



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA  
PUSAT PENDIDIKAN DAN PELATIHAN JALAN, PERUMAHAN,  
PERMUKIMAN DAN PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR WILAYAH

DIKLAT PERKERASAN KAKU

| 2017



## **MODUL 1**

# **KONSEP DASAR DAN KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU**

## KATA PENGANTAR

Kurikulum merupakan program pendidikan yang perlu disusun secara sistematis dan sistemik yang berorientasi pada pembentukan kompetensi peserta didik. Untuk mendukung keberhasilan program pendidikan tersebut perlu adanya komponen-komponen lain yang standar seperti widyaiswara, sarana/alat, sumber belajar dan modul. Modul merupakan salah satu bahan ajar yang harus dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pembentukan kompetensi peserta didik.

Diklat **Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)** merupakan salah satu upaya yang dianggap strategis dalam peningkatan profesionalisme Aparatur Sipil Negara (ASN) di Lingkungan Kementerian PUPR. Untuk mengefektifkan **Diklat Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)** selain ada tatap muka juga ada pembelajaran melalui penggunaan modul sebagai bahan ajar yang akan membantu pembelajaran peserta didik.

Modul Konsep Dasar Konstruksi Perkerasan Kaku ini dimaksudkan untuk membekali peserta diklat tentang pengetahuan sejarah perkerasan kaku baik di luar negeri maupun di Indonesia, sifat umum perkerasan kaku, jenis-jenis perkerasan kaku, jenis-jenis sambungan pada perkerasan kaku, perkembangan peralatan untuk pelaksanaan perkerasan kaku, hingga lapis tambah (*Overlay*) yang di gunakan dalam konstruksi perkerasan kaku jalan beton.

Ucapan terima kasih dan penghargaan kami sampaikan kepada tim penyusun atas tenaga dan pikiran yang dicurahkan untuk mewujudkan modul ini. Penyempurnaan, maupun perubahan modul di masa mendatang senantiasa terbuka dan dimungkinkan mengingat akan perkembangan situasi, kebijakan dan peraturan yang terus menerus terjadi. Semoga modul ini dapat membantu dan bermanfaat bagi peningkatan profesionalisme Aparatur Sipil Negara (ASN) di Lingkungan Kementerian PUPR.

Bandung, Desember 2017

Kepala Pusat Pendidikan dan Pelatihan  
Jalan, Perumahan, Permukiman, dan  
Pengembangan Infrastruktur Wilayah

## DAFTAR ISI

|   |            |
|---|------------|
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                               | <b>i</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                    | <b>ii</b>  |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>                                | <b>iii</b> |
| <b>PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL .....</b>                    | <b>v</b>   |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>                             | <b>1</b>   |
| A. LATAR BELAKANG .....                                   | 1          |
| B. DESKRIPSI SINGKAT .....                                | 1          |
| C. TUJUAN PEMBELAJARAN .....                              | 2          |
| D. MATERI POKOK DAN SUB MATERI POKOK.....                 | 2          |
| E. ESTIMASI WAKTU .....                                   | 3          |
| <b>BAB 2 KONSEP DASAR KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU.....</b> | <b>4</b>   |
| A. PENDAHULUAN .....                                      | 4          |
| B. SEJARAH PERKERASAN KAKU .....                          | 4          |
| C. SIFAT UMUM PERKERASAN KAKU .....                       | 8          |
| D. JENIS PERKERASAN KAKU .....                            | 13         |
| E. JENIS SAMBUNGAN PADA PERKERASAN KAKU .....             | 25         |
| F. PERKEMBANGAN PERALATAN .....                           | 31         |
| G. LAPIS TAMBAH ( <i>OVERLAY</i> ) .....                  | 33         |
| H. LATIHAN .....  | 34         |
| I. RANGKUMAN .....  | 35         |
| <b>BAB 3 PENUTUP.....</b>                                 | <b>37</b>  |
| A. SIMPULAN .....   | 37         |
| B. UMPAN BALIK DAN TINGKAT LANJUT .....                   | 37         |
| C. KUNCI JAWABAN .....                                    | 38         |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                               | <b>47</b>  |
| <b>GLOSARIUM.....</b>                                     | <b>48</b>  |

## DAFTAR GAMBAR

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 1 -  | Perkerasan kaku di Indonesia   | 8  |
| Gambar 2 -  | Ilustrasi distribusi beban pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur                | 9  |
| Gambar 3 -  | Ilustrasi ekivalensi beban pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur                | 12 |
| Gambar 4 -  | Tipikal bahu beton pada perkerasan kaku  | 12 |
| Gambar 5 -  | Tipe dan lokasi sambungan pada perkerasan kaku                                       | 13 |
| Gambar 6 -  | Skema perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan                                      | 15 |
| Gambar 7 -  | Ruji dan Batang pengikat pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan              | 15 |
| Gambar 8 -  | kedudukan batang pengikat pada sambungan memanjang                                   | 17 |
| Gambar 9 -  | Skema perkerasan kaku bersambung dengan tulangan                                     | 18 |
| Gambar 10-  | Perkerasan bersambung dengan tulangan  | 18 |
| Gambar 11-  | Skema perkerasan kaku menerus dengan tulangan  | 20 |
| Gambar 12   | Sambungan pelaksanaan melintang dan tulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan | 20 |
| Gambar 13 - | Skema perkerasan kaku prategang  | 22 |
| Gambar 14 - | Skema perkerasan kaku pracetak pratekan  | 24 |
| Gambar 15 - | Susunan panel dan jenis panel serta pemasangan panel menjadi lapisan perkerasan      | 24 |
| Gambar 16 - | Pemasanganudukan ruji dilengkapi dengan lapisan anti karat                           | 26 |
| Gambar 17 - | Pemasangan sambungan memanjang   | 28 |
| Gambar 18-  | Sambungan pelaksanaan melintang  | 29 |
| Gambar 19 - | Sambungan pelaksanaan memanjang pada perkerasan bersambung tanpa tulangan            | 30 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 20 - | Sambungan muai   | 31 |
| Gambar 21 - | Ruji dan batang pengikat yang diletakkan dengan kokoh sebelum penghamparan dengan <i>slip form</i> | 32 |
| Gambar 22 - | Mesin penghampar <i>slipform</i>   | 33 |
| Gambar 23-  | Penyelesaian akhir hamparan dengan <i>slip form</i> di daerah tikungan                             | 33 |
| Gambar 24 - | Lapis tambah sistem <i>bonded</i>  | 35 |

## PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

Petunjuk penggunaan modul ini dimaksudkan untuk mempermudah peserta pelatihan. Oleh karena itu, sebaiknya peserta pelatihan memperhatikan beberapa petunjuk berikut ini.

1. Bacalah dengan cermat bagian pendahuluan ini, sampai Anda mempunyai gambaran kompetensi yang harus dicapai, dan ruang lingkup modul ini.
2. Baca dengan cermat bagian demi bagian, dan tandailah konsep-konsep pentingnya.
3. Segeralah membuat Ringkasan Materi tentang hal-hal esensial yang terkandung dalam modul ini
4. Untuk meningkatkan pemahaman Anda tentang isi modul ini, tangkaplah konsep-konsep penting dengan cara membuat pemetaan keterhubungan antara konsep yang satu dengan konsep lainnya.
5. Untuk memperluas wawasan Anda, bacalah sumber-sumber lain yang relevan baik berupa kebijakan maupun submateri bahan ajar dari media cetak maupun dari media elektronik.
6. Untuk mengetahui sampai sejauh mana pemahaman Anda tentang isi modul ini, cobalah untuk menjawab soal-soal latihan secara mandiri, kemudian lihat kunci jawabannya.
7. Apabila ada hal-hal yang kurang dipahami, diskusikanlah dengan teman sejawat atau catat untuk bahan diskusi pada saat tutorial.
8. Peserta membaca dengan seksama setiap Sub Materi dan bandingkan dengan pengalaman Anda yang dialami di lapangan.
9. Jawablah pertanyaan dan latihan, apabila belum dapat menjawab dengan sempurna, hendaknya Anda latihan mengulang kembali materi yang belum dikuasai.
10. Buatlah Ringkasan Materi, buatlah latihan dan diskusikan dengan sesama peserta untuk memperdalam materi.



## **BAB 1 PENDAHULUAN**

### **A. LATAR BELAKANG**

Jalan merupakan infastruktur yang menghubungkan satu daerah dengan daerah lain yang sangat penting dalam system pelayanan masyarakat. Sejak tahun 1985, perkerasan jalan beton atau perkerasan jalan kaku mulai diaplikasikan di Indonesia, dengan membangun jalan - jalan beton di beberapa kota di Indonesia. Akan tetapi setelah itu perkembangan penggunaan perkerasan kaku di Indonesia berjalan lambat, namun dalam beberapa tahun terakhir ini perkembangannya menunjukkan percepatan yang sangat tinggi.

Peningkatan Pembangunan perkerasan kaku di Indonesia terus bertambah dengan cepat, baik untuk jalan tol, jalan nasional, jalan propinsi, jalan kota bahkan sampai ke jalan - jalan perumahan. Untuk itu perlu adanya pemahaman mengenai konsep dasar konstruksi perkerasan kaku sehingga pada saat perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian mutu konstruksi perkerasan kaku dapat dilaksanakan sesuai dengan spesifikasi dan mendapatkan kualitas perkerasan yang diinginkan.

### **B. DESKRIPSI SINGKAT**

Modul Konsep Dasar Konstruksi Perkerasan Kaku ini dimaksudkan untuk membekali peserta diklat tentang pengetahuan sejarah perkerasan kaku baik di luar negeri maupun di Indonesia, sifat umum perkerasan kaku, jenis-jenis perkerasan kaku, jenis-jenis sambungan pada perkerasan kaku, perkembangan peralatan untuk pelaksanaan perkerasan kaku, hingga lapis tambah (*Overlay*) yang di gunakan dalam konstruksi perkerasan kaku jalan beton.

Mata diklat ini disajikan melalui metode ceramah dan diskusi interaktif. Keberhasilan peserta dinilai dari kemampuannya dalam menjelaskan konsep dasar konstruksi perkerasan kaku malalui soal-soal latihan, tes lisan dan tes tertulis.



## **C. TUJUAN PEMBELAJARAN**

Tujuan pembelajaran terdiri dari hasil belajar dan indikator hasil belajar sebagai berikut:

### **1. HASIL BELAJAR**

Setelah mengikuti pembelajaran ini para peserta diharapkan akan memahami konsep dasar konstruksi perkerasan kaku.

### **2. INDIKATOR HASIL BELAJAR**

Setelah mengikuti pembelajaran, peserta mampu:

- a) Menjelaskan sejarah perkembangan konstruksi perkerasan kaku,
- b) Menjelaskan sifat umum konstruksi perkerasan kaku,
- c) Menjelaskan jenis-jenis konstruksi perkerasan kaku,
- d) Menjelaskan jenis-jenis sambungan pada perkerasan kaku,
- e) Menjelaskan perkembangan peralatan untuk pelaksanaan perkerasan kaku,
- f) Menjelaskan lapis tambah (*Overlay*) pada konstruksi perkerasan kaku.

## **D. MATERI POKOK DAN SUB MATERI POKOK**

Materi-materi yang akan dibahas dalam Modul 1- Konsep Dasar Konstruksi Perkerasan Kaku ini, yaitu:

1. Sejarah perkembangan konstruksi perkerasan kaku,
2. Sifat umum konstruksi perkerasan kaku,
3. Jenis-jenis konstruksi perkerasan kaku,
4. Jenis-jenis sambungan pada perkerasan kaku,
5. Perkembangan peralatan untuk pelaksanaan perkerasan kaku,
6. Lapis tambah (*Overlay*)

## **E. ESTIMASI WAKTU**

Alokasi waktu yang diberikan untuk pelaksanaan kegiatan belajar mengajar untuk mata diklat. “Konsep Dasar Konstruksi Perkerasan Kaku” adalah 3 (tiga) jam pelajaran, @ 45 menit.

## **BAB 2**

# **KONSEP DASAR KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU**

### **Indikator keberhasilan**

Setelah mengikuti pembelajaran ini, peserta diklat diharapkan mampu Menjelaskan konsep dasar konstruksi perkerasan kaku.

## **A. PENDAHULUAN**

Perkerasan kaku (beton semen) merupakan konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya, sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi khususnya bila dibandingkan dengan perkerasan aspal (perkerasan lentur), sehingga dikenal dan disebut sebagai perkerasan kaku atau rigid pavement.

Modulus Elastisitas ( $E$ ) merupakan salah satu parameter yang menunjukkan tingkat kekakuan konstruksi disamping dimensinya; dan dapat dipergunakan sebagai acuan ilustrasi tingkat kekakuan konstruksi perkerasan. Pada perkerasan aspal (perkerasan lentur), modulus elastisitas sekitar ( $E_a$ ) sekitar 4.000 MPa, sedangkan pada perkerasan kaku (beton semen) modulus elastisitas rata-rata ( $E_b$ ) berkisar pada besaran 40.000 MPa atau 10 kali lipat dari perkerasan aspal.

Uraian singkat diatas memberikan pengertian bahwa jenis konstruksi perkerasan ini sangat beralasan dan tepat untuk disebut atau dinamakan sebagai konstruksi perkerasan kaku. Pada perkerasan kaku ini, satu lapis beton semen mutu tinggi (sesuai dengan kelasnya) pada konstruksi perkerasan tersebut merupakan konstruksi utama.

## **B. SEJARAH PERKERASAN KAKU**

### **1. PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PERKERASAN KAKU DIDUNIA**

Jalan Perkerasan kaku, telah lama diterapkan di Inverness, Inggris, yaitu pada tahun 1868. Tetapi pada saat itu perkembangannya tidak begitu pesat, dimana

sampai dengan tahun 1919 hanya beberapa kilometer jalan saja yang telah dibangun. Sementara itu di Amerika Serikat, perkerasan kaku yang pertama dibangun ialah di Bellefontaine, Ohio, pada tahun 1891 oleh George Bartholomew. Dia telah belajar tentang produksi semen di Jerman dan Texas, serta menemukan sumber material tersebut seperti batu kapur dan lempung di pusat Ohio. Karena perkerasan kaku ini yang pertama kali dibangun di sana, pemerintah daerah meminta dia untuk memberikan jaminan sebesar \$ 5000, bahwa perkerasan kaku ini bisa bertahan selama 5 tahun. Lebih dari 100 tahun kemudian, bagian dari perkerasan kaku ini masih berfungsi.

Pada tahun 1893, Cort Avenue dan Opera Street diperkeras. Columbia avenue dan Main street diperkeras tahun 1894. Pada saat itu, istilah “beton – “concrete” belum digunakan secara umum dan bahan tersebut dinamakan “artificial stone” yang pembuatannya dicampur secara manual dengan ukuran 1,5 persegi.

Perkerasan kaku lainnya yang termasuk generasi awal, yaitu Frount Street di Chicago yang dibangun tahun 1905 dan bertahan 60 tahun, serta Woodward Avenue di Detroit tahun 1909 yang merupakan bagian tonggak perkerasan kaku pertama.

Dengan meningkatnya penggunaan kendaraan beroda empat. menjadikan meningkatnya pula keperluan jalan yang diperkeras. Pada tahun 1913, perkerasan kaku dekat Pine Bluff Arkansas Amerika telah dibangun dengan panjang 37 km. Dengan biaya satu dolar per setiap kaki (foot) panjang, dengan lebar 2,7 m dan tebal 12,5 cm.

Perkerasan kaku lainnya juga diterapkan di rest area, kemudian ini diikuti dengan pembangunan perkerasan sepanjang 79 km di jalan luar kota di Mississippi di tahun 1914, dan menjelang akhir tahun 1914 panjang total jalan dengan perkerasan kaku di Amerika telah mencapai 3788 km.

Untuk memberikan masukan dalam pengembangan prosedur perencanaan perkerasan kaku. jalan percobaan telah banyak dibuat selama beberapa tahun, Evaluasi pertama kali pada kinerja perkerasan kaku telah dilakukan oleh Departemen Pekerjaan Umum Detroit pada tahun 1909. Jalur percobaan ini mencakup beton, granit, creosote blok, serta cedar block. Berdasarkan hasil

studi ini, Wayne County Michigan telah memperkeras Woodward Avenue dengan beton dan kemudian lebih dari 96 km diperkeras dengan perkerasan kaku pada dua tahun berikutnya.

Setelah tahun 1916, perkerasan kaku dibuat dengan tebal 12,5 - 22,5 cm, tetapi sangat minim sekali tentang tebal yang diperlukan. Selama tahun 1912 - 1913, negara bagian Illinois membuat jalan percobaan Bates, dengan menggunakan truk bekas perang dunia pertama, yang mempunyai beban roda dari 454 kg sampai 5900 kg, sebagai beban pengujiannya. Segmen percobaan terdiri dari berbagai macam bahan dan tebal yang berbeda. Tebal penampang dari perkerasan kaku ini adalah antara 10 cm - 22,5 cm, sedangkan segmen dengan bagian tepinya yang dipertebal adalah 22,9 cm - 12,5 cm - 22,9 cm serta 22,9 cm - 15,2 cm dan 22,9 cm dan sebagian segmen dipasang pembesian tepi. Hasil menunjukkan satu segmen batu bata, tiga segmen dengan aspal, dan sepuluh segmen perkerasan kaku memberikan hasil yang memuaskan. Sebagai hasilnya, beberapa rumus rancangan telah dikembangkan untuk pembuatan sistem jalan antara negara bagian di Illinois. Jalur percobaan Bates ini memberikan data-data dasar yang digunakan oleh para insinyur selama beberapa tahun.

Sampai tahun 1922, banyak perkerasan kaku dibangun tanpa sambungan dan penebalan di bagian tengah guna mencegah retak memanjang yang akan terjadi pada lebar perkerasan antara 4,9 – 5,5 m. Berdasarkan hasil percobaan di Bates, diterapkan sambungan di tengah untuk menghilangkan retak memanjang. Jalan percobaan lainnya, ialah Pittsburg, California antara tahun 1921-1923 yang membandingkan perkerasan kaku bertulang terhadap perkerasan kaku tanpa tulangan.

Pada tahun 1950-1951, Bureau of Public Road (sekarang FHWA) bersama dengan Highway Research Board (sekarang Transportation Research Board) melakukan Road Test One –M0 di sebelah selatan Washington DC. Jalan sepanjang 1,8 km dengan lebar dua lajur diamati, dipasang alat pemantau dan dilalui oleh 1000 truk per hari nya. Hasilnya menunjukkan pentingnya fungsi penyalur beban antar pelat, pengaruh kecepatan dan beban sumbu serta masalah penyebab pumping.

Di jalur percobaan Maryland, perkembangan retak berkaitan erat dengan perkembangan pumping. Perkembangan pumping terbesar ditemukan pada

sambungan muai. Pumping terjadi pada tanah lempung plastis, tetapi tidak terjadi pada tanah dasar berbutir dengan kandungan silt dan lempung yang rendah.

Selain untuk jalan raya, perkerasan kaku ini di kembangkan juga untuk perkerasan pada lapangan terbang. Perkerasan kaku untuk lapangan terbang yang pertama kali dibangun tahun 1928 di Ford Field Dearborn, Michigan. Setahun kemudian dibangun juga di Cunken Field Cincinnati, Ohio. Seperti kebanyakan perkerasan kaku untuk jalan raya, perkerasan di lapangan terbang ini menggunakan penebalan pada bagian tepinya, dengan penebalan 5 cm lebih tebal dari bagian tengahnya.

Dwight E Eisenhower pada tahun 1956, merancang jaringan jalan “interstate highway” sepanjang 66.000 km. Enam puluh persen jalan tersebut diperkeras dengan perkerasan kaku. Hal ini memerlukan penelitian guna mendukung rencana tersebut. Jalan percobaan AASHTO ini dibangun dekat Ottawa, Illionis terdiri dari 6 loop yang berbeda dan dibebani lalu lintas selama 2 tahun. Dua belas kombinasi beban sumbu dan berbagai tebal perkerasan aspal dan beton dievaluasi, guna menetapkan kinerja dan trend dari perkerasan tersebut.

Pada jalan percobaan AASHTO ada dua mode keruntuhan yang berbeda untuk perkerasan kaku. Perkerasan yang sangat tipis runtuh dengan pumping tepi yang memanjang, yang diakibatkan oleh retak tepi yang menyatu menjadi retak tepi yang memanjang. Perkerasan yang lebih tebal runtuh akibat pumping pada sambungan, yang menyebabkan dimulainya retak melintang, khususnya pada sisi sambungan yang ditinggal lalu lintas (traffic leave side of the joints). Dari 84 segmen percobaan yang tebalnya lebih besar dari 20 cm hanya tujuh segmen yang mengalami indeks serviceability lebih kecil dari 4 pada akhir masa pelayanannya. Kenyataannya hanya tiga segmen yang bisa dipandang runtuh/hancur.

Pada awal penggunaan pekerasan kaku, sering mengalami kerusakan akibat siklus “freezing and thawing” atau scalling (pelepasan butir) akibat deicing salt atau pumping dari subgrade. Masalah ini telah diatasi pada tahun 1930 an, dengan air entrainment pada beton untuk mengatasi masalah durabilitas. Kondisi yang mengarah pada pumping telah diidentifikasi, yaitu akibat material halus yang bisa menjadi “bubur” pada tanah dasar, serta beban sumbu

kendaraan yang berat dan sering dilewati. Untuk mencegah kondisi tersebut lapisan subbase antara tanah dasar dengan perkerasan kaku, perlu digunakan untuk mencegah pumping.

## 2. PERKERASAN KAKU DI INDONESIA

Perkerasan kaku mulai dipergunakan di Indonesia secara lebih meluas pada tahun 1985 khususnya pada jalan-jalan di kota-kota besar yang antara lain adalah DKI Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, Medan, Padang, Ujungpandang dan lain-lain. Beberapa jalan tol telah dibangun dengan menggunakan perkerasan kaku; beberapa diantaranya adalah Jakarta Intra Urban Ring Road, Jakarta Outer Ring Road, Tangerang-Merak, Padalarang-Cileunyi, dan Ujungpandang Tahap 1. Penggunaan perkerasan kaku di Indonesia terus berkembang, seperti di jalan tol Kanci- Pejagan, Jalan Nasional Sulawesi Selatan, Cikampek – Palimanan dan lain-lain. Lihat Gambar 1.



Jalan perkerasan kaku non Tol



Jalan perkerasan kaku Tol

**Gambar 1 – Perkerasan kaku di Indonesia**

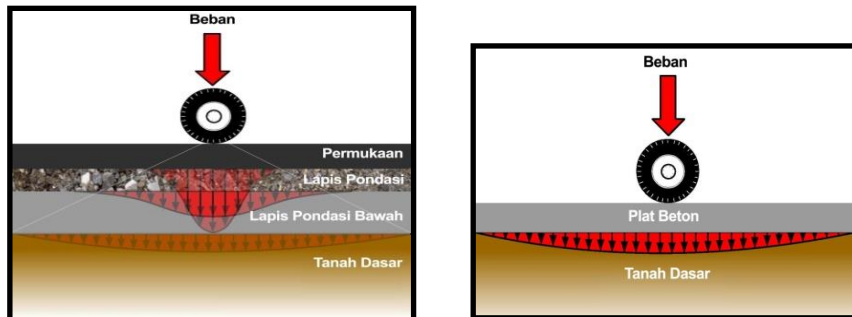
## C. SIFAT UMUM PERKERASAN KAKU

### 1. KEMAMPUAN PENYEBARAN BEBAN KE LAPISAN TANAH DASAR

Seperti yang sudah disampaikan di depan, perkerasan kaku mempunyai kekakuan (modulus elastisitas) yang jauh lebih tinggi dari perkerasan aspal (sekitar 10 kali nya). Setiap konstruksi yang menerima beban dari atas, akan menyalurkan atau menyebarkan beban tersebut ke bawah. Dalam hal konstruksi perkerasan jalan, salah satu fungsinya adalah untuk menyalurkan dan menyebarkan beban lalu-lintas yang diterima kelapisan di bawahnya sampai ke lapisan tanah dasar (subgrade). Beban yang disalurkan ke lapisan di

bawahnya, menghasilkan tekanan yang lebih kecil, disebabkan makin luasnya area yang menampung beban tersebut, sehingga mampu dipikul oleh lapisan tanah dasar.

Dengan kekakuan atau modulus elastisitas beton semen yang lebih besar, konstruksi perkerasan kaku mempunyai kemampuan penyebaran beban yang lebih tinggi dari perkerasan lentur. Sebagai akibatnya, lendutan menjadi lebih kecil serta tegangan yang bekerja pada tanah dasar juga rendah, karena itu perkerasan kaku tidak memerlukan daya dukung pondasi yang kuat. Keseragaman daya dukung tanah dasar sangat penting diperhatikan, dimana tidak boleh ada perubahan yang mencolok dari daya dukung tersebut. Hal ini sangat bertolak belakang dengan prinsip perencanaan perkerasan lentur dimana lapisan pondasi (*base*) dan lapis pondasi bawah (*subbase*) memerlukan kekuatan yang tinggi untuk mendistribusikan tegangan dari beban roda yang bekerja pada lapisan aspal. Ilustrasi distribusi beban pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur, ditunjukkan pada gambar 2.



**Gambar 2 - Ilustrasi distribusi beban pada perkerasan kaku dan perkerasan lentur**

Hasil pengujian tegangan pada tanah dasar pada perkerasan kaku, dari beban roda seberat 12.000 lb, atau tegangan yang bekerja seberat 106 psi, direduksi hingga tegangan pada tanah dasar menjadi 3 sampai 7 psi dengan area daerah distribusi lebih dari 20 ft. Pengujian yang dilakukan oleh Portland Cement Association (PCA) juga menunjukkan bahwa beban roda yang lebih berat didistribusikan pada tanah dasar dengan bidang yang luas serta tidak menimbulkan tegangan yang lebih tinggi.



## 2. STRUKTUR PERKERASAN KAKU

Pada awal perkembangan perkerasan kaku, perkerasan tersebut dibangun langsung di atas tanah dasar tanpa memperhatikan jenis tanah dasar atau kondisi drainase. Sejalan dengan peningkatan lalu lintas setelah perang dunia ke II, masalah pumping menjadi hal yang penting walaupun hal itu telah dikemukakan diawal tahun 1932.

Penebalan bagian tepi umum dilakukan pada sekitar tahun 1930-an dan 1940-an. Sebagai contoh, perkerasan kaku yang dibangun dengan tebal 15,2 cm (6 in) di bagian tengah, dan tebal lapisan tepinya 20,3 cm (8 in) sepanjang tepi pelat tersebut, yang disebut perencanaan 8-6-8. Perkerasannya sendiri umumnya hanya mempunyai lebar antara 5,5 – 6,1 m. Ketika perancangan mengalami perkembangan, untuk mencegah pumping perkerasan dibangun diatas lapis pondasi bawah dengan material berbutir. Pembangunan pada saat ini, menggunakan perancangan yang lebih tebal dan sering digunakan untuk jalan raya dengan beban lalu lintas berat.

Pada konstruksi perkerasan kaku, sebagai konstruksi utama adalah satu lapis beton semen mutu tinggi, dan lapis pondasi bawah hanya berfungsi sebagai konstruksi pendukung. Sedangkan pada konstruksi perkerasan lentur umumnya terdiri dari beberapa lapis (3 atau lebih) yaitu lapis permukaan (surface), lapis pondasi dan lapis pondasi bawah, yang semuanya merupakan konstruksi utama. Dari penjelasan diatas, dapat ditarik pengertian bahwa perkerasan kaku merupakan konstruksi perkerasan satu lapis (single layer), sedangkan perkerasan lentur merupakan konstruksi berlapis banyak (multi layer). Skema lapisan konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur ditunjukkan pada gambar 2.

### **Lapisan pondasi (Sub Base)**

Maksud dari penggunaan lapisan pondasi perkerasan kaku ialah untuk meningkatkan daya dukung terhadap pelat beton dan memberikan ketahanan terhadap pencegahan erosi pada lapisan pondasi akibat beban lalu lintas dan lingkungan.

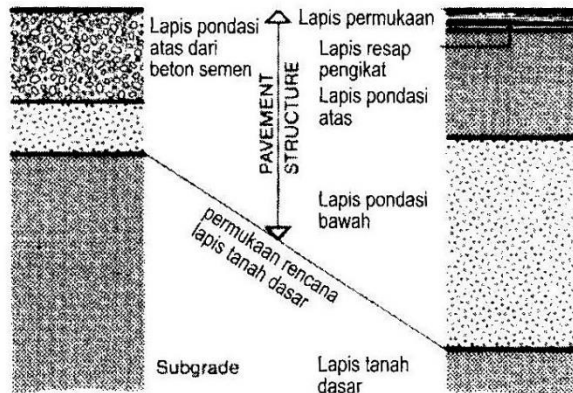
Untuk perkerasan kaku, lapisan pondasi dengan bahan pengikat, bisa bermacam-macam, salah satu dari ketiga jenis ini:

- batu pecah yang distabilisasi semen dengan kondisi tidak lebih kecil dari 5% (perbandingan berat) untuk mencegah erosi. Bahan cementitious bisa mengandung semen, kapur, abu terbang dan atau *granulated blast furnace slag*
- campuran beraspal bergradasi rapat
- *lean concrete* yang mempunyai kekuatan tekan pada umur 28 hari, antara 80 dan 110 kg/cm<sup>2</sup>.

Pemecah ikatan antara lapisan subbase dengan lapisan pelat beton, ialah dengan menggunakan lapisan pemecah ikatan di atas lapisan pondasi untuk memberikan permukaan yang halus dan friksi yang seragam. Campuran beton kurus (*lean concrete*) dibuat seperti beton biasa tanpa sambungan melintang dan karena itu akan timbul retak. Ini dimaksudkan untuk mencapai pola retak yang dekat dan lebar retak yang sempit, sehingga memberikan tingkat penyaluran beban, yang berkaitan dengan lapis pemecah ikatan dan tidak akan menjalar ke pelat beton di atasnya.

### **3. KAPASITAS KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU**

Konstruksi perkerasan kaku pada umumnya mempunyai ketebalan pelat beton sekitar 25 cm, dengan mutu kuat tekan beton yang setara dengan kuat tarik lentur 45 kg/cm<sup>2</sup>. Perkerasan kaku tersebut mempunyai kapasitas atau daya layan sebesar 8 juta repetisi standard axle load, yang setara dengan konstruksi perkerasan lentur setebal 55 cm. Dengan demikian untuk beban dan tanah dasar yang sama, konstruksi perkerasan kaku memerlukan ketebalan konstruksi yang lebih tipis. Ilustrasi dari ekivalensi struktur perkerasan kaku dan perkerasan lentur ditunjukkan pada gambar 3.



**Gambar 3 - Ilustrasi ekivalensi struktur perkeasan kaku dan perkeasan lentur**

#### 4. PENGARUH BAHU KONSTRUKSI PERKERASAN KAKU

Bahu jalan dari beton yang diikatkan, pertama kali di uji coba di Illionis pada tahun 1964, dan ditemukan memberikan tambahan nilai struktur yang sangat berarti pada perkeasan kaku, sehingga tebal pelat dari perkeasan yang menggunakan bahu beton bisa menjadi lebih tipis.

Bahu beton disini harus merupakan bahu beton yang menyatu dengan pelat secara integral atau bahu beton yang mempunyai sifat struktural, dan harus mempunyai mutu beton dan tebal yang sama dengan tebal pelat itu sendiri dengan lebar minimum 60 cm. Sedangkan lebar bahu yang menyatu dengan pelat beton dan letaknya di jalur median, lebarnya bisa dikurangi dengan minimum 50 cm.

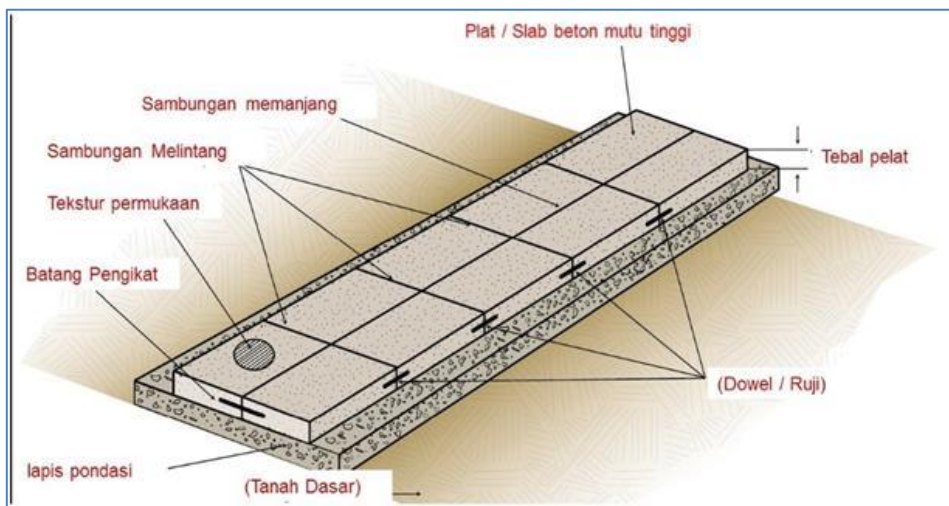


**Gambar 4. Tipikal bahu beton pada perkeasan kaku**

Bahu beton yang diikatkan dan bersifat struktural adalah bahu beton yang sambungannya dibentuk ada takikan dengan lebar minimum 150 cm. Gambar 4 menunjukkan tipikal bahu beton pada perkerasan kaku.

#### D. JENIS PERKERASAN KAKU

Perkerasan kaku yang berupa pelat beton dilengkapi dengan beberapa sambungan, seperti sambungan susut melintang, sambungan memanjang, sambungan pelaksanaan serta sambungan muai. Masing-masing sambungan dan letaknya ditunjukkan pada gambar 5.



**Gambar 5 - Tipe dan lokasi sambungan pada perkerasan kaku**

Ada beberapa tipe perkerasan kaku yang telah dikenal, akan tetapi ada dua hal yang paling penting. Pertama kekuatan terhadap beban lalu lintas yang dinyatakan dengan kuat tarik lentur dari beton. Jika penulangan digunakan, penulangan itu digunakan untuk mengontrol retak dan bukan untuk memikul beban lalu lintas. Hal yang kedua ialah bahwa perkerasan kaku menyusut akibat dari penyusutan beton itu sendiri sewaktu dalam proses mengeras, serta memuai dan menyusut akibat pengaruh temperatur, dan pergerakan ini harus diperhitungkan.

Jenis perkerasan kaku yang dikenal ada 5, yaitu:

1. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan atau "*jointed unreinforced (plain) concrete pavement*" (JPCP)
2. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan atau "*jointed reinforced concrete pavement*" (JRCP)
3. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan atau "*continuously reinforced concrete pavement*" (CRCP)
4. Perkerasan beton semen 'prategang' atau "*prestressed concrete pavement*"
5. Perkerasan beton semen pracetak (dengan dan tanpa prategang)

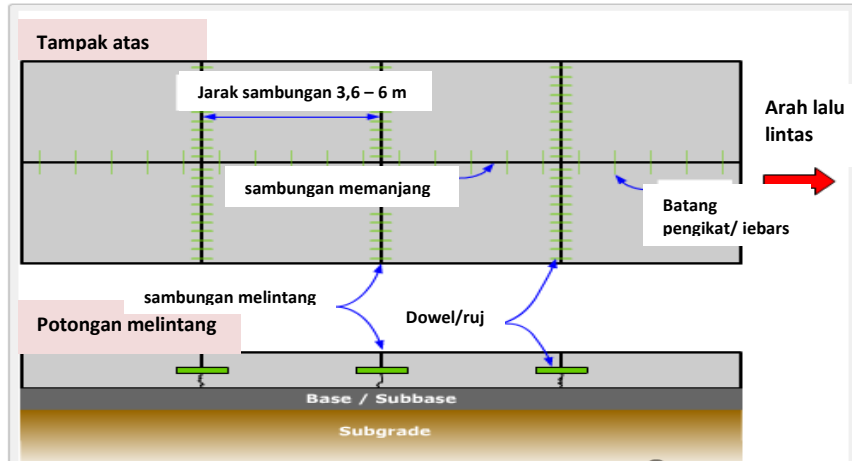
Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, perkerasan kaku bersambung dengan tulangan, dan perkerasan kaku menerus dengan tulangan termasuk dalam kelompok perkerasan kaku konvensional. Perancangan dan rincian detail pada sambungan sangat penting untuk jenis jenis perkerasan tersebut. Ketiga jenis perkerasan konvensional tersebut, juga telah digunakan sebagai pelapisan ulang, walaupun yang paling umum ialah perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan.

### **1. PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG TANPA TULANGAN (*JOINT PLAIN CONCRETE PAVEMENT – JPCP*)**

Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan adalah jenis yang paling umum digunakan karena biaya yang relatif murah dalam pelaksanaannya dibanding jenis lainnya. Survei yang dilakukan oleh American Concrete Pavement Association (ACPA) pada tahun 1999, di Amerika Serikat 70% dari badan pengelola jalan negara (State Highway Agencies) menggunakan perkerasan bersambung tanpa tulangan. Di daerah dimana korosi terhadap tulangan akan menjadi masalah, ketidakberadaan tulangan akan meniadakan masalah korosi tersebut, walaupun besi ruji masih akan kena pengaruh korosi.

Sambungan susut umumnya dibuat setiap antara 3,6 m dan 6 m (di Indonesia umumnya antara 4,5 m dan 5 m). Sambungan ini mempunyai jarak yang relatif dekat sehingga retak tidak akan terbentuk di dalam pelat sampai akhir umur

layan dari perkerasan tersebut. Karena itu pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, pemuai dan penyusutan perkerasan diatasi melalui sambungan, seperti ditunjukkan pada gambar 6.



**Gambar 6 – Skema perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan**

Pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, tidak ada tulangan pada pelat, kecuali ruji yang diletakkan pada sambungan susut tersebut, dan batang pengikat (tie bar) yang terletak pada sambungan memanjang, seperti ditunjukkan pada gambar 7.



Ruji



Batang pengikat

**Gambar 7 – Ruji dan Batang pengikat pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan**

Ruji adalah 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. Sedangkan batang pengikat (*tie bars*) adalah batang baja ulir yang dipasang pada sambungan memanjang dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal.

Satu kinerja yang penting dari perkerasan bersambung tanpa tulangan ialah penyalur beban yang melintang sepanjang sambungan. Jika sambungan mengalami *faulting* (perbedaan ketinggian dari kedua sisi pelat pada sambungan), maka pengemudi akan mengalami "*bumping*" pada sambungan dan menyebabkan ketidaknyamanan sewaktu mengemudi. Dua metode digunakan untuk melengkapi penyaluran beban pada sambungan perkerasan JPCP, yaitu agregat *interlocking* dan ruji.

Jika ruji tidak digunakan, maka penyaluran beban pada sambungan, bisa didapat melalui kekuatan geser dari agregat *interlocking*. Sambungan dengan agregat *interlocking* dibentuk selama pelaksanaan dengan menggergaji seperempat sampai sepertiga tebal pelat perkerasan untuk membuat perlemahan pada pelat didaerah tersebut. Retak akan terus menjalar melalui tebal pelat yang tidak digergaji ketika perkerasan mengalami penyusutan. Permukaan bidang retak ini akan kasar, sebab retak itu menjalar sekitar agregat melalui pasta atau mortar semen, dan selama retak tersebut tetap sempit, maka sambungan bisa menyalurkan beban dari satu pelat ke pelat lainnya melalui *bearing stress* dari masing masing partikel agregat yang dilalui retakan tersebut. Penyaluran beban akan menyesuaikan jika bukaan sambungan terlalu lebar atau jika agregat mengalami keausan. Kualitas dan ketahanan erosi dari bahan yang mendukung pelat pada sambungan juga mempengaruhi penyaluran beban.

Ketika perkerasan memikul beban lalu lintas yang berat, khususnya pada kecepatan tinggi, agregat *interlocking* akan hancur seiring dengan seringnya lalu lintas lewat. Hal ini akan menyebabkan deformasi pada sambungan menjadi semakin besar, yang akhirnya menimbulkan *faulting*, dan kerusakan pada sambungan. Kedudukan batang pengikat pada sambungan memanjang ditunjukkan pada gambar 8.



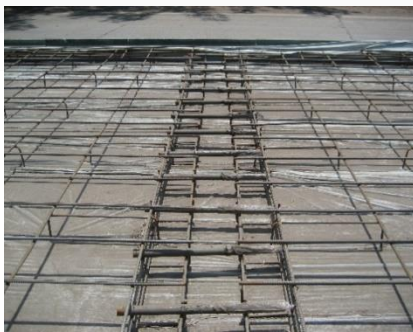
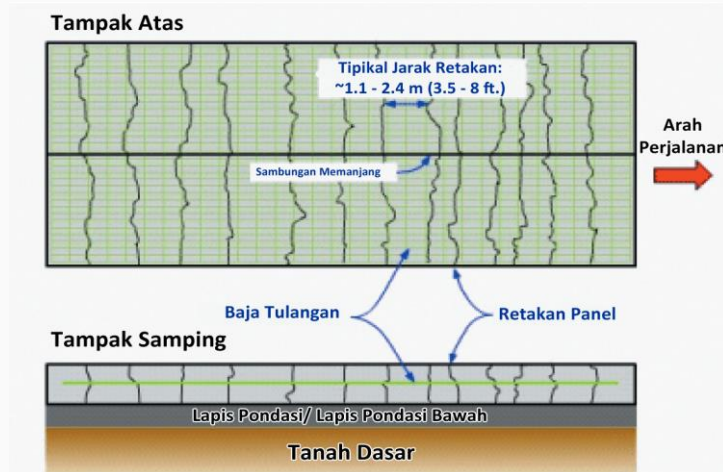
**Gambar 8 - Kedudukan batang pengikat pada sambungan memanjang**

## **2. PERKERASAN KAKU BERSAMBUNG DENGAN TULANGAN (*JOINTED REINFORCED CONCRETE PAVEMENT- JRCP*)**

Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan atau JRCP serupa dengan perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan (JPCP) kecuali ukuran pelat lebih panjang dan ada tambahan tulangan pada pelatnya. Jarak sambungan umumnya antara 7,5 m dan 12 m, meskipun ada juga yang jarak sambungannya sebesar 30 m. Hasil survei oleh ACPA pada tahun 1999, sekitar 20% dari pengelola jalan negara (State Highway Agency) di Amerika Serikat menggunakan perkerasan kaku bersambung dengan Tulangan (JRCP)

Pada pelat dan jarak sambungan yang lebih panjang, ruji sangat disarankan karena bukaan sambungan akan menjadi lebih lebar dan agregat interlocking akan menjadi tidak efektif sebagai penyalur beban pada sambungan. Prosentase tulangan yang digunakan dalam arah memanjang umumnya antara 0,1% dan 0,2 % dari luas penampang melintang beton, sedangkan penulangan dalam arah melintang lebih kecil. Penulangan pada perkerasan kaku bersambung dengan tulangan bukan dimaksudkan untuk memikul beban secara struktural, tetapi untuk "memegang" retak agar tetap rapat, guna menjaga geser sepanjang bidang retakan sebagai penyalur beban tetap berfungsi.





**Gambar 10 - Perkerasan bersambung dengan tulangan**

Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan ini masih tetap menggunakan ruji. Selanjutnya karena panjang pelat lebih besar dari pada perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, retak tetap terjadi pada interval yang sama, karena itu perkerasan bersambung dengan tulangan masih mempunyai satu atau dua retakan pada pelatnya.

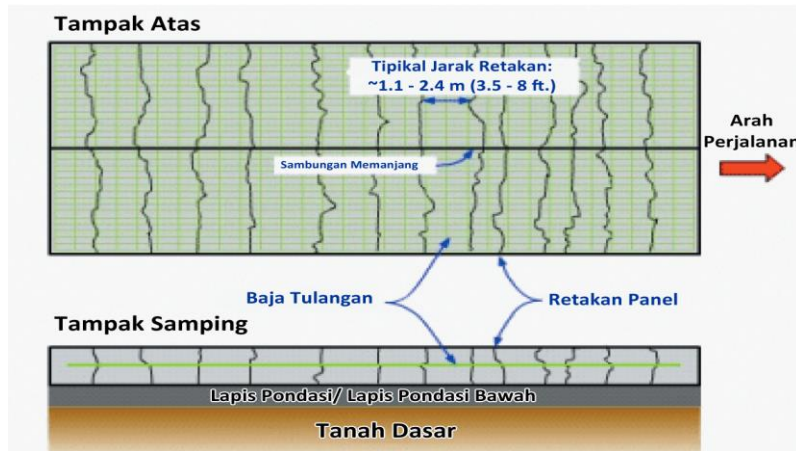
Keuntungan dari perkerasan kaku bersambung dengan tulangan adalah jumlah sambungan yang lebih sedikit, tetapi biayanya lebih mahal karena adanya penggunaan tulangan serta kinerja sambungan yang kurang baik dan adanya retak pada pelat. Karena jarak antar sambungan yang lebih besar dari perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan, maka bukaan dan penutupan sambungan menjadi lebih lebar, serta ruji sebagai penyalur beban menjadi lebih rentan ketika sambungan terbuka lebih lebar.

### **3. PERKERASAN KAKU MENERUS DENGAN TULANGAN (*CONTINUOUS REINFORCED CONCRETE PAVEMENT - CRCP*)**

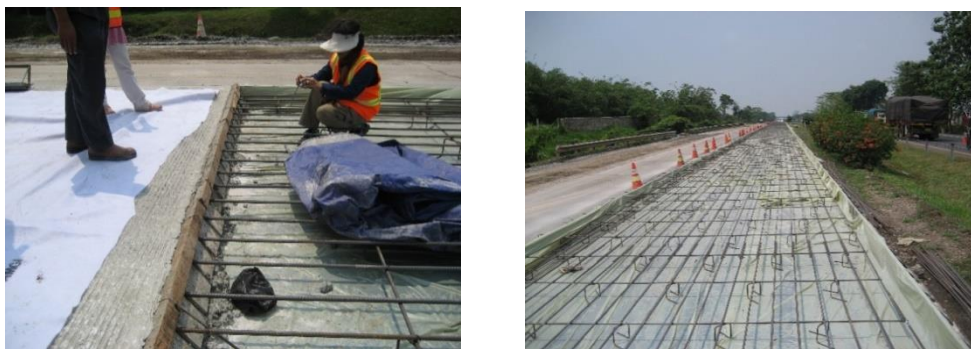
Perkerasan kaku menerus dengan tulangan adalah pelat dengan jumlah tulangan yang cukup banyak tanpa sambungan susut. Jumlah tulangan yang digunakan pada arah memanjang umumnya antara 0,6 % dan 0,8 % dari luas penampang melintang beton, dan jumlah tulangan dalam arah melintang lebih kecil dari arah memanjang. Pengalaman menunjukkan jika jumlah tulangan yang digunakan pada perkerasan kaku menerus dengan tulangan lebih kecil dari 0,6 %, maka potensi terjadinya kerusakan punch out akan menjadi lebih besar.

Retak rambut terjadi pada perkerasan kaku menerus dengan tulangan, tetapi bukan merupakan masalah bagi kinerjanya. Karakteristik retak terdiri dari beberapa retakkan, umumnya dengan jarak antara 0,6 m - 2,4 m. Retak-retak tersebut “dipegang” oleh tulangan yang ada sehingga agregat interlocking-nya serta penyaluran gaya geser masih dapat terjadi. Jika interlocking geser agregat tidak dijaga, maka kerusakan "punch out" pada tepi perkerasan akan terjadi, yang merupakan tipikal kerusakan perkerasan kaku menerus dengan tulangan.

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan memerlukan angker pada awal dan akhir dari perkerasan, untuk menahan ujung-ujungnya dari kontraksi akibat dari penyusutan, serta membantu perkembangan retak sesuai dengan yang diinginkan. Gambar 11 dan gambar 12, memperlihatkan perkerasan kaku menerus dengan tulangan.



**Gambar 11 - Skema perkerasan kaku menerus dengan tulangan**



**Gambar 12 - Sambungan pelaksanaan melintang dan tulangan pada perkerasan menerus dengan tulangan**

Perkerasan kaku menerus dengan tulangan ini akan memberikan kenyamanan berkendara yang lebih baik, karena permukaannya lebih rata, serta mempunyai umur yang lebih panjang dari tipe perkerasan lainnya. Survey yang dilakukan oleh ACPA tahun 1999, menemukan hanya delapan negara bagian di Amerika Serikat yang membangun perkerasan kaku menerus dengan tulangan ini. Studi yang dilakukan pada tahun 2000 tentang kinerja perkerasan kaku di Amerika Serikat bagian tenggara terhadap jalan CRCP di negara bagian Alabama, Florida, Mississippi, Carolina utara dan Carolina Selatan, membuktikan kinerja CRCP sangat bagus. Pada saat survey dilakukan umur perkerasan

tersebut antara 21 dan 30 tahun dan telah melayani lalu lintas berat, serta mempunyai kondisi sangat bagus sampai luar biasa dengan nilai serviceability 4 atau lebih.

Biaya untuk perkerasan kaku menerus dengan tulangan lebih mahal dari perkerasan bersambung tanpa tulangan atau perkerasan bersambung dengan tulangan, disebabkan oleh jumlah tulangan yang digunakan cukup banyak. Akan tetapi perkerasan kaku menerus dengan tulangan telah terbukti mempunyai pembiayaan yang efektif pada jalan dengan lalu lintas yang tinggi, disebabkan oleh kinerja jangka panjangnya yang lebih baik dibandingkan dengan jenis perkerasan kaku lainnya.

#### **4. PERKERASAN KAKU PRATEGANG (*PRESTRES CONCRETE PAVEMENT*)**

Perkerasan kaku prategang diperkenalkan di akhir tahun 1940 an dan pertama kali digunakan di lapangan terbang. Sekitar tahun 1959 dua pelat pratekan digunakan di lapangan terbang militer Priggs di Texas. Perkerasan kaku tanpa tulangan setebal 60 cm diganti dengan perkerasan kaku prategang setebal 23 cm. Di lapangan terbang internasional Chicago O'Hax, yaitu perkerasan kaku prategang setebal antara 20,3 cm dan 22,8 cm diletakan diatas perkerasan kaku menerus dengan tulangan lama dengan tebal 30,5 cm.

Beberapa dari proyek tersebut mempunyai strand untuk prategang hanya dalam satu arah saja, sehingga cenderung terjadi retak searah dengan strand, akibat tidak adanya tegangan tekan dalam arah melintang. Perkerasan kaku prategang dengan tebal 15 cm yang diberi tegangan tekan dalam ke dua arah, dengan panjang proyeknya 1600 m di Texas; masih dalam kondisi baik setelah berumur 17 tahun.

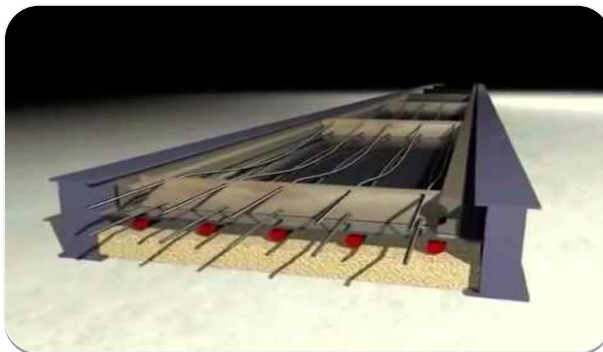
Puslitbang Jalan dan Jembatan, telah membuat jalur percobaan dengan perkerasan kaku prategang pada tahun 2011 di Buntu, Jawa Tengah, sepanjang 80 m, Lebar 7 meter dan tebal 20 cm.

Potensi dari perkerasan kaku prategang, berkaitan dengan dua hal, yaitu:

- a. Penggunaan bahan yang lebih efisien

- b. Sambungan yang di butuhkan menjadi lebih sedikit dan kemungkinan terjadinya retak akan lebih kecil, sehingga biaya pemeliharaan lebih sedikit dan umur perkerasan akan lebih lama.

Pada perkerasan kaku konvensional, tegangan akibat beban roda dibatasi oleh kuat tarik lentur dari beton, jadi tebal perkerasan ditentukan oleh tegangan tarik yang terjadi akibat beban roda tidak melampaui kuat tarik lentur dari beton. Pada jenis perkerasan kaku konvensional, beton antara serat atas dan serat bawah dari pelat tidak dimaksimalkan untuk menahan tegangan akibat beban roda, yang hasilnya penggunaan bahan konstruksi tersebut tidak efisien. Sedangkan pada perkerasan beton prategang, kuat tarik lentur beton ditingkatkan dengan memberikan tegangan tekan dan tidak dibatasi lagi oleh kuat tarik lentur betonnya. Dengan demikian tebal perkerasan kaku yang dibutuhkan untuk beban tertentu akan lebih tipis dari tebal perkerasan kaku konvensional. Perkerasan kaku jenis prategang, yang umum dilaksanakan, mempunyai ukuran panjang pelat sekitar 130 m. Tetapi di Amerika telah dibangun dengan panjang pelat 230 m, dan di Eropa dengan panjang pelat lebih dari 300 m. Tebal perkerasan kaku prategang sekitar 40% sampai 50% dari tebal perkerasan kaku konvensional. Skema dari perkerasankaku prategang ditunjukkan pada gambar 13.



**Gambar 13. Skema perkerasan kaku prategang**

## 5. PERKERASAN KAKU PRACETAK

Perkerasan kaku pracetak dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu:

- a. Perkerasan kaku pracetak tanpa prategang
- b. Perkerasan kaku pracetak dengan prategang

Perkerasan kaku pracetak prategang, telah dibuat di negara bagian Missouri dan Indiana, Amerika Serikat pada tahun 2005. Perkerasan ini terdiri dari individual panel yang dicetak terlebih dahulu serta diberi pratekan dengan tebal pelat 20 cm dan dicetak selebar perkerasan jalan. Perkerasan kaku pracetak prategang ini kurang lebih mempunyai kapasitas menerima beban lalu lintas, setara dengan perkerasan kaku konvensional setebal 35,5 cm.

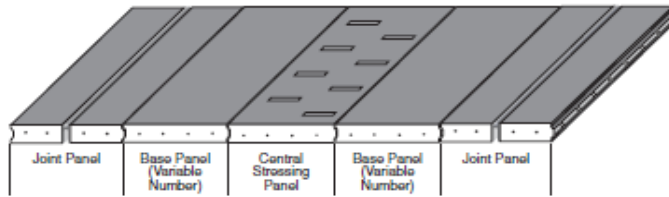
Pada perkerasan kaku pracetak prategang ini, ada tiga tipe jenis pelat yang digunakan, yaitu:

- a. *joint panel*, terletak di ujung-ujung dari masing-masing bagian rangkaian pelat pratekan dan mempunyai ruji pada sambungannya untuk mengakomodir pergerakan horizontal pelat
- b. *central panel*, terletak ditengah-tengah dari rangkaian pelat dan terdapat lubang (pocket) untuk penempatan ujung-ujung *posttensional strand base panel*, pelat-pelat yang dominan membentuk suatu sistem perkerasan, yang diletakkan diantara joint panel dan central panel.

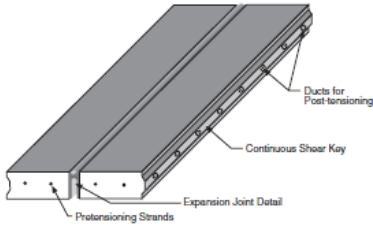
Dalam pelaksanaannya, pada suatu tahapan kegiatan, harus dilaksanakan paling sedikit satu segmen yang mencakup susunan pelat dari joint panel ke joint panel berikutnya. Pelat-pelat tersebut diletakkan di atas lapisan pondasi yang sudah siap dan rata, sedangkan pelat-pelat tersebut pada kedua sisinya dilengkapi dengan lidah - alur (*shear key*) yang mengontrol alinyemen vertikal selama pelaksanaan dan menjamin kenyamanan pengendara untuk mencegah terjadinya "*faulting*".

Keuntungan dari perkerasan kaku pracetak ialah terjaganya kualitas beton tetap tinggi sesuai yang direncanakan, pengaruh akibat cuaca sangat kecil, dan selama pelaksanaan tidak terlalu mengganggu lalu lintas.

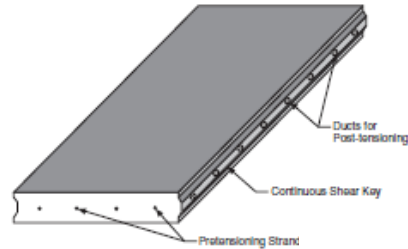
Gambar perkerasan kaku pracetak prategang diperlihatkan pada gambar 14 dan gambar 15 di bawah ini.



Tipikal panel



Joint panel



base panel

**Gambar 14 – Skema perkerasan kaku pracetak pratekan**

|  |  |
|--|--|
|  |  |
| <p>Panel siap diangkut ke lapangan di Pantura Ci asem (Subang)</p> | <p>Pengangkatan dan pemasangan panel di Pntura Ci asem (Subang)</p>                |
|  |  |
| <p>Pemasangan susunan panel (Pantura Ci asem Subang)</p>           | <p>Pemberian tegangan post tension dari central panel (Pantura Ci asem Subang)</p> |

**Gambar 15 - Susunan panel dan jenis panel serta pemasangan panel menjadi lapisan perkerasan**

Pada tahun 2010 jenis perkerasan kaku pracetak prategang telah diaplikasikan di Indonesia di ruas jalan tol Kanci - Pejagan (Provinsi Jawa Barat - Jawa Tengah). Jalur tol ini menghubungkan Kanci yang berada di Kabupaten Cirebon Km 231+000 (Km 0) hingga Pejagan di Kabupaten Brebes (provinsi Jawa Tengah) pada Km 266+000 (Km 0 Jkt). Total panjang jalan tol ini 35 km, dan panel yang dibuat dengan ukuran 8 m x 2,5 m x 0,20 m (panjang x lebar x tebal), serta dipasang secara melintang terhadap sumbu jalan,

Pada tahun 2011 jalan pracetak prategang lainnya, yang dibuat di Indonesia ialah di ruas Jalan Pantura di daerah Ciasem - Subang Jawa Barat. Pracetak dan prategang yang dilaksanakan di sini serupa dengan jalan pracetak prategang yang telah dilaksanakan di jalan tol Kanci – Pejagan, yang pemasangan pelatnya juga melintang jalan. Panjang jalan dengan pracetak prategang di Ciasem ini hanya 1,8 Km.

Salah satu perbedaan antara jalan tol Kanci-Pejagan dan daerah Ciasem - Pantura (Kabupaten Subang) ialah pada jalan tol Kanci-Pejagan merupakan jalan baru sehingga tidak ada gangguan lalu lintas sedangkan pada lokasi di Ciasem - Subang merupakan jalan yang sudah ada sehingga pengaruh lebar jalan dan lalu lintas menjadi hal yang menjadi pertimbangan dalam perancangan maupun pelaksanaannya.

## **E. JENIS SAMBUNGAN PADA PERKERASAN KAKU**

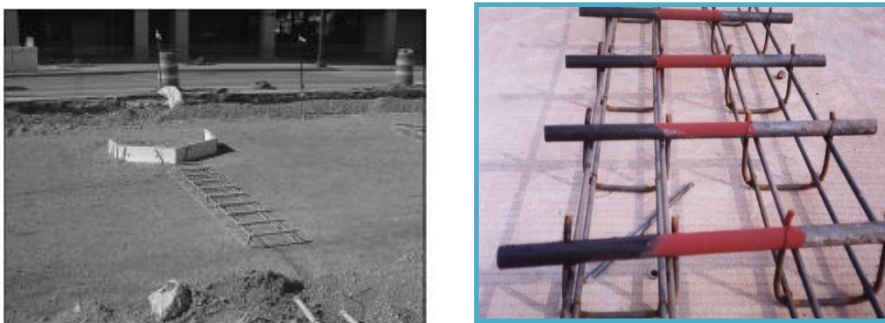
Perkerasan kaku konvensional (JPCP, JRCP, CRCP) menggunakan beberapa sambungan melintang dan memanjang. Sambungan susut melintang digunakan pada JPCP dan JRCP, umumnya menggunakan ruji. Pada setiap akhir dari pelaksanaan harian pembuatan perkerasan, atau pelaksanaan penghamparan yang mengalami keterlambatan, digunakan sambungan pelaksanaan melintang, umumnya dilakukan pada lokasi sambungan susut yang telah direncanakan dari JPCP dan JRCP. Sambungan muai melintang atau sambungan isolasi dipasang dimana pemuaian dari perkerasan akan merusak jembatan atau fasilitas drainase disebelahnya. Sambungan susut memanjang dibuat bila dua atau lebih perkerasan ataupun bahu jalan dilaksanakan pada saat yang bersamaan. Sedangkan sambungan pelaksanaan memanjang digunakan antara dua lajur atau bahu jalan yang diperkeras pada saat yang berbeda.



## 1. SAMBUNGAN SUSUT MELINTANG

Sambungan susut melintang didefinisikan (sesuaikan dengan pedoman/ SNI) adalah jenis sambungan melintang dengan maksud untuk mengendalikan retak susut beton, serta membatasi pengaruh tegangan lenting yang timbul pada pelat akibat pengaruh perubahan temperatur dan kelembaban. Jarak antara tiap sambungan susut, umumnya di buat sama.

Sambungan susut pada perkerasan dengan beban lalu lintas yang ringan, bisa hanya merupakan agregat interlocking sepanjang sambungan. Sedangkan untuk beban lalu lintas yang lebih berat, menggunakan ruji sebagai penyalur beban pada sambungan. Ruji mencegah pergerakan vertikal atau faulting diantara pelat, tetapi memungkinkan sambungan untuk membuka dan menutup guna melepaskan tegangan yang terjadi akibat perubahan temperatur dan kadar air pada perkerasan beton. Ruji dilengkapi dengan lapisan anti karat diperlihatkan pada Gambar 16.



**Gambar 16 - Pemasanganudukan ruji dilengkapi dengan lapisan anti karat**

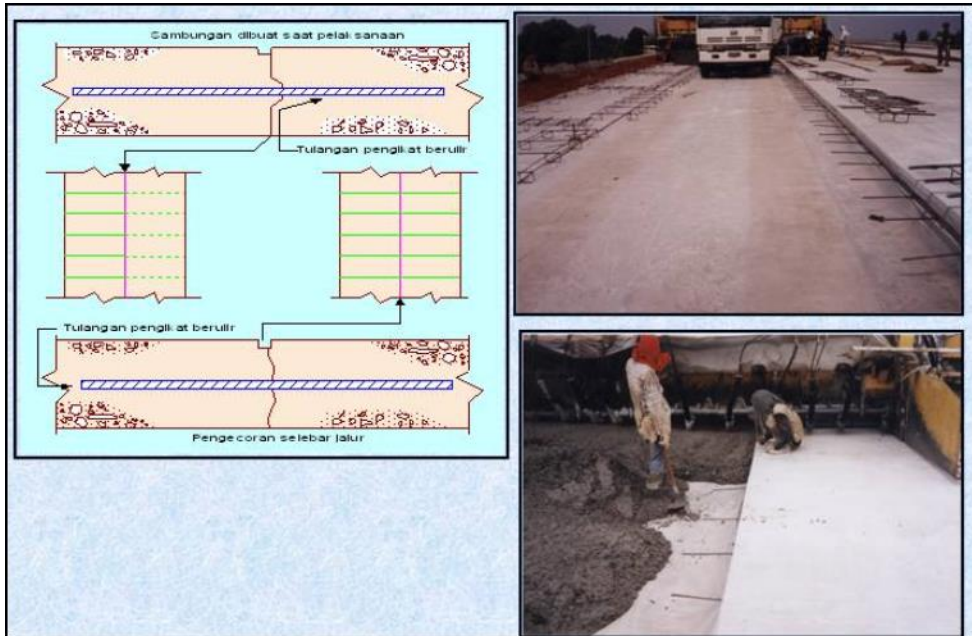
Pada perkerasan dengan sambungan, sambungan melintang (biasanya dipasang ruji) tegak lurus terhadap arah lalu lintas. Fungsi utama dari sambungan susut melintang, ialah untuk mengontrol retak sebagai akibat dari tegangan tarik dan tegangan lentur pada pelat beton yang disebabkan oleh proses hidrasi semen, beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Karena sambungan ini berjumlah sangat banyak, maka kinerjanya akan mempengaruhi kinerja perkerasan secara signifikan. Kerusakan yang terjadi pada sambungan umumnya “faulting” dan

atau *spalling* (gompal). Kinerja sambungan yang jelek akan mengakibatkan kerusakan lebih lanjut seperti pecah dibagian sudut, blows up, dan retak dibagian pelat. Kinerja sambungan susut melintang berkaitan dengan tiga faktor utama, yaitu jarak antar sambungan, penyalur beban yang melintang sambungan dan bentuk sambungan serta sifat bahan penutup (joint sealent).

## **2. SAMBUNGAN MEMANJANG**

Sambungan memanjang ialah sambungan antar dua pelat yang memungkinkan pelat melenting tanpa terjadi pemisahan atau retak pada pelat tersebut. Sambungan memanjang digunakan untuk melepaskan tegangan lenting dan umumnya diperlukan bila lebar pelat lebih dari 4,6 meter. Lebar pelat yang lebih kecil atau sama dengan 4,6 meter menunjukkan kinerja yang memuaskan tanpa sambungan memanjang, walaupun ada kemungkinan terjadinya beberapa retak memanjang. Sambungan memanjang bila memungkinkan, sebaiknya satu garis dengan garis lajur perkerasan, untuk meningkatkan layanan lalu lintas. Marka berupa “cat strip lurus” ditempatkan pada lajur perkerasan. Penyaluran beban pada sambungan memanjang didapat melalui agregat *interlock*. Untuk membantu penyaluran beban, batang pengikat sering digunakan yang dipasang melintang pada sambungan memanjang. Batang pengikat lebih kecil ukurannya dari ruji, dan merupakan besi sirip (besi alur). Batang pengikat padaudukannya dipasang diantara lajur dan juga diberi lapisan epoxy untuk mencegah karat seperti ditunjukkan pada Gambar 17.

Sambungan memanjang bisa dibuat dengan penggergajian atau dibuat sebagai sambungan pelaksanaan. Jika digergaji dukukannya dipasang terlebih dahulu dan sambungan digergaji seperti pada cara pembuatan sambungan susut melintang. Jika dibuat sebagai sambungan pelaksanaan, batang pengikat digunakan untuk mengikat pelat beton yang sudah dan baru dihampar.



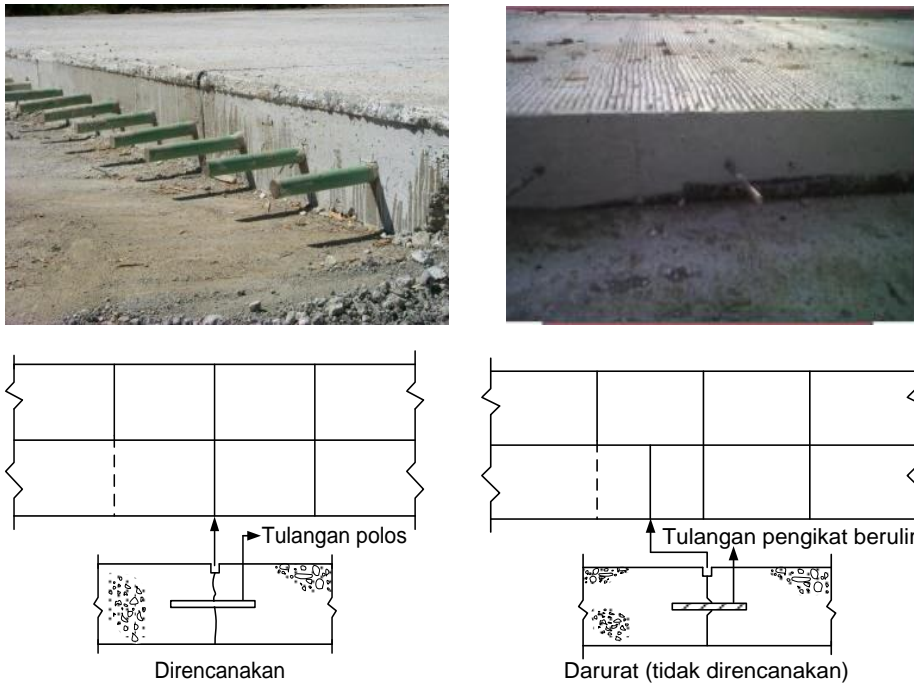
**Gambar 17 – Pemasangan sambungan memanjang**

### 3. SAMBUNGAN PELAKSANAAN

Sambungan pelaksanaan ialah sambungan antara pelat bila beton dicor pada saat yang tidak bersamaan. Tipe sambungan ini bisa dibagi lagi menjadi sambungan pelaksanaan melintang dan memanjang. Gambar dari sambungan pelaksanaan melintang ditunjukkan pada Gambar 18.

Setelah penghamparan mencapai daerah sambungan, maka papan pemisah akan dilepas. Pada penghamparan berikutnya, adukan beton yang baru langsung menempel pada permukaan penampang melintang beton yang lama.

Sambungan pelaksanaan melintang, umumnya menggantikan sambungan susut, akan tetapi jangan dibuat miring, karena penghamparan dan pemadatan yang sempurna akan sulit didapat. Sambungan pelaksanaan melintang hendaknya dipasang ruji dan menyatu langsung dengan beton lama. Sambungan melintang beralur cenderung gompal, sehingga tidak direkomendasikan. Disarankan sambungan pelaksanaan melintang, digergaji dan diberi lapisan penutup (*joint sealent*).



**Gambar 18 - Sambungan pelaksanaan melintang**

#### 4. SAMBUNGAN PELAKSANAAN MEMANJANG

Batang pengikat harus terikat kuat pada beton, batang pengikat hendaklah dimasukkan pada beton yang masih plastis. Sangat disarankan untuk melakukan pengujian “pull out” untuk menjamin bahwa batang pengikat tertanam kuat pada beton. Pembengkokan batang pengikat tidak dianjurkan. Bila pembengkokan harus dilakukan, kemudian diluruskan saat pelaksanaan, maka tulangan yang dipergunakan ialah grade 40 (tegangan lelehnya kurang dari 276 MPa), karena tulangan seperti ini lebih toleran terhadap pembengkokan. Mungkin diperlukan pengulangan kembali pemberian lapisan tahan karat pada batang pengikat setelah diluruskan kembali. Bilamana dilakukan pengujian *pull out*, maka pengujian tersebut harus dilakukan setelah batang pengikat diluruskan kembali. Disarankan sambungan pelaksanaan memanjang digergaji

dan diberi lapisan penutup. Ukuran reservoir hendaklah sama dengan ukuran pada sambungan melintang.

Sambungan memanjang berupa lidah alur, telah digunakan pada masa lalu dan sekarang sangat jarang. Sambungan ini berupa konfigurasi dari lidah yang pendek dan alur (takikan) yang pas ukurannya untuk memindahkan gaya geser. Pemilihan untuk menggunakan sambungan pelaksanaan memanjang dengan tipe lidah alur harus dilakukan dengan hati-hati. Bagian atas dari pelat di atas lidah alur seringkali mengalami kerusakan akibat geser. Dengan alasan tersebut, disarankan bahwa sambungan dengan lidah alur tidak digunakan bila tebal pelat lebih kecil dari 25 cm. Pada sambungan pelaksanaan memanjang, sambungan memanjang tersebut perlu bergeser sekitar 10 sampai 40 cm dari sambungan pelaksanaan memanjang pada pelat betonnya, guna mencegah retak refleksi. Sambungan pelaksanaan memanjang ditunjukkan pada gambar 19.



**Gambar 19 - Sambungan pelaksanaan memanjang pada perkerasan bersambung tanpa tulangan**

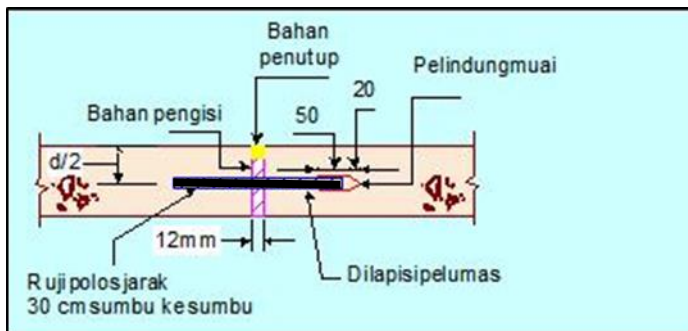
## **5. SAMBUNGAN MUAI (*EXPANSION JOINT*)**

Sambungan muai ialah sambungan yang terletak pada lokasi spesifik untuk memungkinkan perkerasan memuai tanpa merusak struktur di sebelahnya atau merusak perkerasan itu sendiri. Umumnya ini digunakan pada daerah dekat kepala jembatan dan utilitas yang tertanam di jalan.

Perancangan perkerasan di awal, menggunakan sambungan muai melintang seperti sambungan susut, tetapi kinerjanya tidak baik. Salah satu rancangan

awal menggabungkan sambungan muai dengan jarak setiap 28 meter dengan sambungan susut setiap 9 meter. Jika sambungan muai menutup memungkinkan sambungan susut terbuka dengan sangat lebar.

Perancangan dan pemeliharaan sambungan susut yang baik sebenarnya bisa menghilangkan keperluan sambungan muai, kecuali pada objek seperti struktur. Ketika sambungan muai digunakan, perkerasan bergerak mendekati sambungan muai dalam waktu beberapa tahun. Hal ini menyebabkan beberapa sambungan susut yang berdekatan akan terbuka dan merusak lapisan penutup dan agregat interlocknya. Lebar dari sambungan muai umumnya 19 mm atau lebih dan dipasang 19 mm - 25 mm dibawah permukaan pelat, untuk memberikan tempat bagi pemasangan lapisan penutup (*joint sealent*). Ruji polos paling umum digunakan sebagai alat penyalur beban pada sambungan muai ini. Setiap ruji pada sambungan muai dilengkapi dengan penutup pada satu ujungnya, yang memberikan ruang pada pelat untuk mengakomodir pergerakan ruji, ketika pelat disebelahnya mendekati ke sambungan muai, seperti ditunjukkan pada gambar 20.



**Gambar 20 - Sambungan muai**

Pada lokasi jembatan, sambungan muai sangat penting sebab perkerasan yang mengalami pemuaihan bisa menimbulkan gaya dan kerusakan pada bagian atas jembatan serta kepala jembatan itu sendiri abutmen.

## F. PERKEMBANGAN PERALATAN

Pada mulanya pelaksanaan pembangunan perkerasan kaku menggunakan acuan tetap (*fix form*) dari besi. Harga acuan ini dipandang mahal, sehingga

dikembangkan alat penghampar yang dikenal dengan acuan gelincir (*slip form*). Pada acuan gelincir ini tidak diperlukan lagi acuan tetap, karena acuannya bersatu dengan mesin penghampar dan bergerak maju selama penghamparan. Pada pembangunan dengan acuan gelincir ini, slump beton dirancang lebih kecil daripada slump beton untuk acuan tetap, agar tepi plat beton tidak runtuh ketika ditinggalkan oleh acuan gelincir tersebut. Acuan gelincir ini pertama kali dikembangkan di Iowa antara tahun 1946 dan 1949 oleh dua ahli jalan raya yaitu James W Johnson dan Bet Myers. Inovasi ini pertama kali digunakan tahun 1949 pada perkerasan dengan lebar 2,7 m dan tebal pelat 15 cm. Dengan menggunakan dua penghampar secara bersamaan, jalan tersebut bisa dibuat dengan sekali jalan. Menjelang tahun 1955, perusahaan Quad City Construction telah mengembangkan dan memperbaikinya sehingga penghampar bisa membuat perkerasan dengan lebar 7,3 m dengan tebal 25 cm, dan selanjutnya dikembangkan penghampar yang lebih besar lagi.

Bagian-bagian dari pengerasan dengan acuan gelincir, modern diperlihatkan pada gambar 21 sampai gambar 23. Gambar 21 memperlihatkan ruji yang diletakan dan dipasang dengan kokoh padaudukannya, untuk melengkapi penyaluran beban pada sambungan penggergajian melintang. Gambar 22 meperlihatkan acuan gelincirnya sendiri yang sedang beroperasi. Gambar 23 memperlihatkan bagaimana acuan gelincir bisa digunakan pada pembuatan tikungan.

Pada saat ini pelaksanaan perkerasan kaku masih ada yang menggunakan acuan tetap disamping acuan gelincir.



**Gambar 21 - Ruji dan batang pengikat yang diletakkan dengan kokoh sebelum penghamparan dengan slip form**



Gambar 22 - Mesin penghampar slipform



Gambar 23 - Penyelesaian akhir, hamparan dengan slipform didaerah tikungan

### G. LAPIS TAMBAH (*OVERLAY*)

Pelapisan kaku bisa juga digunakan untuk pelapisan ulang, apakah di atas perkerasan aspal maupun di atas perkerasan kaku yang lama. Ada dua klasifikasi pada pelapisan ulang tersebut, berdasarkan apakah lapisan ulang tersebut terikat (*bonded*) dengan perkerasan lama atau apakah ikatan itu diabaikan atau dicegah (*unbonded*).

Pelapisan beton dengan cara *unbonded* ialah yang dibangun diatas perkerasan beton lama, dengan kondisi tertentu untuk mencegah ikatan antara dua lapisan tersebut. Umumnya pemecah ikatan (*bond breaker*) ialah lapisan tipis campuran beraspal panas. Alasan dari penggunaan *bond breaker* ini, ialah untuk menjaga retak dan kerusakan lainnya pada perkerasan lama yang menjalar sampai ke lapisan barunya (*reflection crack*). Dengan adanya lapisan *bond breaker* (pemecah ikatan), fungsi perkerasan lama sebagai sebagai base dengan kualitas yang tinggi untuk mendukung perkerasan baru.

Lapis tambah dengan sistem *bonded* ialah pelapisan pada perkerasan lama dengan ikatan diantara dua lapisan tersebut. Pelapisan tambah dengan cara ini, ketebalannya bisa sampai 5 cm, sebab adanya sistem komposit dengan perkerasan lamanya.

Akan tetapi, karena setiap kerusakan pada lapisan beton lama, akan menjalar ke lapisan di atasnya, maka pelapisan tambah beton dengan sitem *bonded* dibatasi



untuk perkerasan lama yang mempunyai kondisi cukup baik. Hal ini mungkin yang menjadi alasan utama, mengapa pelapisan dengan sistem ini, sangat jarang digunakan. Pengelola jalan enggan untuk mengalokasikan dananya pada jalan yang kondisinya masih relatif baik dan cenderung mengalokasikan dananya kepada perkerasan dengan kondisi yang lebih jelek. Alasan lainnya mengapa ini jarang dipergunakan, ialah jika “ikatan” tidak tercapai, pelapisan tambah ini akan mengalami kerusakan dengan cepat. Lapis tambah dengan sitem bonded dapat dilihat pada gambar 24 di bawah ini.



**Gambar 24 – Lapis tambah sistem *bonded***

## H. LATIHAN

**Jawablah pertanyaan dengan tepat dan jelas!**

1. Apa yang dimaksud dengan pengertian perkerasan kaku, dan apa komponen bahan utama pada konstruksi perkerasan kaku ?
2. Mengapa konstruksi perkerasan beton, disebut perkerasan kaku ?
3. Uraikan perkembangan perkerasan kaku dari awal mula sampai dengan teknologi yang di pergunakan pada saat ini secara umum, baik di luar negeri maupun di dalam negeri
4. Jelaskan sifat umum dari perkerasan kaku, meliputi sifat bahan, penyebaran beban ke lapisan di bawahnya, dan kondisi yang diperlukan dari lapisan pondasi dan tanah dasar untuk perkerasan kaku ini
5. Bagaimana struktur perkerasan kaku di awal awal penerapannya, dan apa saja yang telah dikembangkan pada konstruksi perkerasan kaku sejalan dengan

waktu penerapannya itu

6. Jelaskan perbandingan kinerja perkerasan kaku, perkerasan lentur yang baru dan perkerasan lentur yang telah mengalami pelapisan ulang (overlay) secara umum, berkaitan dengan masa pelayanan, yang sudah diteliti oleh institusi tertentu, apa yang dapat disimpulkan dari uraian tersebut.
7. Uraikan jenis jenis sambungan yang ada pada konstruksi perkerasan kaku, dan jelaskan pula letak serta fungsi dari setiap jenis sambungan tersebut. Baik pada konstruksi perkerasan konvensional maupun yang bukan. Serta jenis jenis sambungan apa saja yang ada pada setiap jenis perkerasan kaku
8. Uraikan 2 cara dan peralatan pelaksanaan untuk pembuatan perkerasan kaku. Uraikan pula perkembangan dari cara itu, mana yang lebih dahulu dan mengapa pada waktu itu perlu dikembangkan.
9. Uraikan maksud penggunaan lapis pondasi, jenis jenis lapis pondasi
10. Uraikan maksud penggunaan lapisan pemecah ikatan diatas subbase

## I. RANGKUMAN

Perkerasan kaku (beton semen) merupakan konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya, sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi khususnya bila dibandingkan dengan perkerasan aspal (perkerasan lentur), sehingga dikenal dan disebut sebagai perkerasan kaku atau *rigid pavement*.

Perkerasan kaku mulai dipergunakan di Indonesia secara lebih meluas pada tahun 1985 khususnya pada jalan-jalan di kota-kota besar yang antara lain adalah DKI Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, Medan, Padang, Ujungpandang dan lain-lain.

Ada beberapa tipe perkerasan kaku yang telah dikenal:

Jenis perkerasan kaku yang dikenal ada 5, yaitu:

1. Perkerasan kaku bersambung tanpa tulangan atau "*jointed unreinforced (plain) concrete pavement*" (JPCP)
2. Perkerasan kaku bersambung dengan tulangan atau "*jointed reinforced concrete pavement*" (JRCP)

3. Perkerasan kaku menerus dengan tulangan atau “*continuously reinforced concrete pavement*” (CRCP)
4. Perkerasan beton semen 'prategang' atau “*prestressed concrete pavement*”
5. Perkerasan beton semen pracetak (dengan dan tanpa prategang)

## **BAB 3 PENUTUP**

### **A. SIMPULAN**

Dalam evaluasi kegiatan belajar, perlu dilakukan evaluasi kegiatan kediklatan, yaitu evaluasi hasil pembelajaran modul ini dan isi materi pokok tersebut kepada para peserta, pengajar maupun pengamat materi atau Narasumber, berupa soal/kuisisioner tertulis :

1. Untuk evaluasi bagi peserta, maka pengajar/widyaiswara melakukan evaluasi berupa orientasi proses belajar dan tanya jawab maupun diskusi perorangan/kelompok dan/atau membuat pertanyaan ujian yang terkait dengan isi dari materi modul tersebut.
2. Untuk evaluasi untuk pengajar/widyaiswara dilakukan oleh para peserta dengan melakukan penilaian yang terkait penyajian, penyampaian materi, kerapihan pakaian, kedisiplinan, penguasaan materi, metoda pengajaran, ketepatan waktu dan penjelasan dalam menjawab pertanyaan, dan lain-lain.
3. Demikian juga untuk evaluasi penyelenggaraan Diklat, yaitu peserta dan pengajar/widyaiswara akan mengevaluasi Panitia/Penyelenggara Diklat terkait dengan penyiapan perlengkapan diklat, sarana dan prasarana untuk belajar, fasilitas penginapan, makanan dll.
4. Evaluasi materi dan bahan tayang yang disampaikan pengajar kepada peserta, dilakukan oleh peserta, pengajar/widyaiswara maupun pengamat materi/Narasumber untuk pengkayaan materi.

### **B. UMPAN BALIK DAN TINGKAT LANJUT**

Pemahaman mengenai konsep dasar konstruksi perkerasan kaku, sangat penting dalam pelaksanaan untuk mendapatkan perkerasan yang sesuai dengan yang direncanakan. Setiap jenis perkerasan kaku mempunyai tujuan dan

konstruksi yang berbeda, sehingga perlu dipahami dari setiap prinsip dasar perkerasan tersebut, seperti material yang digunakan, peralatan dan pelaksanaannya.

Setelah memahami konsep dasar dari perkerasan kaku, maka diperlukan pengetahuan mengenai bahan dan pengujian yang diperlukan dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan kaku. Hal ini bertujuan untuk lebih memahami karakteristik dari setiap material perkerasan kaku tersebut yang harus memenuhi persyaratan yang ditentukan melalui pengujian di laboratorium.

### **C. KUNCI JAWABAN**

#### **1. Apa yang dimaksud dengan pengertian perkerasan kaku, dan apa komponen bahan utama pada konstruksi perkerasan kaku ?**

Perkerasan kaku (beton semen) merupakan konstruksi perkerasan dengan bahan baku agregat dan menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya, sehingga mempunyai tingkat kekakuan yang relatif cukup tinggi khususnya bila dibandingkan dengan perkerasan aspal (perkerasan lentur), sehingga dikenal dan disebut sebagai perkerasan kaku atau rigid pavement

#### **2. Mengapa konstruksi perkerasan beton, disebut perkerasan kaku ?**

Modulus Elastisitas ( $E$ ) merupakan salah satu parameter yang menunjukkan tingkat kekakuan konstruksi disamping dimensinya; dan dapat dipergunakan sebagai acuan ilustrasi tingkat kekakuan konstruksi perkerasan. Pada perkerasan aspal (perkerasan lentur), modulus elastisitas sekitar ( $E_a$ ) sekitar 4.000 MPa, sedangkan pada perkerasan kaku (betonsemen) modulus elastisitas rata-rata ( $E_b$ ) berkisar pada besaran 40.000 MPa atau 10 kali lipat dari perkerasan aspal. Jenis konstruksi perkerasan ini sangat beralasan dan tepat untuk disebut atau dinamakan sebagai konstruksi perkerasan kaku.

#### **3. Uraikan perkembangan perkerasan kaku dari awal mula sampai dengan teknologi yang di pergunakan pada saat ini secara umum, baik di luar negeri maupun di dalam negeri**

**Perkembangan perkerasan kaku di Luar negeri**

- Jalan Perkerasan kaku, telah lama diterapkan di Inverness, Inggris, yaitu pada tahun 1868. Tetapi pada saat itu perkembangannya tidak begitu pesat, dimana sampai dengan tahun 1919 hanya beberapa kilometer jalan saja yang telah dibangun.
- di Amerika Serikat, perkerasan kaku yang pertama dibangun ialah di Bellefontaine, Ohio, pada tahun 1891 oleh George Bartholomew. Lebih dari 100 tahun kemudian, bagian dari perkerasan kaku ini masih berfungsi.
- Front Street di Chicago yang dibangun tahun 1905 dan bertahan 60 tahun
- Woodward Avenue di Detroit tahun 1909 yang merupakan bagian tonggak perkerasan kaku pertama.
- akhir tahun 1914 panjang total jalan dengan perkerasan kaku di Amerika telah mencapai 3788 km.
- Evaluasi pertama kali pada kinerja perkerasan kaku telah dilakukan oleh Departemen Pekerjaan Umum Detroit pada tahun 1909.
- Setelah tahun 1916, perkerasan kaku dibuat dengan tebal 12,5 - 22,5 cm,
- Selama tahun 1912 - 1913, negara bagian Illinois membuat jalan percobaan Bates
- Pada tahun 1950-1951, *Bureau of Public Road* (sekarang FHWA) bersama dengan *Highway Research Board* (sekarang *Transportation Research Board*) melakukan Road Test One – M0 disebelah selatan Washington DC. Jalan sepanjang 1,8 km dengan lebar dua lajur diamati, dipasang alat pemantau dan dilalui oleh 1000 truk per harinya. Hasilnya menunjukkan pentingnya fungsi penyalur beban antar pelat, pengaruh kecepatan dan beban sumbu serta masalah penyebab pumping.

### **Perkerasan kaku di Indonesia**

Perkerasan kaku mulai digunakan di Indonesia secara lebih meluas pada tahun 1985 di kota-kota besar seperti DKI Jakarta, Bandung, Semarang, Surabaya, Medan, Ujungpandang dan lain-lain.

**4. Jelaskan sifat umum dari perkerasan kaku, meliputi sifat bahan, penyebaran beban ke lapisan di bawahnya, dan kondisi yang diperlukan dari lapisan pondasi dan tanah dasar untuk perkerasan kaku ini**

- Kemampuan penyebaran beban ke lapisan tanah dasar

Perkerasan kaku mempunyai kekakuan (modulus elastisitas) yang jauh lebih tinggi dari perkerasan aspal (sekitar 10 kali nya). Setiap konstruksi yang menerima beban dari atas, akan menyalurkan atau menyebarkan beban tersebut kebawah. Beban yang disalurkan ke lapisan dibawahnya, menghasilkan tekanan yang lebih kecil, disebabkan makin luasnya area yang menampung beban tersebut, sehingga mampu dipikul oleh lapisan tanah dasar.

Sebagai akibatnya, lendutan menjadi lebih kecil serta tegangan yang bekerja pada tanah dasar juga rendah, karena itu perkerasan kaku tidak memerlukan daya dukung pondasi yang kuat. Keseragaman daya dukung tanah dasar sangat penting diperhatikan, dimana tidak boleh ada perubahan yang mencolok dari daya dukung tersebut.

- Kapasitas konstruksi perkerasan kaku

Konstruksi perkerasan kaku pada umumnya mempunyai ketebalan pelat beton sekitar 25 cm, dengan mutu kuat tekan beton yang setara dengan kuat tarik lentur  $45 \text{ kg/cm}^2$ . Perkerasan kaku tersebut mempunyai kapasitas atau daya layan sebesar 8 juta repetisi *standard axle load*, yang setara dengan konstruksi perkerasan lentur setebal 55 cm. Dengan demikian untuk beban dan tanah dasar yang sama, konstruksi perkerasan kaku memerlukan ketebalan konstruksi yang lebih tipis

**5. Bagaimana struktur perkerasan kaku di awal awal penerapannya, dan apa saja yang telah dikembangkan pada konstruksi perkerasan kaku sejalan dengan waktu penerapannya itu?**

Pada awal perkembangan perkerasan kaku, perkerasan tersebut dibangun langsung diatas tanah dasar tanpa memperhatikan jenis tanah dasar atau kondisi drainase. Sejalan dengan peningkatan lalu lintas setelah perang dunia ke II, masalah *pumping* menjadi hal yang penting walaupun hal itu telah dikemukakan di awal tahun 1932.

Ketika perancangan mengalami perkembangan, untuk mencegah *pumping* perkerasan dibangun diatas lapis pondasi bawah dengan material berbutir.

Pada konstruksi perkerasan kaku, sebagai konstruksi utama adalah satu lapis beton semen mutu tinggi, dan lapis pondasi bawah hanya berfungsi sebagai konstruksi pendukung.

Maksud dari penggunaan lapisan pondasi perkerasan kaku ialah untuk meningkatkan daya dukung terhadap pelat beton dan memberikan ketahanan terhadap pencegahan erosi pada lapisan pondasi akibat beban lalu lintas dan lingkungan.

Untuk perkerasan kaku, lapisan pondasi dengan bahan pengikat, bisa bermacam-macam, salah satu dari ketiga jenis ini :

- batu pecah yang di stabilisasi semen dengan kondisi tidak lebih kecil dari 5% (perbandingan berat) untuk mencegah erosi. Bahan cementitious bisa mengandung semen, kapur, abu terbang dan atau *granulated blast furnace slag*
- campuran beraspal bergradasi rapat
- *lean concrete* yang mempunyai kekuatan tekan pada umur 28 hari, antara 80 dan 110 kg/cm<sup>2</sup>.

**6. Jelaskan perbandingan kinerja perkerasan kaku, perkerasan lentur yang baru dan perkerasan lentur yang telah mengalami pelapisan ulang (overlay) secara umum, berkaitan dengan masa pelayanan.**

Berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan di Amerika beberapa tahun, kinerja perkerasan kaku penurunannya lebih lambat dari penurunan kinerja perkerasan lentur dari jalan yang baru. Sedangkan kinerja perkerasan lama dari perkerasan lentur yang telah mengalami pelapisan ulang, penurunan kinerjanya paling cepat, lebih cepat dibanding penurunan kinerja perkerasan lentur yang baru.

Dari hasil penyelidikan dan kajian tersebut, perkerasan kaku mempunyai masa layan yang lebih lama daripada perkerasan lentur.

**7. Uraikan jenis jenis sambungan yang ada pada konstruksi perkerasan kaku, dan jelaskan pula letak serta fungsi dari setiap jenis sambungan tersebut.**

Perkerasan kaku konvensional (JPCP, JRCP, CRCP) menggunakan beberapa sambungan melintang dan memanjang. Sambungan susut melintang



digunakan pada JPCP dan JRCP, umumnya menggunakan ruji. Pada setiap akhir dari pelaksanaan harian pembuatan perkerasan, atau pelaksanaan penghamparan yang mengalami keterlambatan, digunakan sambungan pelaksanaan melintang, umumnya dilakukan pada lokasi sambungan susut yang telah direncanakan dari JPCP dan JRCP. Sambungan muai melintang atau sambungan isolasi dipasang dimana pemuaian dari perkerasan akan merusak jembatan atau fasilitas drainase disebelahnya. Sambungan susut memanjang dibuat bila dua atau lebih perkerasan ataupun bahu jalan dilaksanakan pada saat yang bersamaan. Sedangkan sambungan pelaksanaan memanjang digunakan antara dua lajur atau bahu jalan yang diperkeras pada saat yang berbeda.

### **Sambungan susut melintang**

Sambungan susut pada perkerasan dengan beban lalu lintas yang ringan, bisa hanya merupakan agregat *interlocking* sepanjang sambungan. Sedangkan untuk beban lalu lintas yang lebih berat, menggunakan ruji sebagai penyalur beban pada sambungan. Ruji mencegah pergerakan vertikal atau *faulting* diantara pelat, tetapi memungkinkan sambungan untuk membuka dan menutup guna melepaskan tegangan yang terjadi akibat perubahan temperatur dan kadar air pada perkerasan beton

### **Sambungan memanjang**

Sambungan memanjang ialah sambungan antar dua pelat yang memungkinkan pelat melenting tanpa terjadi pemisahan atau retak pada pelat tersebut” Sambungan memanjang digunakan untuk melepaskan tegangan tegangan lenting dan umumnya diperlukan bila lebar pelat lebih dari 4,6 meter

Penyaluran beban pada sambungan memanjang didapat melalui agregat *interlock*. Untuk membantu penyaluran beban, batang pengikat sering digunakan yang dipasang melintang pada sambungan memanjang. Batang pengikat lebih kecil ukuranya dari ruji, dan merupakan besi sirip (besi alur).

### **Sambungan pelaksanaan**

Sambungan pelaksanaan ialah sambungan anantara pelat bila beton dicor pada saat yang tidak bersamaan. Tipe sambungan ini bisa dibagi lagi

menjadi sambungan pelaksanaan melintang dan memanjang. Sambungan pelaksanaan melintang, umumnya menggantikan sambungan susut, akan tetapi jangan dibuat miring, karena penghamparan dan pemadatan yang sempurna akan sulit didapat. Sambungan pelaksanaan melintang hendaknya dipasang ruji dan menyatu langsung dengan beton lama.

### **Sambungan pelaksanaan memanjang**

Batang pengikat harus terikat kuat pada sambungan memanjang beton, batang pengikat hendaklah dimasukkan pada beton yang masih plastis. Bila pembengkokan harus dilakukan, kemudian diluruskan saat pelaksanaan, maka tulangan yang dipergunakan ialah grade 40 (tegangan lelehnya kurang dari 276 MPa), karena tulangan seperti ini lebih toleran terhadap pembengkokan. Disarankan sambungan pelaksanaan memanjang digergaji dan diberi lapisan penutup. Ukuran reservoir hendaklah sama dengan ukuran pada sambungan melintang.

Sambungan memanjang berupa lidah alur, telah digunakan pada masa lalu dan sekarang sangat jarang. Sambungan ini berupa konfigurasi dari lidah yang pendek dan alur (takikan) yang pas ukurannya untuk memindahkan gaya geser. Bagian atas dari pelat diatas lidah alur seringkali mengalami kerusakan akibat geser. Dengan alasan tersebut, disarankan bahwa sambungan dengan lidah alur tidak digunakan bila tebal pelat lebih kecil dari 25 cm.

### **Sambungan muai (*expansion joint*)**

Sambungan muai ialah sambungan yang terletak pada lokasi spesifik untuk memungkinkan perkerasan memuai tanpa merusak struktur disebelahnya atau merusak perkerasan itu sendiri. Umumnya ini digunakan pada daerah dekat kepala jembatan dan utilitas yang tertanam di jalan.

Lebar dari sambungan muai umumnya 19 mm atau lebih dan dipasang 19 mm- 25 mm dibawah permukaan pelat, untuk memberikan tempat bagi pemasangan lapisan penutup (*joint sealant*). Ruji polos paling umum digunakan sebagai alat penyalur beban pada sambungan muai ini. Setiap ruji pada sambungan muai dilengkapi dengan penutup pada satu ujungnya,

yang memberikan ruang pada pelat untuk mengakomodir pergerakan ruji, ketika pelat disebelahnya mendekati ke sambungan muai.

**8. Uraikan 2 cara dan peralatan pelaksanaan untuk pembuatan perkerasan kaku. Uraikan pula perkembangan dari cara itu , mana yang lebih dahulu dan mengapa pada waktu itu perlu dikembangkan.**

Pada mulanya pelaksanaan pembangunan perkerasan kaku menggunakan acuan tetap (*fixform*) dari besi. Harga acuan ini dipandang mahal, sehingga dikembangkan alat penghampar yang dikenal dengan acuan gelincir (*slipform*). Pada acuan gelincir ini tidak diperlukan lagi acuan tetap, karena acuannya bersatu dengan mesin penghampar dan bergerak maju selama penghamparan. Pada pembangunan dengan acuan gelincir ini, slump beton dirancang lebih kecil dari pada slump beton untuk acuan tetap, agar tepi plat beton tidak runtuh ketika ditinggalkan oleh acuan gelincir tersebut. Acuan gelincir ini pertama kali dikembangkan di Iowa antara tahun 1946 dan 1949 oleh dua ahli jalan raya yaitu James W Johnson dan Bet Myers.

Menjelang tahun 1955, perusahaan Quad City Construction telah mengembangkan dan memperbaikinya sehingga penghampar bisa membuat perkerasan dengan lebar 7,3 m dengan tebal 25 cm, dan selanjutnya dikembangkan menggunakan acuan tetap (*fixform*) dari besi. Harga acuan ini dipandang mahal, sehingga dikembangkan alat penghampar yang dikenal dengan acuan gelincir (*slipform*). Pada acuan gelincir ini tidak diperlukan lagi acuan tetap, karena acuannya bersatu dengan mesin penghampar dan bergerak maju selama penghamparan. Pada pembangunan dengan acuan gelincir ini, slump beton dirancang lebih kecil dari pada slump beton untuk acuan tetap, agar tepi plat beton tidak runtuh ketika ditinggalkan oleh acuan gelincir tersebut. Acuan gelincir ini pertama kali dikembangkan di Iowa antara tahun 1946 dan 1949 oleh dua ahli jalan raya yaitu James W Johnson dan Bet Myers.

Menjelang tahun 1955, perusahaan Quad City Construction telah mengembangkan dan memperbaikinya sehingga penghampar bisa membuat perkerasan dengan lebar 7,3 m dengan tebal 25 cm, dan selanjutnya dikembangkan penghampar yang lebih besar lagi.

Pada saat ini pelaksanaan perkerasan kaku masih ada yang menggunakan acuan tetap disamping acuan gelincir.

**9. Uraikan maksud penggunaan lapis pondasi, jenis jenis lapis pondasi**

Jenis lapis pondasi yang umum dipergunakan, ialah lapis pondasi berbutir, stabilisasi tanah-semen, stabilisasi tanah-kapur, atau beton kurus (*lean concrete*), dan juga stabilisasi dengan aspal. Lapis pondasi dari material berbutir, digunakan untuk perkerasan kaku dengan beban lalu lintas yang tidak pondasi berbutir, stabilisasi tanah-semen, stabilisasi tanah-kapur, atau beton kurus (*lean concrete*), dan juga stabilisasi dengan aspal. Lapis pondasi dari material berbutir, digunakan untuk perkerasan kaku dengan beban lalu lintas yang tidak berat, karena besar kemungkinan bisa terjadi pumping. Untuk beban lalu lintas berat, lebih baik menggunakan lapis pondasi yang distabilisasi atau lapis pondasi yang menggunakan bahan pengikat (stabilisasi kapur, stabilisasi semen, beton kurus, ataupun stabilisasi aspal).

Jenis lapis pondasi lainnya untuk perkerasan kaku ialah permeable base, yaitu lapis pondasi dengan gradasi yang mempunyai rongga yang cukup (bukan gradasi terbuka) yang bisa mengalirkan air dengan permeabilitas tidak terlalu tinggi tapi masih cukup untuk keperluan pondasi jalan, sehingga pengaruh air terhadap lapis pondasi bisa dihindari.

Bahan dari lapis pondasi harus memperhatikan bahan dan gradasi yang digunakan, misalnya harus diperhatikan gradasi jangan sampai terjadi segregasi. Begitu juga kepadatan lapisan di lapangan perlu di periksa, misalnya dengan sand cone.

Menggunakan bahan stabilisasi tanah-semen, tanah-kapur, atau beton kurus tersebut sebagai bahan pondasi bawah akan membantu meningkatkan daya dukung tanah dasar yang lemah.

Guna mendapatkan mutu campuran beton yang baik, pencampuran *lean concrete* dapat dilakukan dengan menggunakan *batching plant*.

ketat.

**10. Uraikan maksud penggunaan lapisan pemecah ikatan diatas subbase**

Maksud penggunaan lapisan pemecah ikatan diatas subbase, ialah untuk mencegah ikatan antara lapisan pondasi bawah (terutama yang

menggunakan bahan ikat semen, seperti beton kurus, stabilisasi semen) dengan pelat betonnya. Selain itu ini berfungsi untuk memberikan gesekan yang seragam terhadap lapis pelat betonnya sendiri .

Pada perkerasan dengan tulangan, bila tidak diberi pemecah ikatan antara pondasi dengan pelat, maka akan timbul ketebalan pelat yang semu, yang akan mengakibatkan jumlah tulangan pada pelat yang sudah dirancang, mengalami kekurangan. Hal ini akan menjadikan perkerasan tersebut mengalami kerusakan akibat kekurangan tulangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aly, Mohamad Anas; Visualisasi Konstruksi Perkerasan Jalan berbasis semen; Asosiasi Semen Indonesia. Jakarta 2001.
- American Association of State Highway and Transportation Officials. AAHTO Guide for Design of Pavement Structural. Washington D.C. 1993
- American Concrete Pament Association (ACPA) Guided Line for bonded concrete overlay, Technical Bulletin TB – 007P, Arlington Heights, IL: American Concrete Pament Association, 1990.
- American Concrete Pament Association (ACPA). Construction Smooth concrete Pavements, Technical Bulletin TB – 006.0-C, Arlington Heights, IL: American Concrete Pament Association, 1990.
- American Concrete Pament Association (ACPA). Guided Line for unbonded concrete overlay , Technical Bulletin TB – 005, Arlington Heights, IL: American Concrete Pament Association, 1990 .
- Dachlan Asep Tatang . Laporan akhir Monitoring dan Evaluasi Perkerasan Jalan Beton , Puslitbang Jalan dan Jembatan Kementerian P U P R, 2014
- Dachlan Asep Tatang . Laporan akhir Monitoring dan Evaluasi Perkerasan Jalan Beton, Puslitbang Jalan dan Jembatan Kementerian P U P R, 2015
- David K Merrit; B.Frank McCullogh; Ned H. Burns; Anton K. Schinder; The Feasibility of using precast concrete panels to expedite Highway Pavement Construction. Center for transportation Research Bureau of Engineering Research The University of Texas at Austin, February 2000
- Delatte Norbert. Concrete Pavement desgn, construction, and performance, Taylor & Francis 270 Medison Ave,New York,NY 10016,USA. 2008
- Geoff Jameson. Guide to pavement technology Part 2: Pavement Structtural Design; Austroad Incorporated 287 Elizabeth Street Sydney NSW Australia . 2010
- O’ Flaherty C. A.. Highway Engineering , Third Edition Volume 2. 1988
- Yoder .E.J ; Witczak M.W. Principle of Pavement Design , Second edition John Wiley & Sons Inc. New York . 1975

## GLOSARIUM

### **Acuan tetap (*fix form*)**

Metode penghamparan beton dimana pengecoran, pemadatan dan penyelesaian akhir beton, serta pekerjaan-pekerjaan lainnya yang berkaitan, dilaksanakan di antara acuan

### **Acuan gelincir (*Slip form*)**

Metode penghamparan beton dimana pengecoran, pemadatan dan penyelesaian akhir beton dilaksanakan dalam bagian sepanjang rangka mesin, di antara sisi-sisi dalam acuan yang sedang bergerak

### **bahan penutup sambungan (*joint sealant*):**

bahan bersifat plastis, yang memenuhi spesifikasi, yang diisikan atau dipasang pada reservoir sambungan perkerasan kaku, dengan tujuan untuk mencegah agar sambungan tidak dimasuki air dan benda-benda lain (terutama benda keras) yang mempengaruhi kinerja sambungan

### **batang pengikat (*tie bar*):**

sepotong batang baja ulir, yang memenuhi spesifikasi, yang dipasang secara melintang pada sambungan memanjang dengan maksud untuk mengikat dua pelat yang berdampingan agar tidak memisah

### **beban sumbu standar:**

beban 8,16 ton (18 kip) yang bekerja pada sumbu tunggal yang dipasangi dua buah roda ganda

### ***faulting***

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

### ***gompal (spalling)*:**

suatu bentuk kerusakan pada pelat beton yang umumnya terjadi pada tepi-tepi pelat di sekitar sambungan atau retak, atau di bagian sudut pelat

***lean concrete***

lantai kerja untuk pekerjaan rigid pavement. Sehingga lapisan ini bukan termasuk lapisan struktur. Namun wajib ada sebelum pekerjaan beton (rigid). Fungsinya hanya sebagai lantai kerja agar air semen tidak meresap ke dalam lapisan bawahnya. Tebal LC ini biasanya 10 cm. LC ini pada dasarnya terbuat dari beton dengan mutu K175

**perkerasan kaku:**

struktur perkerasan yang terdiri atas pelat beton yang terletak langsung pada tanah dasar atau pada tanah dasar yang telah ditutup lapisan lain (misal lapis pondasi bawah)

**perkerasan beton bersambung tanpa tulangan (*Jointed Unreinforced Concrete Pavement-JPCP*):**

jenis perkerasan beton semen yang dibuat tanpa tulangan dengan ukuran pelat mendekati bujur sangkar, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 4-5 meter

**perkerasan kaku bersambung dengan tulangan (*jointed reinforced concrete pavement-JRCP*):**

salah satu jenis perkerasan kaku yang terdiri atas panel-panel beton dengan tulangan yang ukuran pelatnya berbentuk empat persegi panjang, dan panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 8-15 meter

**perkerasan kaku menerus dengan tulangan (*continous reinforced concrete pavement-CRCP*):**

Jenis perkerasan beton yang dibuat dengan tulangan dan dengan panjang pelat yang menerus yang hanya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan muai melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini lebih besar dari 75 meter.



**perkerasan beton semen pra-tegang (*prestressed concrete pavement*):**

jenis perkerasan beton menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembaban

***pumping***

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

***punch out*:**

suatu bentuk pemisahan pada pelat beton yang umumnya terjadi akibat jarak retak arah melintang yang terlalu dekat, selanjutnya bagian tersebut akan mengalami patah dalam arah melintang, sehingga mengakibatkan bagian yang mengalami retak melintang dan memanjang tersebut akan terpisah dari kesatuan pelat

**ruji atau batang penyalur beban (*dowel*):**

sepotong batang baja polos, yang memenuhi spesifikasi, yang dipasang secara longitudinal pada sambungan melintang dengan fungsi untuk memadukan dua panel beton yang berdampingan agar dapat bekerja sama ketika dilewati kendaraan

**sambungan lidah alur (*key ways joint*):**

salah satu bentuk sambungan memanjang yang ditujukan untuk mengurangi tegangan pelengkungan (*curling stresses*) dan biasanya disediakan untuk kepentingan pelaksanaan

**sambungan muai (*expansion joint*)**

salah satu jenis sambungan (umumnya sambungan melintang) yang ditujukan untuk membebaskan tegangan tekan yang terjadi pada pelat beton dan bangunan (misal jembatan) di dekat pelat beton pada saat pelat beton mengalami pemuaian, baik akibat peningkatan suhu maupun penggunaan jenis agregat yang mempunyai pemuaian besar

**sambungan pelaksanaan (*construction joint*)**

jenis sambungan melintang yang dibuat untuk menyatukan dua buah pelat beton yang berdampingan yang dicor pada saat yang berbeda

**sambungan susut (*contraction joint*)**

jenis sambungan melintang yang dibuat dengan maksud untuk mengendalikan retak susut beton agar terjadi pada sambungan serta untuk membatasi kemungkinan penanggaan (*faulting*) pelat akibat pengaruh pelengkungan (*warping*) pelat

**tulangan**

batang baja ulir, yang memenuhi spesifikasi, yang dipasang secara longitudinal dan melintang pada pelat beton dengan letak penempatan tulangan sesuai ketentuan yang berfungsi untuk mengatur jarak dan lebar retakan serta mengikat bagian bagian pelat pada retakan tersebut sehingga tetap menjadi satu kesatuan pada waktu menerima beban lalu lintas