detection*) diukur dengan menggunakan *Falling Weight Deflectometer (FWD)*.

Metoda ini untuk mengidentifikasi keberadaan rongga dengan cara menggambar profil lendutan yang terjadi pada pelat belakang dan pelat depan. Apabila perbedaan kedua lendutan besar, maka kemungkinan besar di bawah pelat terdapat rongga. Alternatif lain untuk mendeteksi keberadaan rongga adalah berdasarkan pengukuran lendutan sudut dengan menggunakan tipikal tiga beban yang berbeda yaitu 27 kN, 40 kN, dan 63 kN untuk menggambarkan kurva hubungan antara beban dengan lendutan pada setiap lokasi. Kurva hubungan beban-lendutan yang memotong dan mendekati titik nol menunjukkan bahwa pelat mempunyai daya dukung penuh, sebaliknya jika menjauhi titik nol maka mengindikasikan adanya rongga dibawah pelat, seperti diperlihatkan dalam Gambar-1.



Gambar 1 - Contoh kurva hubungan antara beban dengan lendutan untuk mendeteksi void menggunakan data lendutan dari FWD

### 4.2.2 Penentuan lokasi untuk pengembalian elevasi pelat beton

Pada pengembalian elevasi pelat yang turun harus dipertimbangkan untuk setiap kondisi penurunan sebagai akibat daya dukung yang tidak seragam. Kondisi tersebut sering menimbulkan cekungan atau penurunan setempat yang menambah ketidaknyamanan. Daya dukung yang tidak seragam biasanya dijumpai pada pelat di atas gorong-gorong dan pelat di pendekat jembatan. Secara tipikal, kedua lokasi tersebut merupakan akibat pemadatan yang buruk. Penurunan setempat dapat terjadi juga di daerah timbunan.



### 4.3 Pemilihan bahan

Bahan graut yang dipilih untuk penstabilan pelat beton harus lebih encer supaya dapat masuk ke dalam rongga yang sangat kecil serta harus mempunyai kekuatan dan keawetan akibat beban lalu-lintas, air dan temperatur. Sedangkan bahan graut untuk mengembalikan pelat beton yang turun biasanya lebih kental daripada bahan untuk penstabil pelat. Bahan yang umum digunakan adalah graut semen pozolan dan poliuretan.

#### a. Campuran graut berbasis semen (*cement grout mixtures*)

- Campuran graut berbasis semen yang paling umum adalah semen-pozolanik dan kapur-semen.
- Tipikal waktu pengaliran (*flow cone time*) campuran graut dengan dengan metoda corong alir (SNI 03-6808-2002), ditunjukkan pada Tabel-1.

Tabel 1 - Tipikal waktu pengaliran campuran graut

| Jenis perbaikan                  | Bahan graut                             | Waktu pengaliran (detik) |
|----------------------------------|---|--------------------------|
| Penstabilan pelat beton          | kapur - semen                           | 16 - 22                  |
|                                  | abu terbang-semen                       | 10 - 16                  |
| Pengembalian elevasi pelat beton | kapur – semen<br>atau abu terbang-semen | 16 - 30                  |

Catatan: sebagai perbandingan, waktu pengaliran untuk air adalah 8 detik

- Persyaratan bahan semen pozzolan harus memenuhi SNI 15-0302-2004, bahan abu terbang sesuai SNI 03-2460-1991, sedangkan serbuk kapur sebagai mineral pengisi harus memenuhi syarat menurut SNI 06-6723-2002.
- Kuat tekan minimum pada umur 7 (tujuh) hari adalah 4,1 MPa dengan pengujian sesuai SNI 03-6825-2002.
- Bahan tambah dapat digunakan sesuai dengan yang diperlukan seperti *superplastisizer*, pengurang air (*water reducers*), dan pengencer (*fluidifiers*).
- Sebelum kegiatan dimulai, pengujian bahan yang teliti harus benar-benar dilakukan dalam rangka memastikan stabilitas bahan. Pelaksana harus menunjukkan hasil pengujian; kuat tekan graut (SNI 03-6825-2002) pada umur 1, 3, dan 7 hari, waktu pengaliran dengan metoda corong alir (SNI 03-6808-2002), waktu *setting* awal (SNI 03-6430.2-2000), dan hasil pengujian muai-susut (SNI 03-6430.3-2000).

#### b. Poliuretan (*polyurethane*)

Bahan poliuretan dapat digunakan sebagai bahan penstabil pelat dan pengembalian elevasi pelat yang turun. Bahan poliuretan terbuat dari dua bahan kimia cair yang digabungkan pada kondisi panas untuk mendapatkan bahan yang kuat, ringan, dan mirip busa. Setelah diinjeksikan ke bawah pelat, reaksi antara kedua bahan kimia mengakibatkan bahan mengembang dan mengisi rongga. Kuat tekan minimum adalah 1,0 MPa.

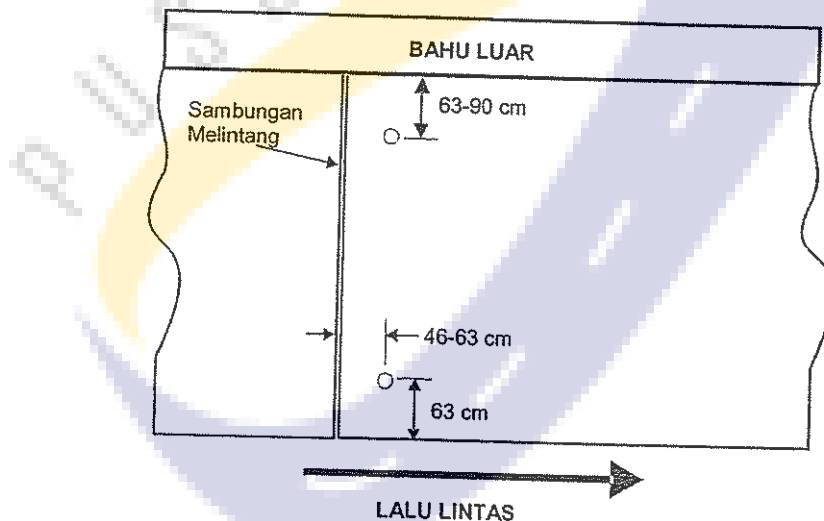
#### 4.4 Perancangan pola lubang *grouting*

##### 4.4.1 Pola lubang *grouting* pada penstabilan pelat beton

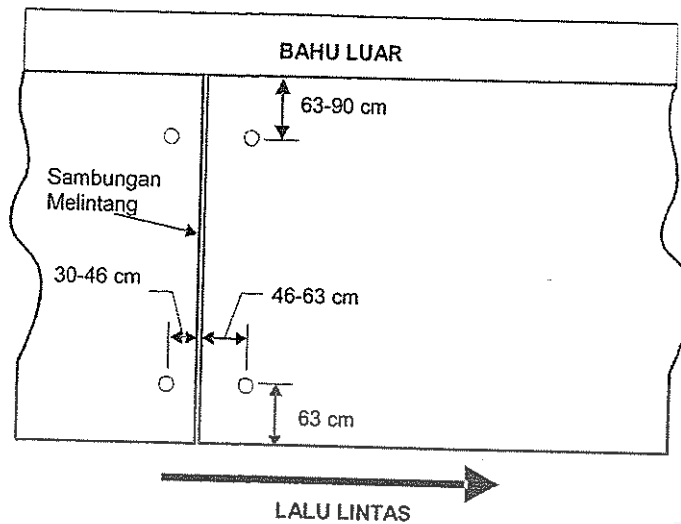
Setelah keberadaan rongga diketahui dan dapat ditangani dengan penstabilan pelat, langkah selanjutnya adalah menentukan lokasi pola lubang. Penstabilan pelat kemungkinan hanya diperlukan pada pelat depan, tetapi dapat juga diperlukan pada kedua pelat, baik pelat belakang maupun pelat depan. Lubang harus dibuat sejauh mungkin dari retak dan sambungan, tetapi masih di daerah rongga. Apabila dipilih pola lubang yang banyak, maka lubang harus cukup berdekatan, yaitu untuk memudahkan pengaliran bahan graut dari satu lubang ke lubang yang lain. Pada Gambar 2, diilustrasikan tipikal pola lubang percobaan awal (*initial trial hole pattern*) yang disarankan pada berbagai lokasi rongga di bawah perkerasan beton bersambung.

##### 4.4.2 Pola lubang injeksi pada pengembalian elevasi pelat beton

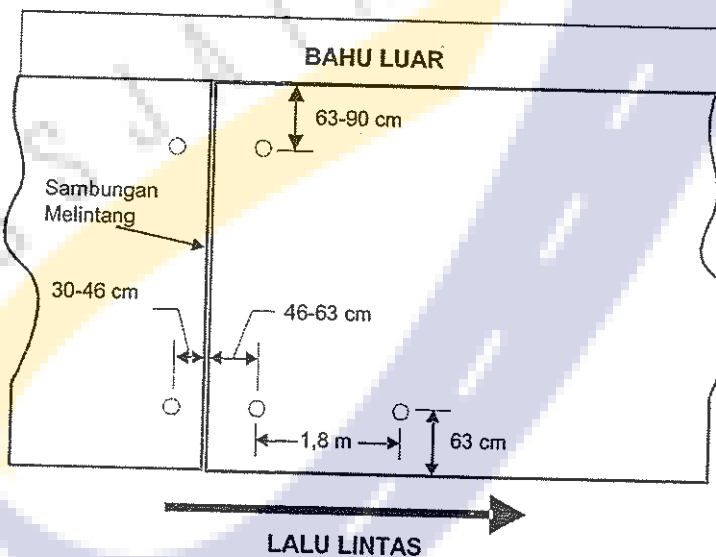
Lokasi pola lubang pada pelaksanaan pengembalian elevasi pelat yang turun, tipikal jarak lubang antara 30 cm dan 46 cm dari sambungan melintang atau tepi pelat, serta jarak antara pusat lubang 1,8 m atau kurang. Jika pada pelat terjadi retak, maka memerlukan lubang yang lebih banyak. Pada Gambar 3, diilustrasikan tipikal lokasi lubang yang diperlukan untuk mengatasi penurunan pelat. Lubang dibuat pada jarak yang sama (sedekat mungkin) sehingga dari setiap lubang bahan graut mengalir dalam pola melingkar. Lubang pada pelat yang berdampingan harus mempunyai pola yang sama.



(a) Rekomendasi untuk rongga di bawah pelat depan

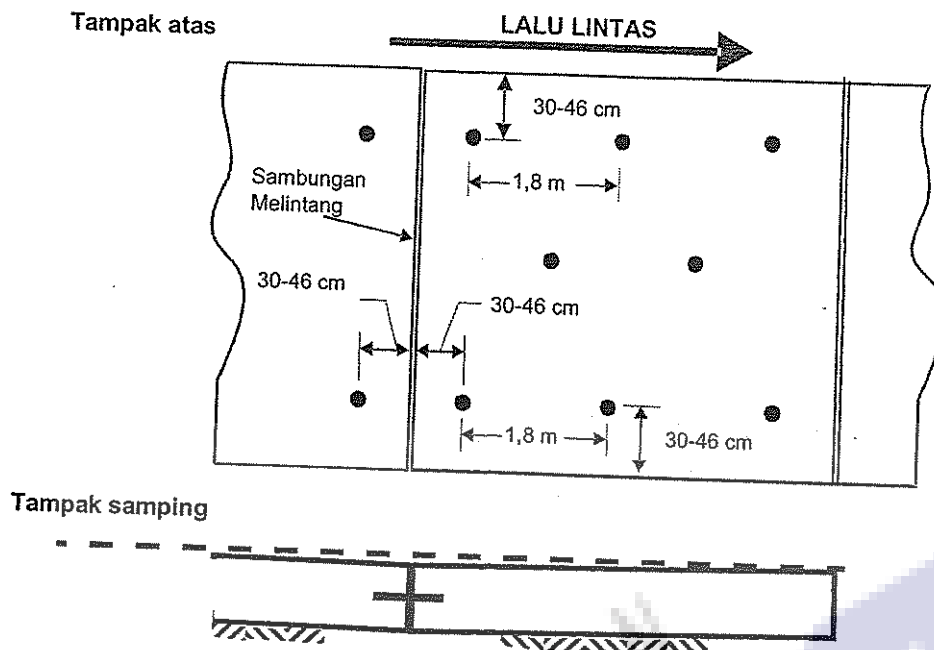


(b) Rekomendasi untuk rongga di bawah pelat belakang & depan



(c) Rekomendasi untuk rongga yang besar pada sisi pelat belakang dan depan

**Gambar 2 - Tipikal pola lubang untuk pelat beton bersambung pada pelaksanaan penstabilan pelat**



Gambar 3 - Tipikal pola lubang *grouting* untuk mengatasi pelat yang turun pada perkerasan kaku

## 5 Pelaksanaan

### 5.1 Pelaksanaan penstabilan pelat beton

#### 5.1.1 Peralatan penstabilan pelat beton

- Bor dengan pegangan (*hand-held drill*) untuk membuat lubang *grouting* yang dapat menghasilkan lubang yang bersih tanpa menimbulkan gompal pada permukaan pelat atau kehancuran pada dasar pelat. Bor *pneumatik* atau hidrolik digunakan untuk grout berbasis semen, dapat membuat lubang *grouting* berdiameter 38 mm sampai 51 mm. Bor elektrik-pneumatik digunakan untuk bahan poliuretan, dapat membuat lubang injeksi sampai dengan diameter lubang 15 mm.
- Unit pembuat grout (*grout plant*), untuk membuat campuran grout semen digunakan yang secara tepat dapat *menakar*, mengatur proporsi, dan mencampur bahan, baik berdasarkan perbandingan berat maupun volume. Ada 2 jenis alat pencampur koloidal yang digunakan untuk mencampur grout pozolan-semen, yaitu alat pencampur pompa sentrifugal (*centrifugal pump mixers*) dan alat pencampur pisau geser (*shear blade mixers*).
- Pompa injeksi *positive-displacement* atau pompa *non-pulsing progressive-cavity* untuk memompa bahan grout dan memasukkannya ke dalam lubang injeksi dengan kecepatan dan tekanan tertentu.
- Grout packer* : *drive packer* dan *expandable packers*, alat untuk menginjeksikan bahan grout.
- Kayu untuk menyumbat lubang injeksi.

### 5.1.2 Prosedur pelaksanaan penstabilan pelat beton

#### a. Pengeboran untuk membuat lubang *grouting*

- 1) Tentukan tipikal pola lubang *grouting* pada saat desain dan sesuaikan dengan lokasi lubang injeksi di lapangan.
- 2) Tentukan bahan graut yang dipilih, apabila bahan graut mudah mengalir, maka jarak antara lubang perlu diperbesar; sebaliknya, apabila bahan graut sulit mengalir sebelum tekanan balik maksimum dicapai, maka jarak antara lubang perlu diperkecil dari perencanaan sebelumnya.
- 3) Lakukan pengeboran sesuai dengan pola lubang yang sudah diberi tanda. Tekanan dari bor tidak boleh melebihi 90 kg untuk menghindarkan retak dan gompal pada pelat.
- 4) Bersihkan bahan bekas pemboran.

#### b. Penyiapan bahan graut

- 1) Apabila menggunakan campuran graut pozolan-semen, maka pengaturan proporsi, dan pencampuran semua bahan dapat menggunakan alat pencampur koloidal (alat pencampur pompa sentrifugal atau alat pencampur pisau geser).
- 2) Alat pencampur drum tipe pedal (*paddle-type drum mixers*) efektif untuk campuran graut dengan serbuk kapur.
- 3) Truk campuran beton siap pakai (*ready-mix trucks*) tidak boleh digunakan untuk mencampur bahan graut, karena untuk mendapatkan bahan yang mudah mengalir memerlukan penambahan air yang terlalu banyak, dan bahan padat cenderung menggumpal dan menempel pada alat.
- 4) Apabila menggunakan busa poliuretan, maka penyimpanan, pengaturan proporsi, dan pencampuran semua bahan harus sesuai dengan instruksi dan spesifikasi yang dikeluarkan oleh produsen.

#### c. *Grouting* bahan graut

- 1) Gunakan pompa injeksi *positive-displacement* atau pompa *non-pulsing progressive-cavity*
- 2) Pompa harus mampu mempertahankan kecepatan dan tekanan *grouting* yang rendah, tekanan dipertahankan antara 0,15 MPa dan 1,4 MPa selama *grouting* bahan graut.
- 3) Pertahankan pemompaan pada kecepatan kira-kira 5,5 liter per menit, supaya lebih terkendali penempatan bahan graut dalam arah lateral dan menjaga pelat dari kemungkinan menaik atau terangkat.
- 4) Bahan graut berbasis semen diinjeksikan dengan menggunakan *grout packer* yaitu untuk mencegah ekstrusi bahan dan penyumbatan selama *grouting*, dan untuk bahan graut poliuretan diinjeksikan menggunakan nozel plastik yang disekrupkan ke selang untuk menyalurkan bahan graut ke dalam lubang.
- 5) Gunakan *drive packer* untuk lubang berdiameter 25 mm dan *expandable packers* untuk lubang berdiameter 37,5 mm atau lebih.
- 6) Pemompaan bahan graut dilakukan sampai dicapai salah satu kondisi sebagai berikut:
  - Pelat terangkat lebih dari 3 mm.
  - Bahan graut terlihat keluar dari lubang, retak, atau sambungan yang dekat dengan lubang yang dipompa.
  - Bahan graut terpompa masuk ke bawah bahu, seperti ditunjukkan oleh bahu yang terangkat.

- Waktu pemompaan kira-kira lebih dari 1 menit; menunjukkan bahwa bahan graut mengalir ke dalam ruang yang besar.
- 7) Setelah injeksi selesai, tarik *packer* kemudian lubang disumbat secepatnya dengan kayu. Penyumbatan ini sifatnya sementara sampai bahan graut mengeras.
  - 8) Setelah bahan graut mengeras, sumbat tersebut dicabut, kemudian lubang ditutup (rata dengan permukaan) dengan bahan tambalan yang cocok.
  - 9) Apabila digunakan bahan cepat mengeras, lalu-lintas diijinkan melewati pelat dalam waktu sekurang-kurangnya 3 jam setelah bahan graut selesai diinjeksikan; yaitu agar bahan graut mempunyai waktu yang cukup untuk mengeras.

## 5.2 Pelaksanaan pengembalian elevasi pelat beton

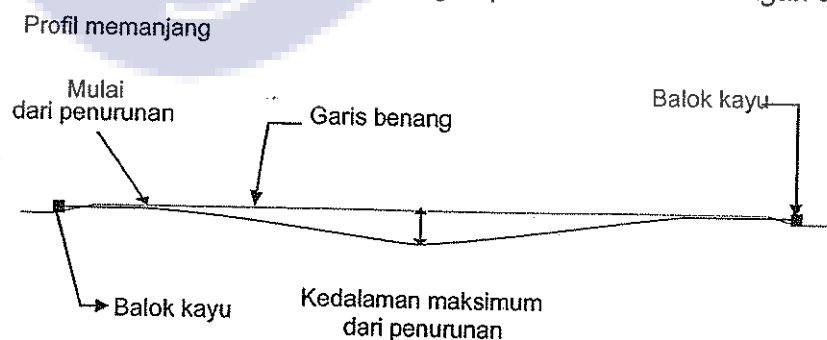
### 5.2.1 Peralatan pengembalian elevasi pelat beton

Peralatan yang digunakan pada pelaksanaan pengembalian elevasi pelat sama dengan peralatan yang digunakan pada pelaksanaan penstabilan pelat. Tetapi dalam pelaksanaan pengembalian elevasi pelat diperlukan peralatan tambahan yaitu benang yang berfungsi sebagai pengendali pada saat injeksi bahan berlangsung sehingga penaikan setiap titik pada pelat yang menurun dapat diamati.

### 5.2.2 Prosedur pelaksanaan pengembalian elevasi pelat

Secara umum prosedur untuk menaikkan pelat adalah sebagai berikut:

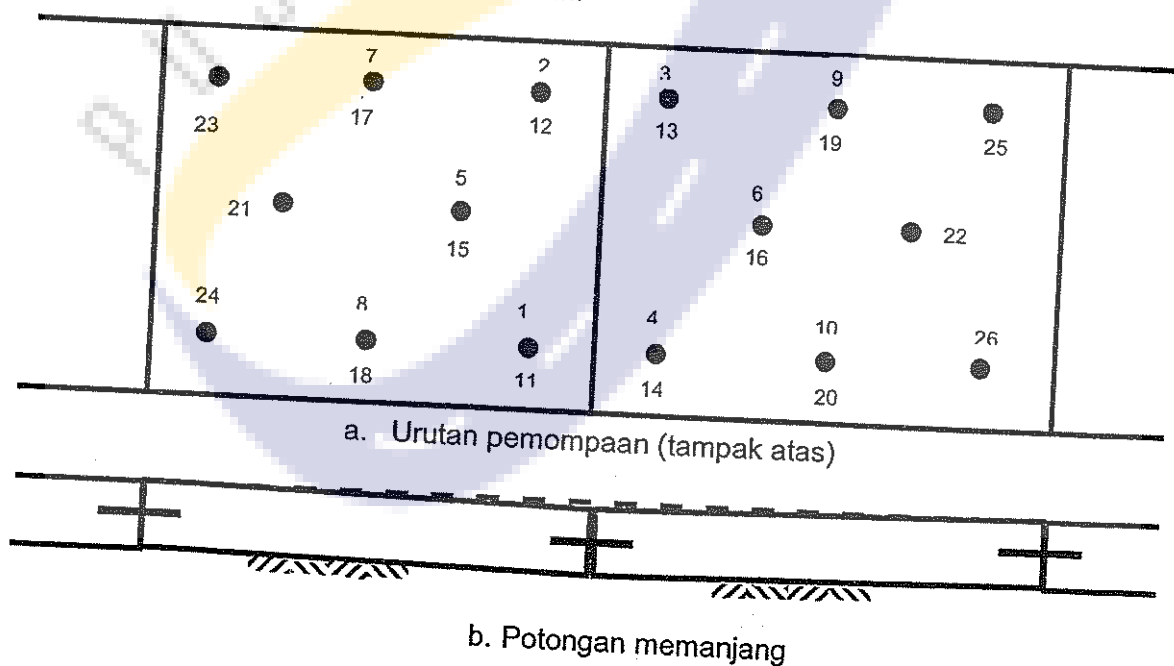
- Setelah semua pekerjaan persiapan selesai, antara lain pembuatan lubang, pembersihan bahan bekas pemboran, maka pelat yang turun siap untuk dinaikkan elevasinya. Untuk setiap kali pengangkatan pada setiap lubang, pelat harus dinaikkan dengan ketinggian yang sangat kecil. Ketentuan pengangkatan yang baik adalah tidak boleh menaikkan pelat lebih dari 6 mm untuk menghindari terjadinya retak. Disamping itu, pada setiap kali pengangkatan tidak boleh ada bagian pelat yang mempunyai elevasi lebih dari 6 mm lebih tinggi dari elevasi pelat yang berdekatan.
- Metoda penarikan benang (*taut stringline*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, merupakan cara terbaik untuk mengendalikan urutan pemompaan, selain itu juga untuk mendapatkan elevasi yang tepat. Pada metoda penarikan benang, balok kayu kecil dipasang pada permukaan perkerasan di awal dan akhir penurunan, kemudian benang dikencangkan dari awal dan akhir penurunan. Pada saat pemompaan bahan berlangsung, peninggian setiap titik pada pelat yang menurun dapat secara pasti diamati, sehingga pemompaan pada suatu lubang dapat dikendalikan dengan seksama



**Gambar 4 - Metode penarikan benang pada pengembalian elevasi pelat yang turun**



- c. Pemompaan harus dilakukan di sepanjang pelat yang mengalami penurunan, agar pada setiap lokasi tidak terjadi regangan yang besar. Jika pemompaan dimulai pada salah satu ujung penurunan, maka tegangan tarik pada permukaan atas pelat akan meningkat sehingga pelat akan retak. Tetapi jika pemompaan dimulai pada bagian tengah pelat di mana tegangan tarik terjadi pada permukaan bawah pelat, maka peninggian pelat akan mengurangi tegangan tarik sehingga pelat dapat dinaikkan tanpa mengalami kerusakan. Setelah semua pelat yang turun selesai dikembalikan ke elevasi awal, maka operasi pemompaan dapat berlanjut ke pelat yang lainnya, sampai seluruh pelat yang menurun mempunyai elevasi yang dikehendaki.
  - d. Perlu diperhatikan agar pengembalian elevasi bagian tengah pelat tidak diselesaikan langsung penuh, karena pelat akan melengkung tajam dan retak. Bagian tengah pelat biasanya harus dinaikkan lebih dulu dari bagian-bagian ujung pelat yang turun, tetapi pengangkatan harus dilakukan sedemikian rupa untuk menghindari lengkungan tajam.
  - e. Contoh urutan pemompaan pada pengembalian elevasi pelat yang turun, yang dapat dijadikan pedoman umum untuk mendapatkan hasil yang memuaskan diuraikan di bawah ini. Perlu diingat bahwa pedoman tersebut mungkin perlu dimodifikasi, agar sesuai dengan kebutuhan spesifik suatu kegiatan.
- 1) Pada Gambar 5 ditunjukkan denah lubang pemompaan suatu penurunan (cekungan). Pemompaan harus dimulai dari tengah-tengah cekungan, ditunjukkan dengan Titik 1. Lubang dimana bahan mula-mula dipompakan akan memerlukan bahan lebih banyak daripada lubang-lubang pada sisi lain; yaitu sebagai akibat bentuk cekungan. Pemompaan harus selalu dimulai dari lubang pada baris luar, diikuti dengan lubang pada baris dalam.



**Gambar 5 - Denah urutan pemompaan untuk menangani pelat yang turun**

- 2) Lubang pada baris tengah dipompa setelah lubang pada baris luar, dengan mengikuti urutan yang sama seperti yang diuraikan di atas. Pemompaan dilanjutkan menurut urutan tersebut sampai pelat mempunyai elevasi yang dikehendaki.
- 3) Lubang terakhir pada ujung-ujung cekungan tidak boleh dipompa sebelum pelat mencapai elevasi yang dikehendaki. Pada lubang tersebut dapat digunakan bahan

yang lebih encer (sama dengan bahan yang digunakan untuk penstabil pelat), agar bahan dipastikan dapat mengisi rongga yang kecil yang tersisa pada cekungan.

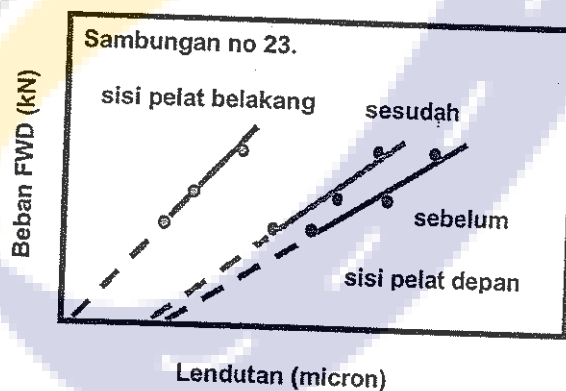
- f. Setelah pemompaan selesai, lubang harus secepatnya disumbat sementara dengan sumbat kayu yang diruncingkan ujungnya, yaitu untuk menahan tekanan bahan graut dan untuk mencegah aliran balik bahan graut. Apabila seluruh pelaksanaan pengembalian elevasi pelat yang turun selesai, maka sumbat sementara dicabut dan selanjutnya lubang ditutup dengan bahan tambalan yang sesuai.

## 6 Pengendalian mutu

### 6.1 Pengendalian mutu pada penstabilan pelat beton

Penstabilan pelat bertujuan untuk mengisi rongga di bawah pelat, bukan untuk menaikkan pelat. Selama pelaksanaan, pelaksana dan pengawas dituntut untuk melakukan pengawasan yang ketat, karena apabila pelat terangkat, maka di bawah pelat akan tercipta rongga tambahan dan pelat cenderung retak.

Efektivitas penstabilan pelat hanya dapat diketahui melalui pemantauan kinerja perkerasan yang telah distabilkan. Petunjuk awal terbaik dari efektivitas penstabilan pelat dapat diketahui melalui pengukuran lendutan pelat sebelum dan sesudah perbaikan; apakah lendutan pelat yang telah distabilkan lebih kecil dari lendutan pelat sebelum distabilkan atau tidak, lihat Gambar-6. Apabila hasil pengujian lendutan menunjukkan bahwa pelat masih kehilangan daya dukung, maka pelat harus diinjeksi kembali melalui lubang yang baru. Disarankan apabila rongga masih dijumpai setelah tiga kali upaya penstabilan pelat, maka perlu dipertimbangkan cara penanganan yang lain; misalnya dengan penambalan penuh (*full-depth repair*).



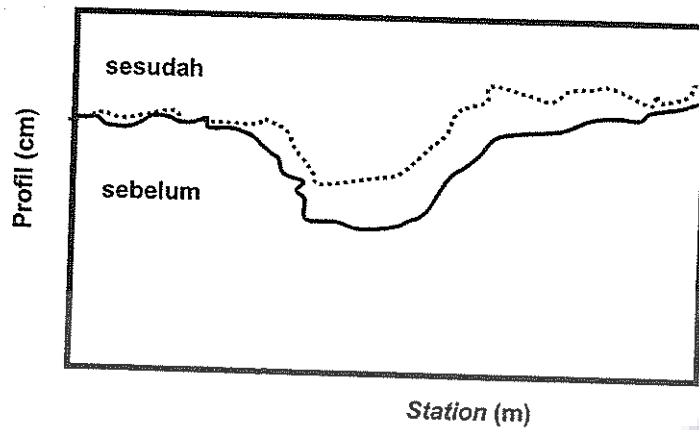
Gambar 6 - Contoh kurva hubungan antara beban dengan lendutan sebelum dan sesudah penstabilan pelat menggunakan data lendutan dari FWD

### 6.2 Pengendalian mutu pada pengembalian elevasi pelat

Pengembalian elevasi pelat yang turun bertujuan untuk menaikkan pelat sesuai dengan profil permukaan perkerasan yang dikehendaki. Penaikan pelat ini dapat menimbulkan konsentrasi tegangan pada pelat dan mengakibatkan retak apabila tidak diawasi dengan baik. Oleh karena itu, merupakan suatu hal yang kritis bahwa pelat tidak boleh dinaikkan lebih dari 6 mm pada saat pemompaan yang dilakukan pada tiap lubang. Selama pelaksanaan, perbedaan elevasi tidak boleh lebih dari 6 mm untuk seluruh bagian pelat yang dinaikkan dan semua pelat di dekatnya, yaitu untuk menghindari terjadinya retak.



Efektivitas proses pengangkatan pelat dapat dinilai, baik secara visual ataupun melalui pengujian profil perkerasan sebelum dan sesudah pelaksanaan pengangkatan, seperti ditunjukkan dalam Gambar-7.



**Gambar 7 - Contoh profil memanjang sebelum dan sesudah pengembalian elevasi pelat yang turun**

## Lampiran A (informatif)

### Permasalahan yang umum terjadi pada penstabilan pelat dengan cara *grouting* dan pemecahannya

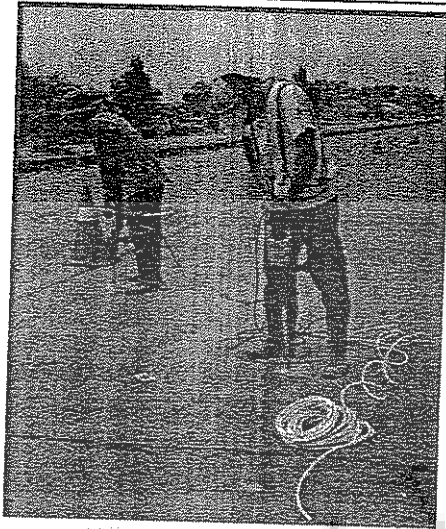
Terdapat beberapa permasalahan yang umumnya terjadi pada saat pelaksanaan perstabilan pelat dengan cara *grouting*. Persoalan tersebut ditunjukkan pada Tabel A.1, bersama-sama dengan penyebab dan pemecahannya.

**Tabel A.1 - Permasalahan, penyebab dan pemecahannya  
pada penstabilan pelat dengan cara *grouting***

| PERMASALAHAN  | PENYEBAB TIPIKAL  | PEMECAHAN TIPIKAL  |
|---|---|--|
| Jika setelah 1 menit injeksi, tidak terlihat bahan graut keluar dari lubang, sambungan, atau retak terdekat; atau pada arloji pengukur ( <i>uplift gauge</i> ) tidak terlihat kenaikan pelat. | Bahan stabilisasi mengalir ke ruang besar ( <i>cavity</i> ).  | Hentikan proses injeksi. Ruang besar diatasi dengan prosedur penanganan lain.  |
| Tekanan pemompaan awal tidak turun setelah 2 sampai 3 detik.  | Pada dasar lubang terdapat pecahan yang menghalangi bahan graut memasuki rongga.  | Pecahan kadang-kadang dapat disingkirkan dengan cara memompakan sedikit air atau udara (untuk membuat jalan bagi bahan graut). Bila cara tersebut tidak berhasil, mungkin lubang dibuat di luar batas rongga.  |
| Pengujian setelah <u>satu</u> kali penginjeksian masih menunjukkan kehilangan daya dukung.  | Rongga tidak cukup terisi. Kemungkinan pertama adalah pola lubang tidak menjadi akses penuh ke rongga.  | Lakukan injeksi ulang pada lubang-lubang lain di luar lubang-lubang yang digunakan pertama.  |
| Pengujian setelah <u>dua</u> kali penginjeksian (setelah injeksi ulang) masih menunjukkan kehilangan daya dukung.   | Rongga masih tidak cukup terisi. Setelah injeksi ulang, kemungkinan penyebab tipikal adalah: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pola ke-2 masih tidak menjadi akses penuh ke rongga.</li> <li>▪ Rongga terletak lebih dalam pada lapis perkerasan.</li> </ul> | Dapat dilakukan salah satu cara sebagai berikut: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bila pola lubang tidak tepat terletak pada batas rongga, pelaksana dapat membuat beberapa lubang tambahan pada lokasi lain.</li> <li>2. Bila pelaksana yakin terhadap batas-batas rongga, maka lubang perlu diperdalam sampai tanah dasar.</li> </ol>                     |
| Arloji pengukur menunjukkan bahwa pelat naik melebihi batas ijin maksimum, secara tipikal 3 mm.   | Penginjeksian berlebih ( <i>overgrouting</i> ).   | Penginjeksian berlebih dapat menimbulkan terjadinya retak yang cepat atau sekurang-kurangnya, menambah potensi retak jangka panjang. Pemecahannya harus ditentukan melalui spesifikasi yang ditetapkan. Bila nampak bahwa pelat mengalami kerusakan yang cepat, maka pelaksana kemungkinan besar harus bertanggung jawab untuk mengganti pelat tanpa tambahan biaya. |

Lampiran B  
(informatif)

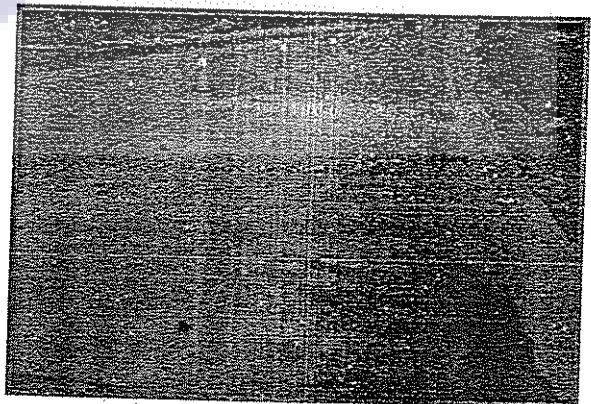
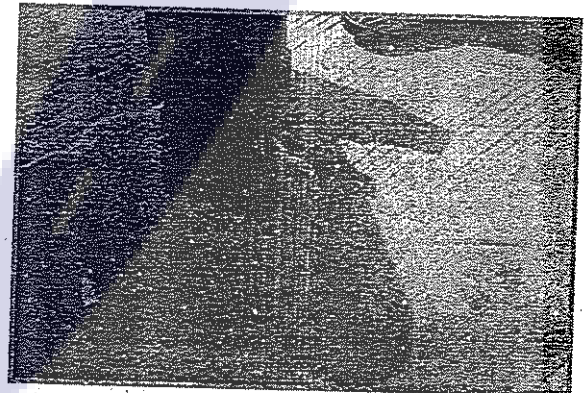
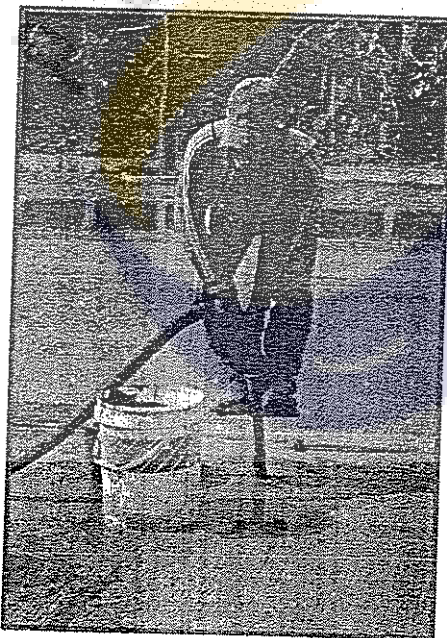
Gambar-gambar pelaksanaan penstabilan pelat dengan cara *grouting*



1. Pengeboran untuk membuat lubang injeksi



2. Penyiapan bahan graut



3. Injeksi bahan graut berbasis semen



## Bibliografi

- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 1993. *Guide Specifications for Highway Construction*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.
- American Concrete Pavement Association (ACPA). 1994. *Slab Stabilization Guidelines for Concrete Pavements*. TB018P. American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
- American Concrete Pavement Association (ACPA). 2003. *Concrete Pavement Repair Manual*. Report No. JP002P. American Concrete Pavement Association, Skokie, IL.
- Darter, M. I., E. J. Barenberg, and W. A. Yrjanson. 1985. *Joint Repair Methods for Portland Cement Concrete Pavements*. NCHRP Report 281. Transportation Research Board, Washington, DC.
- Minnesota Department of Transportation (MnDOT). 2006. *State Aid Concrete Pavement Rehabilitation Best Practices Manual 2006*. Manual Number 2006-31. Minnesota Department of Transportation, St. Paul, MN.
- Soltesz, S. 2000. *Injected Polyurethane Slab Jacking*. Interim Report, Report No. SPR 306-261. Oregon Department of Transportation, Research Group, Salem, OR.
- Taha, R., A. Selim, S. Hasan, and B. Lunde. 1994. *Evaluation of Highway Undersealing Practices of Portland Cement Concrete Pavements*. Transportation Research Record 1449. Transportation Research Board, Washington, DC.

## 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 |
| Aldian Nurcahya, ST     | Pusat Litbang Jalan dan Jembatan |

### 3. Daftar peserta rapat konsensus Senin, 14 April 2014

| No  | Nama  | Instansi  | Kedudukan   | Wakil dari |
|-----|---|---|---|------------|
| 1.  | Prof (R)<br>Dr.Ir.M.Sjahdanulirwan,<br>M.Sc | Pusat Litbang Jalan<br>Jembatan                 | Wakil Ketua Subpantek<br>Rekayasa Jalan dan<br>Jembatan | Pemerintah |
| 2.  | Ir. Nandang Syamsudin,<br>MT                | Pusat Litbang Jalan<br>Jembatan                 | Sekretaris Subpantek<br>Rekayasa Jalan dan<br>Jembatan  | Pemerintah |
| 3.  | Dr. Ir. Raden Anwar<br>Yamin, MT, ME        | Pusat Litbang Jalan dan<br>Jembatan             | Anggota Subpantek<br>Rekayasa Jalan dan<br>Jembatan     | Pemerintah |
| 4.  | Dr. Ir. Hindra mulya, MM                    | PT. MBT   | Anggota Subpantek<br>Rekayasa Jalan dan<br>Jembatan     | Produsen   |
| 5.  | Dr. Ir. Imam Aschuri, MT                    | Himpunan Ahli Teknik<br>Tanah Indonesia (HATTI) | Anggota Subpantek<br>Rekayasa Jalan dan<br>Jembatan     | Konsumen   |
| 6.  | Ir. Abinhot Sihotang, MT                    | Institut Teknologi<br>Nasional (ITENAS)         | Anggota Subpantek<br>Rekayasa Jalan dan<br>Jembatan     | Pakar      |
| 7.  | Fasma ST, MT                                | Set. Balitbang PU                               | Narasumber  | Pemerintah |
| 8.  | Ir. Salim Mahmud, M.Phill                   | -   | Narasumber  | Pakar      |
| 9.  | Ir. Roestaman, M.Sc                         | STTG  | Narasumber  | Pakar      |
| 10. | Ir. Muchtar Soedin, CES                     | TAS-QC / MASTAN                                 | Narasumber  | Praktisi   |
| 11. | Ir. Nyoman Suaryana,<br>M.Sc                | Pusat Litbang Jalan dan<br>Jembatan             | Ketua GK Bahan dan<br>Perkerasan Jalan                  | Pemerintah |
| 12. | Yohannes Ronny, ST., MT                     | Pusat Litbang Jalan dan<br>Jembatan             | Sekretaris GK Bahan dan<br>Perkerasan Jalan             | Pemerintah |
| 13. | Prof. (R) Dr.Ir. Furqon<br>Affandi, M.Sc    | Pusat Litbang Jalan dan<br>Jembatan             | Anggota GK Bahan dan<br>Perkerasan Jalan                | Pemerintah |
| 14. | Ir. Nono M.Eng.Sc                           | Pusat Litbang Jalan dan<br>Jembatan             | Anggota GK Bahan dan<br>Perkerasan Jalan                | Pemerintah |
| 15. | Neni Kusnianti, ST., MT                     | Pusat Litbang Jalan dan<br>Jembatan             | KONSEPTOR   | Pemerintah |
| 16. | Dian Yuliantini, S.ST                       | Pusat Litbang Jalan dan<br>Jembatan             | Sekretariat/ Editor                                     | Pemerintah |

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 23 April 2015

**MENTERI PEKERJAAN UMUM  
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



**M. BASUKI HADIMULJONO**