

Pelaksanaan perkerasan jalan beton semen

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menguraikan prosedur pelaksanaan perkerasan jalan beton semen, baik pada jalan baru maupun pada jalan lama (lapis tambah beton semen).

Pedoman mencakup persyaratan bahan, penyiapan tanah dasar dan lapis pondasi, penyiapan pembetonan, pembetonan, pengendalian mutu dan pembukaan untuk lalu-lintas.

2 Acuan normatif

- SNI 03-1738-1989, *Metode pengujian CBR lapangan*
 SNI 03-1973-1990, *Metode pengujian berat isi beton*
 SNI 03-2816-1992, *Metode pengujian kotoran organik dalam pasir untuk campuran mortar dan beton*
 SNI 03-1969-1990, *Metode pengujian berat Jenis dan penyerapan air agregat kasar*
 SNI 03-3416-1994, *Metode pengujian partikel ringan dalam agregat*
 SNI 03-2417-1991, *Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*
 SNI 06-2422-1991, *Metode pengujian keasaman dalam air dengan titrimetri*
 SNI 06-2424-1991, *Metode pengujian oksigen terlarut dalam air dengan titrimetri*
 SNI 06-2505-1991, *Metode pengujian kadar karbon organik total dalam air dengan alat KOT-Meter Inframerah*
 SNI 06-2502-1991, *Metode pengujian kadar minyak dan lemak dalam air secara gravimetri*
 SNI 06-2426-1991, *Metode pengujian sulfat dalam air dengan alat spektrofotometer*
 SNI 06-2431-1991, *Metode pengujian klorida dalam air dengan argentometri mohr*
 SNI 03-2495-1991, *Spesifikasi bahan tambah untuk beton*
 SNI 03-6388-2000, *Spesifikasi agregat lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas dan lapis permukaan*
 SNI 03-1743-1989, *Metoda pengujian kepadatan berat untuk tanah*
 SNI 03-1744-1989, *Metoda pengujian CBR laboratorium*
 SNI 03-2491-2002, *Metoda pengujian kuat tarik belah beton*
 SNI 15-2049-1994, *Spesifikasi semen untuk beton semen*
 SK SNI 04-1989-F, *Spesifikasi agregat kasar untuk beton semen*
 SNI 03-2853-1992, *Tata cara pelaksanaan lapis pondasi jalan dengan batu pecah*
 SNI 03-2854-1992, *Spesifikasi kadar ion klorida dalam beton*
 SII 0051-74, *Spesifikasi besar butir/gradasi agregat untuk beton semen*
 SII 0076-75, *Spesifikasi agregat halus untuk beton semen*
 SII 0053-74, *Spesifikasi kandungan partikel lunak*
 SII 0456-81, *Spesifikasi kepipihan/panjang agregat kasar*
 SII 0083-75, *Spesifikasi keawetan terhadap Na_2SO_4 dan Mg SO_4*
 SII 0079-75, *Spesifikasi kekerasan agregat kasar (Rudeloff)*

- SII 0455-81, *Spesifikasi sifat-sifat reaktif campuran semen dengan agregat halus (metode batang adukan)*
- SII 0582-81, *Cara uji cepat sifat silika reaktif agregat beton (metode kimia)*
- SII 0013-81, *Persyaratan semen portland untuk campuran beton*
- SII 0132 – 75, *Metode pengujian mutu dan cara uji semen pozolan*
- AASHTO M – 155, *Granular material to control pumping under concrete pavement*
- AASHTO M-30-1990, *Zinc-coated steel wire rope and fittings for highway guardrail*
- AASHTO T-222-81, *Non repetitive static plate test of soil and flexible pavement components, for use in evaluation and design of airport and highway pavement*
- AASHTOT-128-86 (1990), *Fineness of hydraulic cement by the no. 100 (150- μ .m) and no. 200 (75- μ .m)*
- AASHTO M 31-81, *Deformed and plain billet-steel bars for concrete reinforcement*
- AASHTO M 42-81, *Rail-steel deformed and plain bars for concrete reinforcement*
- AASHTO M 53-81, *Axle-steel deformed and plain bars for concrete reinforcement*
- AASHTO M 35-81, *Preformed expansion joint filler for concrete*
- AASHTO M 221-81, *Steel welded wire fabric, deformed, for concrete reinforcement*
- AASHTO M 144-78, *Calcium chloride*
- AASHTO M 194-82, *Chemical admixtures for concrete*
- AASHTO M 54-81, *Fabricated deformed steel bar mats for concrete reinforcement*
- ASTM C 309-89, *Specification for liquid membrane-forming compounds for curing concrete*
- ASTM D 2835-89, *Standard specification for lubricant for instalation of compression seal in concrete pavements*
- ASTM C 78-84, *Test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading)*
- ASTM C 174-87, *Test method for measuring length of drilled concrete cores*
- ASTM C 618 –91, *Specification for fly ash and row or calcined natural pozzolan for use as a mineral admixture in portland cement concrete*
- Pd. 0302-76, *Spesifikasi kandungan bahan padat total air*
- Pd. S-02-1996-03, *Spesifikasi beton siap campur (Ready-mixed Concrete)*

3 Istilah dan definisi

3.1

acuan gelincir (*slip form*)

jenis acuan yang biasanya terbuat dari baja dan bersatu dengan mesin penghampar pada waktu penghamparan beton semen

3.2

acuan tetap (*fixed form*)

jenis acuan yang umumnya terbuat dari baja dan dipasang di lokasi penghamparan sebelum pengecoran beton semen



3.3**bahan anti lengket**

jenis bahan untuk mencegah lengket antara adukan beton semen dengan acuan

3.4**batang pengikat (*tie bar*)**

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

3.5**jalur lalu-lintas (*carriage way*)**

bagian jalur jalan yang direncanakan khusus untuk lintasan kendaraan bermotor (beroda 4 atau lebih)

3.6**lajur lalu-lintas (*lane*)**

bagian pada jalur lalu lintas yang ditempuh oleh satu kendaraan bermotor beroda 4 atau lebih, dalam satu jurusan

3.7**lapis resap pengikat**

lapisan tipis aspal cair berviskositas rendah diletakkan diatas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya dihampar

3.8**lapis pondasi bawah dengan bahan pengikat (*bound sub-base*)**

pondasi bawah yang biasanya terdiri dari material berbutir yang distabilisasi dengan semen aspal, kapur, abu terbang (*fly ash*) atau slag yang dihaluskan sebagai bahan pengikatnya

3.9**perkerasan jalan beton bersambung tanpa tulangan (*jointed unreinforced concrete pavement*)**

jenis perkerasan jalan 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

3.10**perkerasan jalan beton semen bersambung dengan tulangan (*jointed reinforced concrete pavement*)**

jenis perkerasan jalan beton semen yang dibuat dengan tulangan dengan ukuran pelat berbentuk empat persegi panjang, dimana panjang dari pelatnya dibatasi oleh adanya sambungan-sambungan melintang. Panjang pelat dari jenis perkerasan ini berkisar antara 8-15 meter

3.11**perkerasan jalan beton semen menerus dengan tulangan (*continuously reinforced concrete pavement*)**

jenis perkerasan jalan beton semen 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

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

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

3.13**perkerasan jalan beton semen**

suatu struktur perkerasan yang umumnya terdiri dari tanah dasar, lapis pondasi bawah dan lapis beton semen dengan atau tanpa tulangan

3.14**ruji (*dowel*)**

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

3.15**stabilisasi**

suatu tindakan perbaikan mutu bahan perkerasan jalan atau meningkatkan kekuatan bahan sampai kekuatan tertentu agar bahan tersebut dapat berfungsi dan memberikan kinerja yang lebih baik dari pada bahan aslinya

3.16**sambungan lidah alur**

jenis sambungan pelaksanaan yang sistem pengatur bebannya digunakan hubungan lidah-alur

4 Simbol dan singkatan

BJTU	Baja Tulangan Ulir
LASTON	Lapis Aspal Beton
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
SNI	Standar Nasional Indonesia
SK SNI	Standar Konsep Standar Nasional Indonesia
Pd.	Pedoman

5 Penyiapan tanah dasar dan lapis pondasi

5.1 Umum

Penjelasan mengenai hal-hal yang berhubungan dengan penyiapan tanah dasar dan atau lapis pondasi, seperti pembersihan, pengupasan, pembongkaran, penggalian dan penimbunan, atau pelaksanaan lapis pondasi dengan atau tanpa bahan pengikat, dapat dilihat dalam peraturan pelaksanaan pembangunan jalan sesuai dengan spesifikasi yang berlaku (SNI 03-2853-1992).

Pembentukan permukaan secara tepat sangat penting dalam pelaksanaan ditinjau dari segi jumlah beton semen yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan.

Dianjurkan agar lapis pondasi bawah diperlebar paling sedikit 60 cm diluar tepi perkerasan pada masing-masing sisi memanjang hamparan untuk mengisolasi tanah expansif dan memberi landasan yang cukup bagi roda rantai mesin penghampar.

Pada pelaksanaan penghamparan yang menggunakan acuan tetap, pembentukan akhir dilakukan dengan alat yang bergerak di atas acuan yang dipasang sesuai dengan rencana alinyemen. Bagian-bagian permukaan yang menonjol harus dikupas hingga elevasi sesuai dengan gambar rencana. Bagian-bagian yang rendah harus diisi dan dipadatkan sesuai dengan persyaratan pemadatan.

Bila alat pengupas dilengkapi dengan sistem pengatur elevasi otomatis, maka alat tersebut dapat langsung dioperasikan di atas permukaan yang akan dibentuk. Pembentukan akhir permukaan lapis pondasi bawah stabilisasi semen harus diselesaikan sebelum bahan mengeras (biasanya berlangsung antara 4-6 jam).

5.2 Persyaratan permukaan

Sebelum penghamparan lapis pondasi atau beton semen, kemiringan tanah dasar harus dibentuk sesuai dengan kemiringan pada potongan melintang yang ditentukan pada gambar rencana, dengan toleransi tinggi permukaan maksimum 2 cm. Penyimpangan kerataan permukaan tidak boleh lebih besar 1 cm bila diukur dengan mistar pengukur (*straight edge*) sepanjang 3 m.

Permukaan tanah dasar agar dijaga tetap rata dan padat sampai pondasi atau beton semen dihamparkan. Alat-alat berat tidak boleh dioperasikan di lajur permukaan yang sudah selesai dilaksanakan.

Ketentuan pelaksanaan umum yang berlaku untuk tanah dasar berlaku pula untuk lapis pondasi. Toleransi ketinggian permukaan lapis pondasi maksimum adalah 1,5 cm dan perbedaan penyimpangan kerataan permukaan harus lebih kecil 1 cm bila diukur dengan mistar pengukur sepanjang 3 m.

Apabila lapis pondasi menggunakan lapis aspal resap pengikat, pengecoran beton semen tidak boleh dilaksanakan sebelum permukaannya kering. Sebelum pengecoran beton semen, lapis pondasi harus dibasahi terlebih dahulu guna mendapatkan kelembaban yang cukup. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga penguapan yang cepat dan mengurangi bahaya retak, khususnya pada lapis pondasi dengan stabilisasi semen.

Bila disyaratkan penggunaan lembar kedap air maka lembar tersebut harus dipasang di atas permukaan yang telah siap. Lembar-lembar yang berdampingan dipasang tumpang tindih dengan lebar tumpangan tidak kurang dari 10 cm pada arah lebar dan 30 cm pada arah memanjang.

Pemasangan lembar kedap air harus dilakukan secara hati-hati untuk mencegah sobeknya lembar-lembar tersebut. Juga harus diperhatikan kemungkinan rusaknya lembaran akibat angin.



6 Penyiapan pembetonan

6.1 Acuan perkerasan beton semen

Dalam penghamparan perkerasan beton semen, dikenal dua metode pelaksanaan yaitu :

- Metode Acuan tetap (*Fixed Form Paving Method*).
- Metode Acuan Gelincir (*Slipform Paving Method*).

Pada penghamparan metode acuan tetap, pengecoran, pemadatan dan penyelesaian akhir beton, serta pekerjaan-pekerjaan lainnya yang berkaitan, dilaksanakan di antara acuan.

Pada penghamparan metode acuan gelincir, pengecoran, pemadatan dan penyelesaian akhir beton dilaksanakan dalam bagian sepanjang rangka mesin, di antara sisi-sisi dalam acuan yang sedang bergerak.

6.1.1 Acuan tetap

6.1.1.1 Bahan dan ukuran

Acuan yang digunakan harus cukup kuat untuk menahan beban peralatan pelaksanaan. Acuan harus tidak melendut lebih besar dari 6 mm bila diuji sebagai balok biasa dengan bentang 3,00 m dan beban yang sama dengan berat mesin penghampar atau peralatan pelaksanaan lainnya yang akan bergerak di atasnya.

Tebal baja yang digunakan adalah antara 6 mm dan 8 mm. Bila acuan harus mendukung alat penghampar beton yang berat, ketebalannya tidak boleh kurang dari 8 mm. Dianjurkan agar acuan mempunyai tinggi yang sama dengan tebal rencana pelat beton semen, dan lebar dasar acuan sama dengan 0,75 kali tebal pelat beton tapi tidak kurang dari 20 cm.

Acuan harus diperkuat sedemikian rupa sehingga setelah terpasang cukup kokoh, tidak melentur atau turun akibat tumbukan dan getaran alat penghampar dan alat pemadat. Lebar flens penguat yang dipasang pada dasar acuan harus menonjol keluar dari acuan tidak kurang dari 2/3 tinggi acuan.

Dalam pemeriksaan kelurusan dan kerataan acuan, variasi kerataan bidang atas acuan tidak boleh lebih dari 3 mm untuk setiap 3,00 m panjang dan kerataan bidang dalam acuan tidak boleh lebih dari 6 mm untuk setiap 3,00 m panjang. Ujung-ujung acuan yang berdampingan harus mempunyai sistem pengunci untuk menyambung dan mengikat erat acuan-acuan tersebut.

Rongga udara di bawah acuan harus diupayakan sekecil mungkin sehingga air semen tidak keluar. Pada lengkungan dengan jari-jari 30,00 m atau kurang, dianjurkan untuk menggunakan acuan yang dapat dibengkokkan (*flexible form*) atau acuan melengkung.

6.1.1.2 Pemasangan acuan

Pondasi acuan harus dipadatkan dan dibentuk sesuai dengan alinyemen dan ketinggian jalan yang direncanakan, sehingga pada waktu dipasang acuan dapat disangga secara seragam pada seluruh panjangnya dan terletak pada elevasi yang benar.

Alinyemen dan elevasi acuan harus diperiksa dan bila perlu diperbaiki menjelang penghamparan beton semen. Bila terdapat acuan yang rusak atau pondasi yang tidak stabil, pondasi harus diperbaiki terlebih dahulu dan acuan harus distel kembali. Acuan harus dipasang cukup jauh di depan tempat penghamparan beton semen sehingga memungkinkan pemeriksaan dan perbaikan acuan tanpa mengganggu kelancaran penghamparan. Setelah acuan dipasang pada posisi yang benar, tanah dasar atau lapis pondasi bawah pada kedua sisi luar dan dalam dasar acuan harus dipadatkan dengan baik menggunakan alat pemadat mesin atau manual.



Acuan harus diikat pada tempatnya, paling sedikit dengan tiga pasak pada setiap 3,00 m panjang. Setiap acuan harus benar-benar terikat kuat sehingga tidak dapat bergerak. Pada setiap titik acuan tidak boleh menyimpang lebih dari 6 mm dari garisnya.

Tidak diijinkan adanya penurunan atau pelenturan acuan yang berlebihan akibat peralatan pelaksanaan. Sebelum penghamparan dilakukan, sisi bagian dalam acuan harus dibersihkan dan diolesi dengan bahan anti lengket.

6.1.1.3 Pembongkaran acuan

Acuan agar dipertahankan tetap pada tempatnya sekurang-kurangnya selama 8 jam setelah pengecoran beton. Apabila temperatur udara turun dibawah 10° C pada kurun waktu 8 jam sejak pengecoran beton, acuan agar dipasang lebih lama guna menjamin bahwa ujung perkerasan beton semen tidak rusak. Perawatan terhadap tepi perkerasan beton harus dilaksanakan sesegera mungkin setelah acuan dibongkar.

6.1.2 Acuan gelincir

Pada acuan gelincir, pemadatan dan penyelesaian akhir beton semen dilaksanakan dalam bagian sepanjang rangka mesin, yaitu di antara sisi-sisi dalam acuan yang sedang bergerak. Adukan beton semen dapat di masukkan langsung ke dalam penghampar, atau disebar dan diratakan menggunakan mesin terpisah dari alat penghampar utama.

Rangka acuan bagian tepi yang tersedia hanya digunakan untuk menyangga selama pelaksanaan pembetonan berlangsung. Untuk mengontrol tebal slab, jika diperlukan dapat menggunakan beberapa bentuk acuan pengontrol ketinggian otomatis dan pengendali. Biasanya digunakan kawat yang ditegangkan secara teliti yang diset di depan operasi penghamparan.

Karena beton harus tersangga sendiri pada tepinya setelah penghampar lewat, penting untuk mengontrol kemudahan kerja (*workability*) dan getaran. Pengoperasian mesin harus dilakukan secara teliti untuk mengendalikan elevasi dengan memperhatikan permukaan pelat sebagai acuan datum dan bila perlu dipasang penyangga tepi sementara.

Penghampar acuan-gelincir umumnya dikendalikan oleh sensor, mengikuti kawat yang ditegangkan yang diset secara bebas pada setiap jalur. Pesan dari sensor pengendali elevasi dan arahnya diatur secara otomatis oleh mekanisme pengendali.

6.2 Pemasangan ruji, batang pengikat dan tulangan pelat

6.2.1 Ruji (*Dowel*)

Ruji harus terbuat dari batang baja polos dan memenuhi spesifikasi untuk batang polos AASHTO M 31-81, AASHTO M 42-81 atau AASHTO M 31-81.

Ruji harus polos, tidak kasar atau tidak memiliki tonjolan sehingga tidak mengurangi kebebasan pergerakan ruji dalam beton.

Apabila digunakan topi pelindung muai yang terbuat dari logam (*metal expansion cap*) pelindung tersebut harus menutupi bagian ujung ruji dengan jarak 5 cm - 7 cm. Pelindung harus memberikan ruang pemuaian yang cukup, dan harus cukup kaku sehingga pada waktu pelaksanaan tidak rusak.

Batang ruji harus ditempatkan di tengah ketebalan pelat.

Kepadatan beton di sekeliling ruji harus baik agar ruji bisa berfungsi secara sempurna.

Bagian batang ruji yang bisa bergerak bebas, harus dilapisi dengan bahan pencegah karat. Sesudah bahan pencegah karat kering, maka bagian ini harus dilapisi dengan cat atau diolesi dengan bahan anti lengket sebelum ruji dipasang pelindung muai. Ujung batang ruji yang dapat bergerak bebas harus dilengkapi dengan tumpi/penutup topi pelindung muai. Pelapis ruji dari jenis plastik atau jenis lain dapat digunakan sebagai pengganti bahan anti lengket.



Ruji atau batang pengikat dan komponen perlengkapan ruji sepertiudukan untuk penyangga tulangan, yang diletakkan pada pondasi bawah harus cukup kuat untuk menahan pergeseran atau deformasi sebelum dan selama pelaksanaan.

6.2.2 Pemasanganudukan ruji

Dudukan ruji harus ditempatkan pada lapis pondasi bawah atau tanah dasar yang sudah dipersiapkan. Perlengkapan ruji harus ditempatkan tegak lurus sumbu jalan, kecuali ditentukan lain pada Gambar Rencana.

Ruji harus ditempatkan dengan kuat pada posisi yang telah ditetapkan sehingga tekanan beton tidak akan mengganggu kedudukannya. Pada tikungan yang diperlebar, sambungan memanjang pada sumbu jalan harus diatur sedemikian rupa sehingga mempunyai jarak sama dari tepi-tepi pelat.

Susunan batang ruji dan dudukannya harus dipasang pada garis dan elevasi yang diperlukan dan harus dipegang kuat pada posisinya dengan menggunakan patok-patok. Apabila susunan batang ruji dan dudukannya dibuat secara bagian demi bagian maka susunan tersebut harus merupakan satu kesatuan.

6.3 Batang pengikat (*Tie Bars*)

Batang pengikat harus terbuat dari batang baja ulir yang memenuhi spesifikasi untuk batang tulangan, mutu minimum BJTU-24 dan berdiameter minimum 16 mm.

Apabila digunakan batang pengikat dari jenis baja lain, maka baja tersebut harus dapat dibengkokkan dan diluruskan kembali tanpa mengalami kerusakan.

6.4 Tulangan

Baja tulangan harus bebas dari kotoran, minyak, lemak atau bahan-bahan organik lainnya yang bisa mengurangi lekatan dengan beton atau yang dapat menimbulkan kerugian lainnya. Pengaruh karat, kerak, atau gabungan dari keduanya terhadap ukuran, berat minimum, serta sifat-sifat fisik yang dihasilkan melalui pengujian benda uji dengan sikat kawat, tidak memberikan nilai yang lebih kecil dari yang disyaratkan.

6.4.1 Persyaratan bahan

Jenis baja tulangan dan perlengkapannya harus sesuai dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a) baja tulangan berbentuk anyaman dari kawat yang memenuhi persyaratan AASHTO M 35-81, atau AASHTO M 221-81 untuk tulangan dari kawat baja berulir;
- b) anyaman batang baja yang memenuhi AASHTO M 54-81;
- c) batang tulangan harus memenuhi persyaratan AASHTO M 42-81 dan AASHTO M 53-81.

6.4.2 Pemasangan tulangan

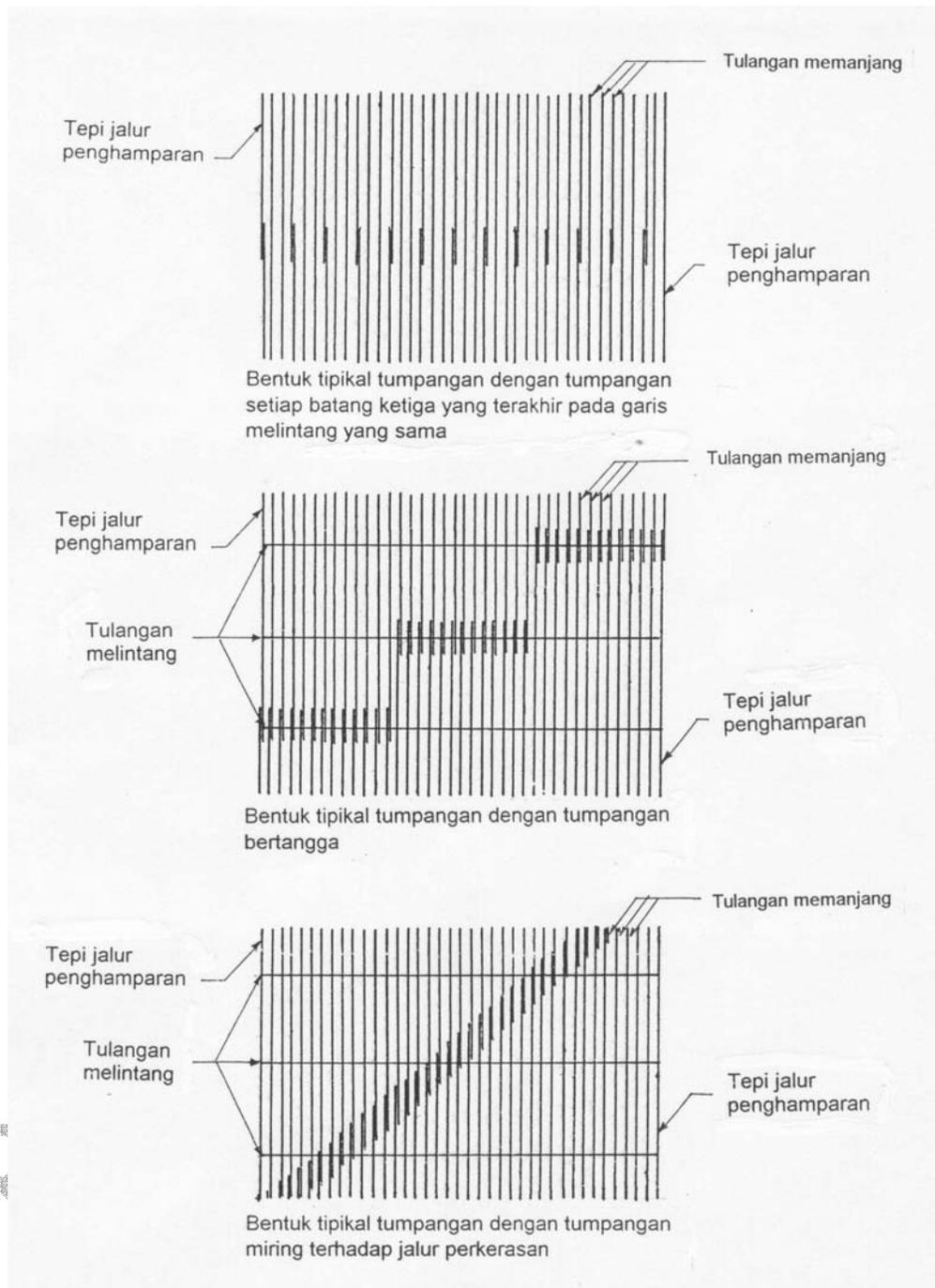
Beberapa hal yang harus diperhatikan pada pemasangan tulangan adalah sebagai berikut :

- a) pada perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan, tulangan harus terdiri atas anyaman kawat di las atau anyaman batang baja;

Lebar dan panjang anyaman kawat atau anyaman batang baja harus diatur sedemikian rupa, sehingga pada waktu anyaman tersebut dipasang, kawat/batang baja yang paling luar terletak 7,5 cm dari tepi/sambungan pelat.
- b) batang-batang baja pada setiap persilangan harus diikat kuat. Batang-batang baja yang disambung, bagian ujung-ujungnya harus berimpit dengan panjang tidak kurang dari 30 kali diameternya.



- c) anyaman batang baja yang dibuat di pabrik dengan cara mengelas pada tiap persilangan batang-batang tersebut, bagian ujung-ujung batang memanjang harus berimpit dengan panjang minimal 30 kali diameternya;
Pola anyaman harus sedemikian rupa sehingga batang-batang baja harus mempunyai jarak tidak kurang dari 5 cm.
- d) ujung lembar anyaman kawat baja harus ditumpang tindihkan sebagaimana yang tercantum pada Gambar Rencana. Lembar anyaman harus diikat kuat untuk mencegah pergeseran;
- e) apabila pelat (slab) dibuat dengan dua kali pengecor, maka permukaan lapis pertama harus rata dan terletak pada kedalaman tidak kurang dari 5 cm di bawah permukaan akhir pelat. Tulangan ditempatkan di atas lapis pertama pengecoran;
Penghamparan lapisan pertama harus mencakup seluruh lebar pengecoran dengan panjang yang cukup untuk memungkinkan agar anyaman dapat digelar pada posisi akhir tanpa terjadi kelebihan penulangan yang terlalu jauh. Untuk mencegah pergeseran, anyaman tulangan yang berdampingan harus diikat;
Dalam pengecoran lapisan berikutnya, adukan dituangkan di atas tulangan. Untuk jangka waktu tertentu permukaan beton lapis pertama tidak boleh dibiarkan terbuka lebih dari 30 menit, terutama pada keadaan cuaca panas atau berangin.
Selama penghamparan pemasangan tulangan harus selalu diperiksa dan apabila dipandang perlu harus dilakukan perbaikan.
- f) pada perkerasan beton semen menerus dengan tulangan, maka tulangan harus dipasang sedemikian dengan kedalaman selimut beton adalah $\frac{1}{4}$ tebal pelat + 2,5 cm dan tulangan melintangnya tidak boleh terletak di bawah tengah-tengah tebal pelat.
Pada beton dengan penghamparan satu lapis, tulangan harus diletakkan pada dudukan agar pada saat pengecoran tulangan tersebut dapat ditahan pada posisi yang telah ditentukan;
Bahaya kerusakan sambungan tulangan pada umur muda dapat dikurangi dengan cara mengatur pola sambungan secara miring atau bertangga dari satu tepi perkerasan ketepi lainnya seperti terlihat pada Gambar 1.
Batang baja yang disambung, bagian ujungnya harus berimpit satu sama lainnya dengan panjang minimum 30 kali diameternya, tetapi tidak boleh kurang dari 40 cm.



Gambar 1 Pola sambungan

7 Pembetonan

Beton yang dihasilkan harus memenuhi kekuatan sesuai dengan yang ditentukan dalam perencanaan. Kandungan udara harus masih dalam batas yang dianjurkan sesuai dengan ukuran agregat dan daerah di mana beton akan digunakan. Beton harus mempunyai faktor air semen yang tidak lebih besar dari yang dianjurkan untuk mengatasi kondisi lingkungan yang mungkin terjadi.

7.1 Sifat-sifat beton semen

Campuran beton yang dibuat untuk perkerasan beton semen harus memiliki kelecakan yang baik agar memberikan kemudahan dalam pengerjaan tanpa terjadi segregasi atau blinding dan setelah beton mengeras memenuhi kriteria kekuatan, keawetan, kedap air dan keselamatan berkendara.

- a) kadar air dan kandungan udara;
Kadar air harus dijaga serendah mungkin (dalam batas kemudahan kerja) untuk mendapatkan beton yang padat dan awet dengan kandungan udara yang sesuai dengan persyaratan.
- b) mutu agregat;
Untuk mendapatkan kualitas beton yang diinginkan mutu agregat harus tetap dijaga.
- c) bahan tambah (*Admixtures*);
Bahan tambah baru boleh digunakan hanya apabila sudah dilakukan penilaian dan pengujian lapangan yang teliti.
- d) kekesatan.
Faktor air semen yang rendah sangat membantu dalam mempertahankan kekesatan permukaan perkerasan beton.

7.2 Bahan beton semen

7.2.1 Sumber bahan

Bahan yang digunakan harus berasal dari sumber yang telah diketahui dan dibuktikan telah memenuhi persyaratan dan ketentuan dalam pedoman ini, baik mutu maupun jumlahnya. Bila kondisi setempat tidak memungkinkan, maka dapat dilakukan perubahan/penyesuaian terhadap persyaratan tersebut tanpa mengurangi mutu hasil pekerjaan.

7.2.2 Agregat

7.2.2.1 Persyaratan mutu

Agregat yang digunakan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a) mutu agregat sesuai SK SNI S-04-1989-F;
- b) ukuran maksimum agregat harus $\leq 1/3$ tebal pelat atau $\leq 3/4$ jarak bersih minimum antar tulangan.

7.2.2.2 Cara pengelolaan

- agregat harus dikelola untuk mencegah pemisahan butir, penurunan mutu, pengotoran atau pencampuran antar fraksi dari jenis yang berbeda. Bila bahan mengalami pemisahan butir, penurunan mutu atau pengotoran, maka sebelum digunakan harus diperbaiki dengan cara pencampuran dan penyaringan ulang, pencucian atau cara-cara lainnya

- agregat harus dibentuk lapis demi lapis dengan ketebalan maksimum 1,0 m. Masing-masing lapis agar ditumpuk dan dibentuk sedemikian rupa dan penumpukan lapisan berikutnya dilakukan setelah lapisan sebelumnya selesai dan dijaga agar tidak membentuk kerucut
- agregat yang berbeda sumber dan ukuran serta gradasinya tidak boleh di satukan
- semua agregat yang dicuci harus didiamkan terlebih dahulu minimum 12 jam sebelum digunakan
- waktu penumpukan lebih dari 12 jam harus dilakukan untuk agregat yang berkadar air tinggi atau kadar air yang tidak seragam
- pada waktu agregat dimasukkan ke dalam mesin pengaduk, agregat tersebut harus mempunyai kadar air yang seragam
- agregat halus/pasir harus diperiksa kadar airnya. Volume agregat yang mempunyai kadar air bervariasi lebih dari 5%, harus dikoreksi. Pada penakaran dengan berat, banyaknya agregat setiap fraksi harus ditimbang terpisah. Agregat harus diperiksa kadar airnya, berat agregat yang mempunyai kadar air bervariasi lebih dari 3% harus dikoreksi

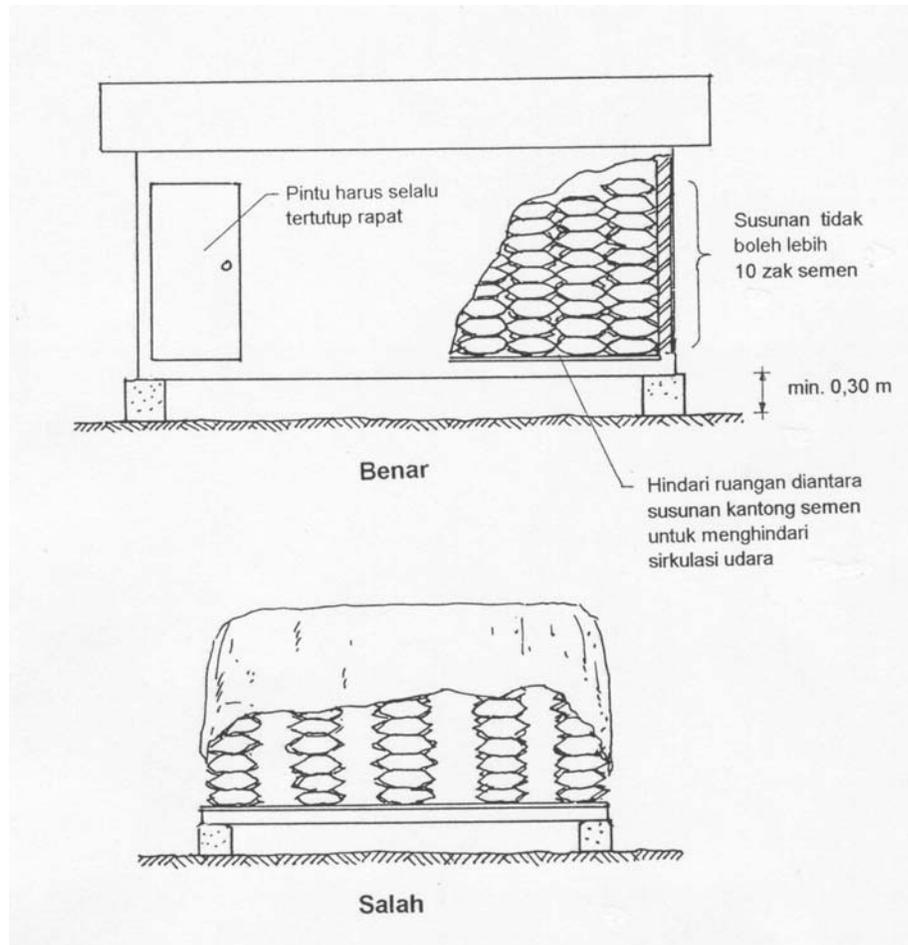
7.2.3 Semen

Semen yang akan digunakan untuk pekerjaan beton semen harus sesuai dengan SNI 15-2049-1994. Semen harus dipilih dan diperhatikan sesuai lingkungan dimana perkerasan digunakan serta kekuatan awalnya harus cukup untuk pemotongan sambungan dan ketahanan abrasi permukaan.

Cara penyimpanan semen harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

- semen disimpan di ruangan yang kering dan tertutup rapat
- semen ditumpuk dengan jarak setinggi minimum 0,30 meter dari lantai ruangan, tidak menempel /melekat pada dinding ruangan dan maksimum setinggi 10 zak semen
- tumpukan zak semen disusun sedemikian rupa sehingga tidak terjadi perputaran udara di antaranya dan mudah untuk diperiksa
- semen dari berbagai jenis/merk harus disimpan secara terpisah sehingga tidak mungkin bertukar dengan jenis/merk yang lain
- semen yang baru datang tidak boleh ditimbun di atas timbunan semen yang sudah ada dan penggunaannya harus dilakukan menurut urutan pengiriman
- apabila mutu semen diragukan atau telah disimpan lebih dari 2 bulan maka sebelum digunakan harus diperiksa terlebih dahulu bahwa semen tersebut memenuhi syarat
- pada penggunaan semen curah, suhu semen harus kurang dari 70 °C

Semen produksi pabrik dalam kantong yang telah diketahui beratnya tidak perlu ditimbang ulang. Semua semen curah harus diukur dalam berat.



Gambar 2 Gudang penyimpanan semen

7.2.4 Air

Air yang digunakan untuk campuran atau perawatan harus bersih dan bebas dari minyak, garam, asam, bahan nabati, lanau, lumpur atau bahan-bahan lain yang dalam jumlah tertentu dapat membahayakan. Air harus berasal dari sumber yang telah terbukti baik dan memenuhi persyaratan sesuai SK SNI S-04-1989-F.

Air harus diukur dalam volume atau berat dengan alat ukur yang mempunyai akurasi 2%. Akurasi alat ukur harus diperiksa setiap hari.

7.2.5 Bahan tambah (*Admixtures*)

Penggunaan bahan tambah dapat dilakukan untuk maksud :

- kemudahan pekerjaan (*workability*) yang lebih tinggi, atau
- pengikatan beton yang lebih cepat, agar penyelesaian akhir (*finishing*), pembukaan acuan dan pembukaan jalur lalu-lintas dapat dipercepat, atau
- pengikatan yang lebih lambat, misalnya pada pembetonan yang lebih jauh

Proporsi bahan tambah dalam campuran harus didasarkan atas hasil percobaan.

Setiap bahan tambah yang digunakan harus memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

- a) SNI 03-2495 –1991 Bahan tambah untuk beton;
- b) SNI 03-2496-1991 Spesifikasi bahan tambah pembentukan gelembung udara;

- c) ASTM C-618 Spesifikasi untuk Fly Ash atau Calcined Natural Pozzolan yang digunakan dalam Beton Semen Portland;
- d) AASHTO M 144-78 Spesifikasi untuk Calcium Chloride.

Beberapa jenis bahan tambah dan kegunaannya seperti diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Jenis dan kegunaan bahan tambah

NO	Jenis	Kegunaan	Maksud
1.	Air Entrainment	Kemudahan pengerjaan kepad air dan keawetan.	Memasukkan gelembung udara (0,03 - 0,08 mm) secara merata ke dalam beton.
2.	Water Reducer	Mempertahankan slump dan kemudahan pengerjaan.	Mengurangi penggunaan air dan semen.
3.	Retarder	Menyesuaikan waktu pelaksanaan pembetonan.	Memperlambat waktu pengikatan.
4.	Accelerator	Kuat awal tinggi dalam waktu relatif singkat. Tidak boleh digunakan bersamaan dengan " Air Entrainment". Sering mengandung Calcium Chlorida yang menimbulkan korosi dan reaksi alkali-agregat. Catatan : Lebih aman bila digunakan : - Semen kuat awal tinggi. - Beton mutu tinggi. - Pemanasan uap.	Mempercepat waktu pengikatan.
5.	Plasticizer	Meningkatkan kemudahan dan mutu pengerjaan (workability).	Bila proporsi campuran dan bentuk agregat kurang baik, adukan kurang "workable". Bila jarak tulangan rapat.
6.	Lain-lain Pozolan	Mengendalikan suhu dalam beton dan mencegah reaksi alkali-agregat.	Beton masif (mutu dan cara uji semen pozolan sesuai dengan SII 0132-75).

7.3 Penentuan proporsi campuran beton semen

Penentuan proporsi campuran awal diperoleh berdasarkan perhitungan rancangan dan percobaan campuran di laboratorium. Proporsi rencana campuran akhir harus didasarkan pada percobaan penakaran skala penuh pada awal pekerjaan.

Apabila ketentuan kadar semen minimum diterapkan, maka disarankan untuk menggunakan semen minimum 335 kg/cm^3 , kecuali bila pengalaman setempat menunjukkan bahwa nilai tersebut dapat diturunkan.

Disarankan kuat tarik lentur beton yang ditentukan untuk tujuan perencanaan dan keawetan pada umur 28 hari tidak boleh lebih kecil dari 4 MPa (40 kg/cm^2).

Bila dalam perencanaan dimasukkan parameter lain dari beton, maka kebutuhan semen per m^3 beton berdasarkan metoda semen minimum, harus dinaikkan atau diturunkan berdasarkan pengalaman. Dalam hal apapun kadar semen tidak boleh lebih kecil dari 280 kg/m^3 .

7.4 Pengadukan beton semen

7.4.1 Unit penakaran (*Batching Plant*)

Unit penakaran terdiri atas bak-bak atau ruangan-ruangan terpisah untuk setiap fraksi agregat dan semen curah. Alat ini harus dilengkapi dengan bak penimbang (*weighting hoppers*), timbangan (*scales*) dan pengontrol takaran (*batching controls*).

Semen curah harus ditimbang pada bak penimbang yang terpisah, dan tidak boleh ditimbang kumulatif dengan agregat.

Timbangan harus cukup mampu untuk menimbang bahan satu adukan dengan sekali menimbang.



Alat penimbang harus dapat menimbang semua bahan secara teliti.

Ketelitian timbangan harus diperiksa sebelum digunakan dan secara berkala selama pelaksanaan.

7.4.2 Pengukuran dan penanganan bahan

Beberapa hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut :

- a) semen curah maupun semen kemasan dapat digunakan, asalkan menggunakan cara penakaran yang sama. Semen yang berbeda merek tidak boleh digunakan pada pencampuran yang bersamaan. Semen harus ditimbang dengan penyimpangan maksimum 1%. Apabila digunakan semen kemasan, maka jumlah semen dalam satu adukan beton harus merupakan bilangan bulat dalam zak;
- b) agregat ditimbang dengan penyimpangan maksimum 2 %;
- c) air pencampur dapat ditakar berdasarkan volume atau berat. Toleransi penakaran maksimum 1%;
- d) bahan tambah yang digunakan harus dicampur ke dalam air sebelum dituangkan ke dalam mesin pengaduk. Bahan tambah dapat ditakar dalam berat atau volume, dengan toleransi penakaran maksimum 3%. Bila digunakan bahan tambah pembentuk udara (air entraining admixture) bersamaan dengan bahan kimia, maka masing-masing bahan tambah harus ditakar dan ditambahkan kedalam adukan secara terpisah;
- e) abu terbang (*fly ash*) atau pozolan lainnya harus ditakar dalam berat dengan batas ketelitian 3 %.

7.4.3 Cara pengadukan beton semen

Pengadukan beton semen merupakan bagian paling penting dari tahapan-tahapan, harus menghasilkan beton semen yang homogen, seragam dan ekonomis. Untuk memperoleh hasil yang seperti itu, pemilihan tipe alat dan pengoperasiannya harus dilakukan secara tepat, demikian juga penempatan alat pengaduk dan material bahan campuran beton.

Bahan tambah yang berupa cairan harus dicampur ke dalam air sebelum dituangkan ke dalam mesin pengaduk. Seluruh air campuran harus sudah dimasukkan ke dalam mesin pengaduk sebelum seperempat masa pengadukan selesai.

Lama waktu pencampuran (*mixing time*) yang diperlukan ditetapkan dari hasil percobaan campuran. Waktu pencampuran tidak boleh kurang dari 75 detik, kecuali ada data untuk mencampur minimum 60 detik.

Apabila digunakan beton siap campur (*Ready-mixed Concrete*), pelaksanaan pencampuran beton harus sesuai dengan persyaratan Pd. S-02-1996-03.

7.4.3.1 Cara masinal

Dalam mengerjakan pengadukan beton sebaiknya digunakan peralatan yang telah memenuhi semua persyaratan yang bisa dikendalikan secara otomatis, baik dalam hal penimbangan atau penakaran material maupun pengadukannya.

Mesin pengaduk harus dilengkapi dengan petunjuk dari pabrik yang menyatakan kapasitas dan jumlah putaran per menit yang dianjurkan.

7.4.3.2 Cara semi masinal

Apabila cara masinal tidak bisa dilaksanakan sepenuhnya, pengadukan beton dapat dikerjakan dengan cara semi masinal, yaitu dengan peralatan atau mesin yang tidak sepenuhnya bisa dikendalikan secara otomatis (beton molen). Kondisi pelaksanaan seperti ini harus disertai dengan pengawasan yang lebih baik.

7.4.3.3 Cara manual

Untuk pekerjaan bagian-bagian tertentu dengan jumlah kecil atau dalam hal kondisi darurat, pengadukan dengan tangan (*hand mixing*) menggunakan sekop dan cangkul boleh dilakukan.

7.5 Pengangkutan adukan beton

Pengangkutan adukan beton ke lokasi pengecoran dapat menggunakan antara lain : *tipping trucks*, *truck mixers* atau *agitators*, sesuai dengan pertimbangan ekonomis dan jumlahnya beton yang diangkut. Pengangkutan harus dapat menjaga campuran beton tetap homogen, tidak segregasi, dan tidak menyebabkan perubahan konsistensi beton.

Apabila beton diangkut dengan peralatan yang tidak bergerak (*non-agitating*), rentang waktu terhitung mulai semen dimasukkan ke dalam mesin pengaduk hingga selesai pengangkutan ke lokasi tidak boleh melebihi 45 menit untuk beton normal dan tidak boleh melebihi 30 menit untuk beton yang memiliki sifat mengeras lebih cepat atau temperatur beton $\geq 30^{\circ}$ C. Apabila digunakan *truck mixers* atau *truck agitators*, rentang waktu pengangkutan dapat diijinkan hingga 60 menit untuk beton normal tetapi harus lebih pendek lagi jika untuk beton yang mengeras lebih cepat atau temperatur beton $\geq 30^{\circ}$ C.

7.6 Pengecoran, penghamparan, dan pemadatan

7.6.1 Pengecoran

Pengecoran beton harus dilakukan secara hati-hati agar tidak terjadi segregasi. Tinggi jatuh adukan beton harus diperhatikan antara 0,90 m – 1,50 m tergantung dari konsistensi adukan.

Apabila dalam pengecoran digunakan mesin pengaduk di tempat, penuangan adukan beton dapat dilakukan menggunakan baket (*bucket*) dan talang. Untuk beton tanpa tulangan adukan beton dapat dituangkan di atas permukaan yang telah disiapkan di depan mesin penghampar. Harus diusahakan agar penumpahan adukan beton dari satu adukan ke adukan berikutnya berlangsung secara berkesinambungan sebelum terjadi pengikatan akhir (*final setting*).

7.6.2 Pengecoran pada cuaca panas

Bila pelaksanaan perkerasan dilakukan pada cuaca panas dan bila temperatur beton basah (*fresh concrete*) di atas 24° C, pencegahan penguapan harus dilakukan. Air harus dilindungi dari panas sinar matahari, dengan cara melakukan pengecatan tanki air dengan warna putih dan mengubur pipa penyaluran atau dengan cara lain yang sesuai. Temperatur agregat kasar diturunkan dengan menyemprotkan air. Pengecoran beton harus dihentikan bila temperatur beton pada saat dituangkan lebih dari 32° C.

Kehilangan kadar air yang cepat dari permukaan perkerasan akan menghasilkan kekakuan yang lebih awal dan mengurangi waktu yang tersedia untuk menyelesaikan pekerjaan akhir. Dalam keadaan seperti ini tidak diperbolehkan menambahkan air ke permukaan pelat. Pada kondisi yang sangat terpaksa berkurangnya kadar air bisa diimbangi dengan melakukan pengkabutan.

7.6.3 Penghamparan

Ada dua metoda penghamparan beton semen.

a) metoda menerus;

Pada metoda ini beton dicor secara menerus. Sambungan-sambungan melintang dapat dibuat ketika beton masih basah atau dengan cara digergaji sebelum retak susut terjadi.

b) metoda panel-berselang.

Pada metoda ini beton dicor dengan sistem panel-panel berselang. Panel-panel yang kosong di antara panel-panel yang sudah dicor, pengecorannya dikerjakan setelah 4 – 7 hari berikutnya.

Pada pekerjaan besar harus disediakan penghampar jenis dayung (*paddle*) atau ulir (*auger*), atau ban berjalan, maupun jenis wadah (*hopper*) dan ulir, kecuali apabila digunakan penghampar acuan gelincir. Pada mesin penghampar acuan gelincir, peralatan penghampar biasanya sudah menyatu. Semua peralatan harus dioperasikan secara seksama. Pada pekerjaan yang lebih kecil, penghamparan dapat dilakukan dengan cara manual.

Beton harus dihampar dengan ketebalan yang sesuai dengan tipe dan kapasitas alat pemadat.

Apabila perkerasan beton menggunakan tulangan, pemasangan tulangan harus diperkuat oleh dudukan kemudian beton dicor dan dipadatkan dari atas.

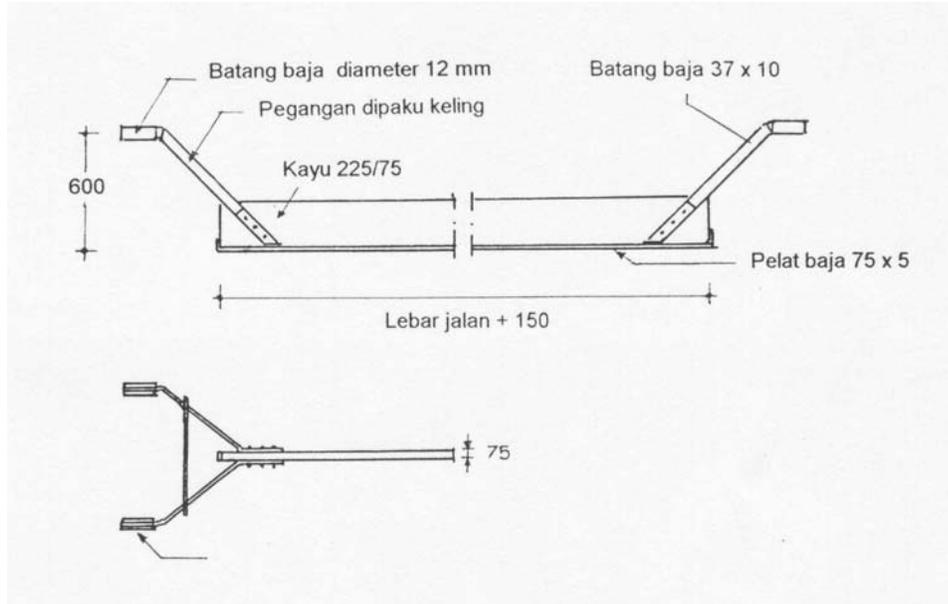
7.6.4 Pemadatan

Adukan beton harus dipadatkan dengan sebaik-baiknya. Ada dua metoda untuk memadatkan beton yaitu : pemadatan dengan tangan dan pemadatan dengan getaran.

a) pemadatan dengan tangan (*hand tamping*);

Alat ini biasanya digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan kecil. Alat ini dapat dibuat dari balok kayu berukuran 22,5 x 7,5 mm² dengan panjang sesuai lebar jalur yang dicor. Bagian bawah tepi balok kayu diperkuat dengan pelat besi tebal 5 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 3.

Untuk memadatkan beton, mula-mula alat ini dipasang mendatar di atas permukaan beton, kemudian diangkat dan dijatuhkan secara berulang-ulang. Setelah pemadatan selesai, alat ini bisa sekaligus dipakai untuk meratakan dan merapikan permukaan beton.



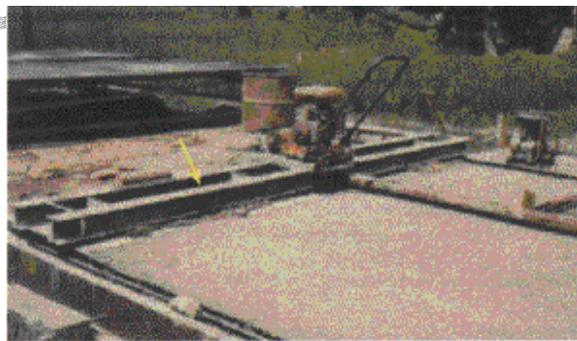
Gambar 3 Tipikal alat pemadat tangan (*Hand Tamping*)

- b) pemadatan dengan getaran yang dioperasikan dengan tangan (*Hand-operated vibrating beam*).

Alat ini berupa balok yang bertumpu di atas acuan-acuan samping. Kepadatan beton dicapai dengan menggetarkan satu unit balok penggetar yang dioperasikan secara manual seperti diperlihatkan pada Gambar 4.

Sebagai tambahan untuk pemadatan bagian-bagian tepi atau sudut, dapat digunakan alat pemadat yang dibenamkan ke dalam beton (*immersion vibrator*). Pemadatan beton harus dihentikan sebelum terjadi bliding (*bleeding*) pada permukaan beton, dan harus sudah selesai sebelum pengikatan awal terjadi.

Untuk daerah di sekitar ruji dan dudukan, pada tepi-tepi dan sudut-sudut sekitar fasilitas drainase, dan pada pelat-pelat tidak beraturan, pada jalan masuk dan persimpangan, diperlukan penanganan khusus untuk mencapai kepadatan yang baik.

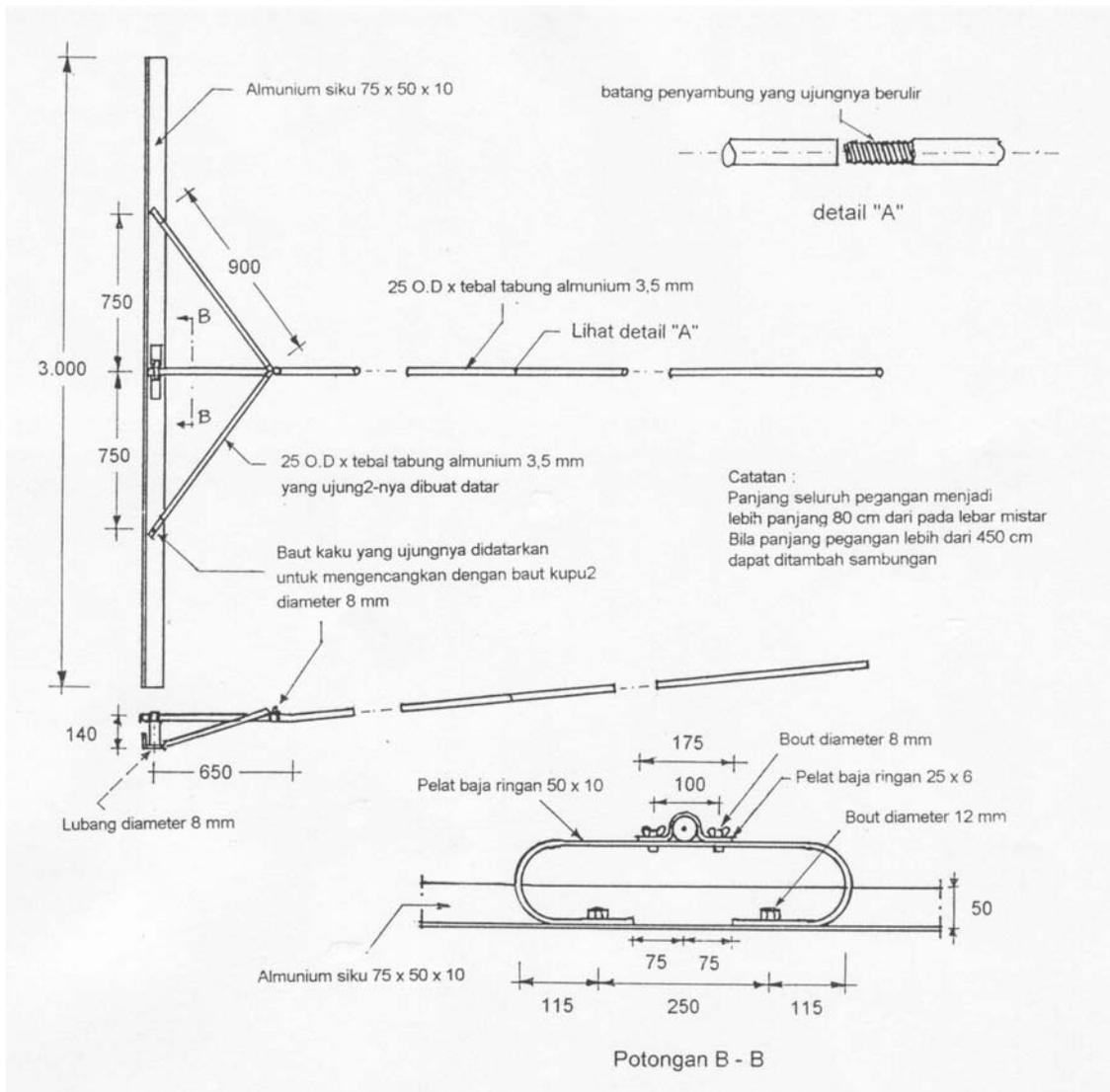


Gambar 4. Pemadat dengan getaran yang dioperasikan dengan tangan (*hand-operated vibrating beam*)

7.7 Pembentukan tekstur permukaan

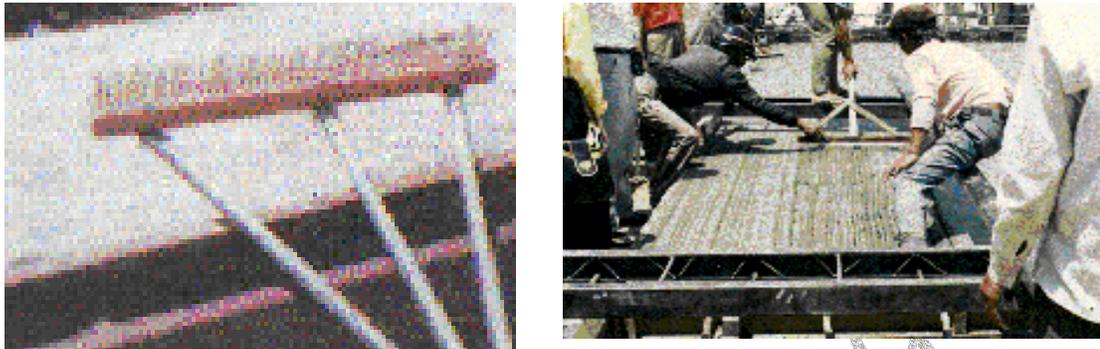
7.7.1 Penyelesaian akhir perkerasan beton semen

Setelah beton dipadatkan, permukaan beton harus diratakan dan dirapikan dengan alat perata. Tipikal alat perata ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Tipikal alat penyelesaian akhir permukaan beton semen

Beton yang masih dalam keadaan plastis diberi tekstur untuk memberikan kekesatan permukaan. Permukaan yang kasar bisa dicapai dengan beberapa cara. Ini termasuk penarikan karung goni (*burlap*), penyikatan dengan kawat atau paku dan pembuatan alur, seperti diperlihatkan pada Gambar 6 a dan 6b.



(a) (b)
Gambar 6 Alat dan pembuatan tekstur permukaan dengan sikat kawat

7.7.2 Penarikan *burlap* (sejenis karung goni)

Tekstur yang dibuat dengan cara penarikan burlap cocok untuk jalan dengan kecepatan lalu lintas rendah.

Cara ini dilakukan dengan menarik lembar burlap pada arah memanjang permukaan perkerasan. Sebagai contoh burlap yang terdiri dari 4 lapis dan berat sekitar 340 gr/m² dapat menghasilkan tekstur dengan kedalaman sekitar 1,5 mm. Biasanya untuk mendapatkan tekstur permukaan yang memuaskan diperlukan penarikan burlapi dua kali, dimana penarikan pertama untuk pembuatan tekstur awal dan yang berikutnya untuk pembuatan tekstur permukaan akhir.

Burlap harus dijaga agar selalu lembab dan bersih sepanjang hari.

7.7.3 Penyapu/penyikat melintang

Penyapu/penyikat cocok untuk jalan dengan kecepatan lalu-lintas yang rendah maupun yang tinggi di daerah yang peka terhadap kebisingan. Penyikat bisa dikerjakan dengan cara manual atau mekanis yang akan menghasilkan tekstur permukaan yang seragam sampai kedalaman 1,5 mm seperti diperlihatkan pada Gambar 6a.

Penyikatan biasanya dilakukan dalam arah melintang.

Sikat harus terbuat dari kawat kaku dan lebar sikat tidak boleh kurang dari 45 cm. Sikat harus terdiri dari dua baris dengan jarak 2 cm dari sumbu ke sumbu, masing-masing baris terdiri dari beberapa ikatan kawat dengan jarak antar ikatan 1 cm, yang setiap ikatan terdiri dari 14 kawat. Letak ikatan kawat harus dipasang secara zigzag. Panjang kawat 10 cm dan harus diganti apabila panjangnya menjadi 9 cm.

7.7.4 Pembuatan alur-dalam pada arah melintang

Pembuatan alur harus didahului oleh penarikan karung goni, yang terakhir diikuti pembuatan alur dengan sisir kawat. Ukuran penampang kawat 0,6 mm x 3 mm dengan panjang 12,5 cm dan jarak antar kawat 2 cm dalam arah memanjang serta 2,5 cm untuk arah melintang yang dipasang secara acak.

Lakukan penggoresan sampai kedalaman alur mencapai 3 mm – 6 mm. Untuk mendapatkan alur yang lurus dan dilaksanakan secara manual, penggoresan harus dilakukan dengan bantuan mistar pelurus (*straightedge*).

7.8 Perlindungan dan perawatan

7.8.1 Perlindungan

Setelah beton dicor dan dipadatkan, hingga berumur beberapa hari, beton harus dilindungi terhadap kerusakan yang disebabkan oleh faktor lingkungan.

a) pencegahan retak susut plastis;

Retak susut plastis adalah retak yang terjadi pada permukaan beton basah dan pada saat masih plastis.

Penyebab utama dari retak tipe ini adalah pengeringan permukaan beton yang terlalu cepat yang dipengaruhi oleh kelembaban relatif, temperatur beton dan udara serta kecepatan angin.

Tingkat penguapan akan sangat tinggi bila kelembaban relatif kecil, temperatur beton lebih tinggi dari temperatur udara, dan bila angin bertiup pada permukaan beton. Bilamana terjadi kombinasi panas, cuaca kering dan angin yang kencang akan mengakibatkan hilangnya kelembaban yang lebih cepat dibandingkan dengan pengisian kembali rongga oleh proses aliran air. Pengeringan yang cepat juga terjadi pada cuaca dingin, jika temperatur beton pada saat pengecoran adalah lebih tinggi dari pada temperatur udara.

Jika laju penguapan air lebih dari $1,0 \text{ kg/m}^2$ per jam, pencegahan harus dilakukan untuk menghindari terjadinya retak susut plastis. Besarnya laju penguapan dapat diestimasi dengan menggunakan nomogram seperti diperlihatkan pada Gambar 7.

Prosedur untuk meminimalkan retak akibat susut plastis :

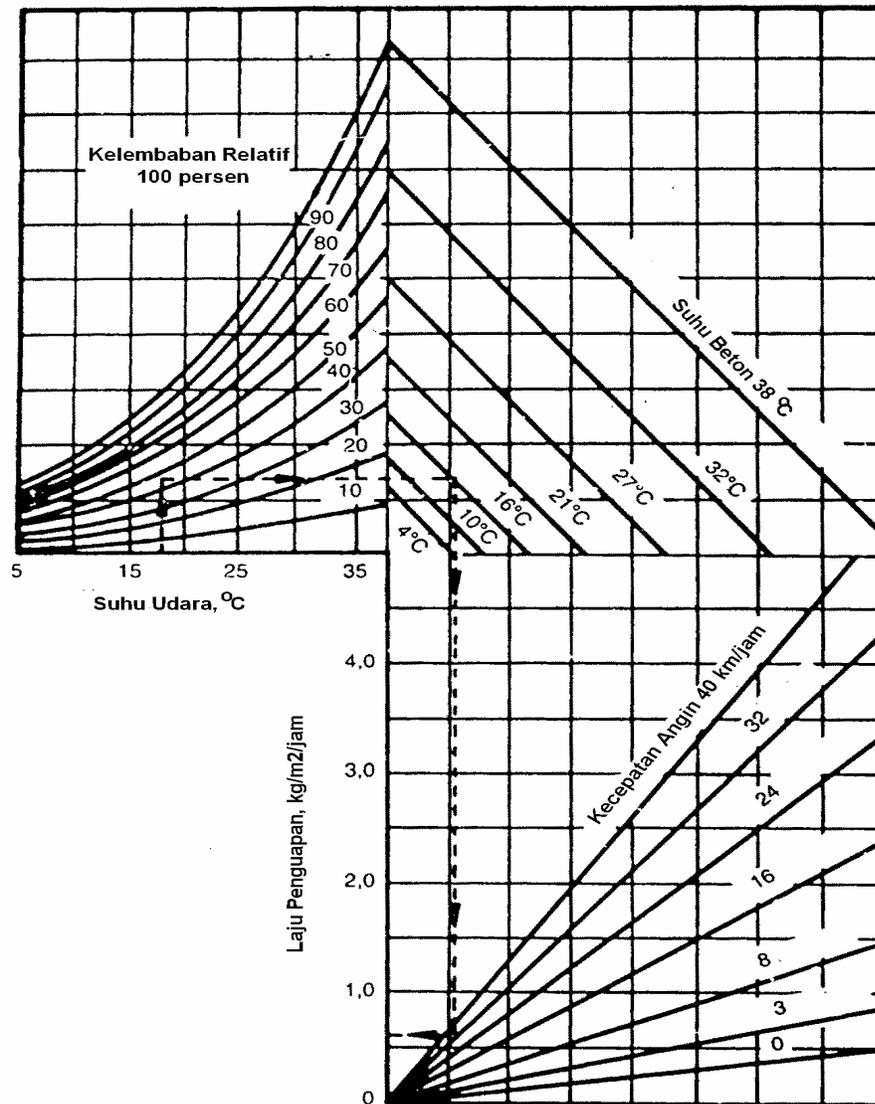
- buat pelindung angin untuk mengurangi pengaruh angin dan atau sinar matahari terhadap permukaan beton semen
- kendalikan perbedaan temperatur yang berlebihan antara beton dan udara baik cuaca panas maupun dingin
- hindari keterlambatan penyelesaian akhir setelah pengecoran beton
- rencanakan waktu antara pengecoran dan permulaan perawatan dengan memperhatikan prosedur pelaksanaan, apabila terjadi keterlambatan, lindungi beton dengan penutup sementara
- lindungi beton selama beberapa jam pertama setelah pengecoran dan pembuatan tekstur permukaan untuk meminimalkan penguapan

b) perlindungan terhadap hujan;

Untuk melindungi beton belum berusia 12 jam, harus ditutup dengan bahan seperti plastik, terpal atau bahan lain yang sesuai.

c) perlindungan terhadap kerusakan permukaan.

Perkerasan harus dilindungi terhadap lalu-lintas umum dan proyek, dengan pemasangan rambu lalu-lintas, penerangan lampu, penghalang, dan lain sebagainya.



Gambar 7 Nomogram penentuan besar laju penguapan

7.8.2 Perawatan

Perawatan perlu dilakukan dengan seksama karena sangat menentukan mutu akhir beton.

Setelah pelaksanaan akhir dan pengteksturan seluruh permukaan beton harus dirawat. Salah satu perawatan yang baik adalah dengan cara penyemprotan bahan larutan yang sesuai, seperti pigmen putih (*white-pigmented*), bahan dasar resin (*resin-based*) atau bahan dasar karet klorinat (*chlorinated-rubber-base*), selaput kompon yang sesuai dengan ASTM C309. Kompon harus disemprotkan dengan jumlah 0,3 ltr/m² (3,75 m²/ltr) untuk tebal pelat \geq 12,5 cm dan 0,2 ltr/m² (2,5 m²/ltr) untuk tebal pelat < 12,5 cm.

Bidang-bidang tepi perkerasan harus segera dilapisi paling lambat 60 menit setelah acuan dibongkar. Apabila pada masa perawatan terjadi kerusakan lapisan perawatan, maka lapisan perawatan tersebut harus segera diperbaiki.

Metoda perawatan yang lain seperti dengan lembaran plastik putih dapat dilakukan bilamana perawatan dengan selaput kompon tidak memungkinkan.

Penempatan lembaran plastik putih harus dilaksanakan pada saat permukaan beton masih basah. Jika permukaan terlihat kering sebelum beton mengeras, harus dibasahi dengan cara pengkabutan sebelum lembaran plastik tersebut dipasang. Sambungan lembaran penutup harus dipasang tumpang tindih selebar 50 cm dan harus dibebani sedemikian rupa sehingga tetap lekat dengan permukaan perkerasan beton. Lembaran penutup harus dilebihkan pada tepi perkerasan beton dengan lebar yang cukup sehingga dapat menutup sisi samping dari permukaan pelat beton setelah acuan samping dibuka. Lembaran tersebut hendaknya masih berada pada tempatnya selama waktu perawatan.

Penggunaan karung goni yang lembab untuk menutup permukaan beton dapat dipergunakan, lembar penutup harus diletakkan sedemikian rupa sehingga menempel pada permukaan beton, tetapi tidak boleh diletakkan sebelum beton cukup mengeras guna mencegah pelekatan. Penutup harus dipertahankan dalam keadaan basah dan pada tempatnya selama minimal 7 hari.

7.9 Kelandaian yang curam

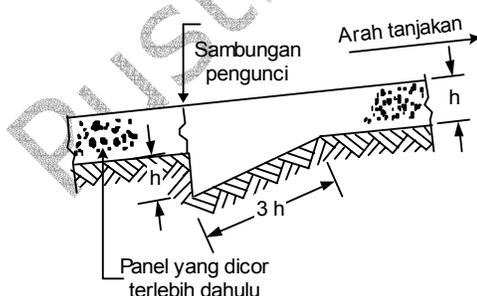
Pada kelandaian yang curam ($> 6\%$) diperlukan alur yang lebih dalam untuk memberikan kekesatan yang lebih tinggi.

Prosedur pelaksanaan seperti yang diuraikan pada Butir 7.1 – 7.9 harus diikuti, dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

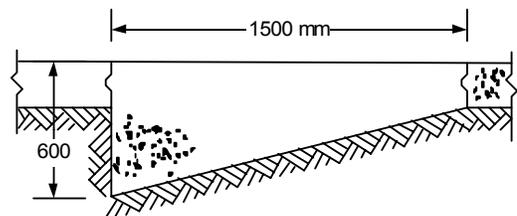
- arah penghamparan perkerasan harus selalu dimulai dari bagian yang rendah;
- pada sambungan melintang lidah alur, balok pembuat alur harus dipasang pada acuan tepi atas dari panel bagian bawah. Balok pembuat alur terlebih dahulu harus dicabut sebelum panel atasnya dicor, untuk mendapatkan sambungan yang kuat;
- harus dibuat angker panel (Gambar 8) dan angker blok (Gambar 9) sesuai keperluan;
- kelecekan dari campuran beton harus disesuaikan dengan kemiringan untuk mengurangi campuran beton mengalir kebawah selama pemadatan.

Penggunaan adukan beton yang kental memerlukan balok penggetar untuk memadatkannya, atau dengan menggunakan pemadat tangan, namun memerlukan usaha yang lebih keras.

Penggunaan metoda panel berselang memungkinkan aliran beton bisa terjadi yang akan menyebabkan naiknya ketinggian pada sambungan dengan pelat sebelumnya. Hal ini bisa diatasi dengan melakukan perataan kembali dari beton yang masih plastis disekitar sambungan dalam waktu 30 menit sejak penyelesaian akhir.



Gambar 8 Angker panel



Gambar 9 Angker blok

7.10 Pembuatan sambungan

Pembuatan sambungan bisa dilaksanakan pada saat beton masih plastis atau dengan melakukan penggergajian untuk pengendalian retak. Teknik penggergajian merupakan cara terbaik saat ini, dan harus dipertimbangkan untuk ruas-ruas jalan utama. Untuk ruas-ruas yang tidak begitu penting teknik pembentukan basah lebih ekonomis.

7.10.1 Sambungan dengan penggergajian melintang

Penggergajian sambungan susut melintang dan memanjang harus dimulai secepat mungkin setelah beton mengeras dan dijamin tidak terjadi pelepasan butir, umumnya 4 jam – 8 jam, tergantung dari hasil uji coba lapangan.

Semua sambungan susut harus digergaji sebelum retak-retak yang tidak dikehendaki terjadi, jika diperlukan pelaksanaan penggergajian, harus dilakukan terus menerus siang malam tanpa memperhatikan cuaca.

Penggergajian dapat dilakukan lebih awal guna menghindari retak acak.

Penggergajian pada sambungan susut melintang harus dihentikan bilamana retak sudah terjadi dekat dengan lokasi sambungan. Umumnya penggergajian sambungan susut harus berurutan pada lajur-lajur yang berurutan.

Lebar dari penggergajian awal untuk sambungan susut melintang dan memanjang tidak lebih dari 3 mm.

Bilamana sambungan akan diberi lapis penutup, bagian atas celah dilebarkan dan dilaksanakan secepat-cepatnya tujuh hari setelah penggergajian awal.

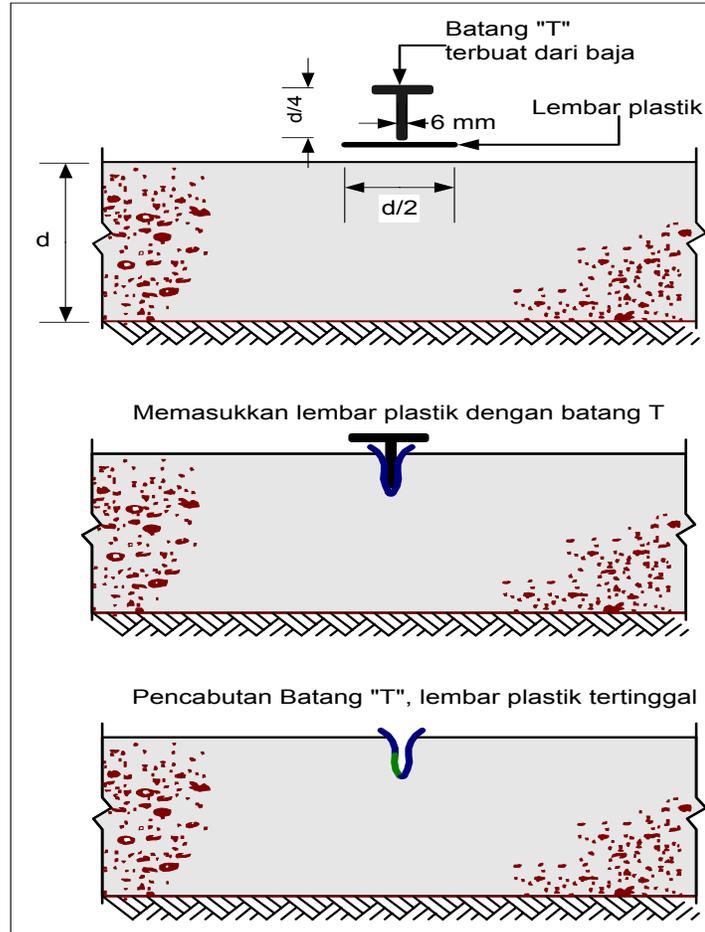
Pelebaran sambungan pelaksanaan memanjang harus dilakukan secepat-cepatnya tujuh hari setelah penghamparan.

Sesegera mungkin setelah penggergajian, celah-celah dari sambungan harus dibersihkan dengan menyemprotkan air bersih dan segera ditutup sementara dengan bahan yang telah direncanakan.

7.10.2 Sambungan basah

Sambungan susut melintang basah dilakukan dengan memasukkan lembaran plastik dengan cara menekan batang berbentuk "T" ke dalam beton yang masih plastis, seperti diperlihatkan pada Gambar 10.

Sambungan susut melintang basah harus diberi penutup.



Gambar 10 Pelaksanaan sambungan susut melintang basah

7.10.3 Penutup sambungan

Permukaan sambungan harus bersih dan bebas dari bahan-bahan lain yang akan melemahkan ikatan dengan bahan penutup. Kerusakan pada permukaan sambungan seperti lepasnya agregat, masuknya material luar yang akan menghalangi pergerakan bebas ketika penutup sambungan ditekan perlu diperbaiki.

Lalu-lintas tidak diperbolehkan lewat pada lajur perkerasan sebelum sambungan diberi bahan penutup permanen atau sementara.

7.10.3.1 Pemasangan penutup sambungan siap pakai

Celah sampai kedalaman dimana penutup sambungan akan dipasang harus dibersihkan. Celah harus dikeringkan dan dibersihkan dengan menggunakan kompresor. Sebelum pemasangan lapis penutup, jika ada kerusakan harus diperbaiki terlebih dahulu.

Sisi-sisi bahan penutup harus diberi lapis pelumas rekat dengan bahan yang sesuai pada ASTM D-2835 dan dimasukkan ke dalam sambungan dengan cara ditekan menggunakan roler yang tidak akan merusak bahan sambungan pada saat pemasangan. Bahan sambungan harus rata, agar tepat masuk ke dalam celah. Pemuluran maksimum bahan penutup setelah pemasangan adalah 10%.

Permukaan bahan penutup harus berada 5 mm - 7 mm di bawah permukaan perkerasan.

7.10.3.2 Pemasangan penutup sambungan dengan pasta dingin

Sebelum sambungan ditutup, celah sambungan harus dilebarkan sesuai dengan ukuran yang diinginkan dan dibersihkan dengan semprotan air yang kuat. Sesaat sebelum pemasangan penutup sambungan, celah sambungan harus dikeringkan dengan menggunakan kompresor.

Bilamana resap ikat diperlukan, maka bisa dilakukan dengan kuas atau penyemprot. Untuk sambungan perkerasan beton pada proyek yang besar penggunaan penyemprot lebih cocok.

Hampir semua bahan resap ikat memerlukan waktu untuk mengering sebelum penutup sambungan dipasang. Setelah pembersihan akhir dan pemberian resap ikat pada sambungan, bahan anti lekat harus dipasang sesuai kedalaman yang cukup untuk memudahkan pemasangan penutup sambungan.

Setelah sambungan diisi dengan bahan penutup, harus diperiksa untuk memastikan tidak terdapat rongga udara, ikatan yang baik serta berpenampilan yang seragam dan rapi.

7.11 Lapis tambah

7.11.1 Persiapan permukaan lapis perkerasan yang ada

Hal yang harus diperhatikan pada permukaan perkerasan yang ada (perkerasan lama) adalah :

- a) lubang, genangan air, kotoran dan benda-benda asing lainnya;
- b) pamping atau rembesan air pada sambungan.

Rongga dapat ditutup dengan menggunakan campuran aspal atau bahan lain yang sesuai.

Pada daerah dimana terjadi kerusakan perkerasan yang cukup parah pada perkerasan atau tanah dasar, harus dilakukan pembongkaran dan diganti dengan material untuk mendapatkan kondisi pondasi permukaan yang memenuhi persyaratan.

Sebelum pelaksanaan lapis tambah persyaratan permukaan seperti yang diuraikan pada Butir 5.2 harus dilaksanakan.

7.11.2 Beton semen di atas beton semen dengan lapis pemisah

Permukaan perkerasan yang ada harus dibersihkan dari benda-benda asing, gompal, penutup sambungan yang lepas, sisa perapihan tambahan atau bahan lain yang dapat mengganggu ikatan antara perkerasan yang lama dengan lapis tambah.

Lapis pemisah seperti lembar kedap air, lapis material berbutir, harus dihamparkan sebelum pekerjaan lapis tambah dilaksanakan.

Pekerjaan yang berhubungan penyiapan, pembetonan, pengadukan, pengangkutan, pengecoran, pembentukan tekstur permukaan, perlindungan dan perawatan, pembuatan sambungan dan pembukaan untuk lalu-lintas mengacu pada Butir 7.1, sampai Butir 7.11.

Pembuatan sambungan lapis tambah beton semen harus pada lokasi yang sama dengan letak sambungan lapis beton semen di bawahnya.

Harus diperhatikan agar sambungan susut atau muai lapis beton semen di bawahnya tetap berfungsi.

7.11.3 Beton semen di atas perkerasan beraspal

Permukaan perkerasan yang ada harus dibersihkan dari benda-benda asing, sisa perapihan tambahan atau bahan lain yang tidak sesuai.

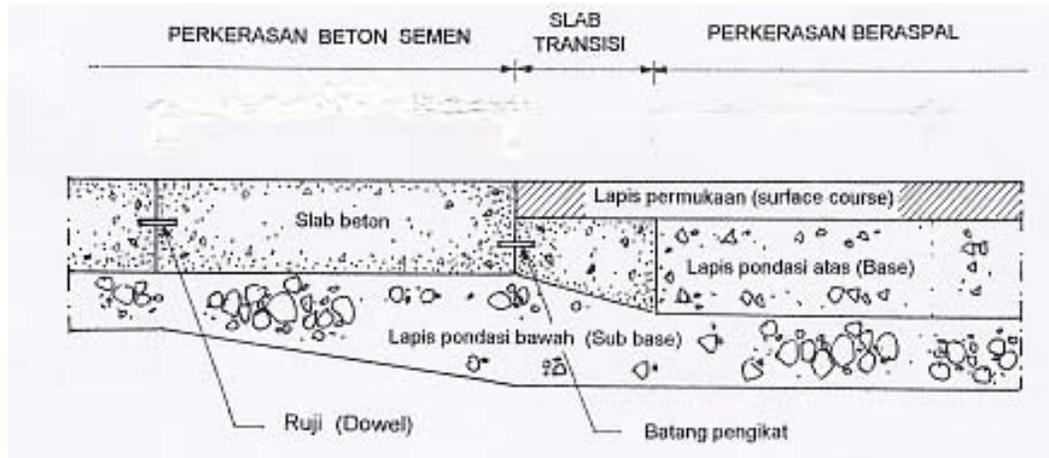
Lapis pemisah seperti lembar kedap air, lapis material berbutir harus dihamparkan sebelum pekerjaan lapis tambah dilaksanakan.



Pekerjaan yang berhubungan penyiapan, pembetonan, pengadukan, pengangkutan, pengecoran, pembentukan tekstur permukaan, perlindungan, perawatan dan pembuatan sambungan mengacu pada Butir 7.1, sampai Butir 7.11.

7.12 Sambungan peralihan antara perkerasan beraspal dan perkerasan beton semen

Guna menghindari penurunan pada bagian perkerasan beraspal, perlu dibuat lapisan transisi pada sambungan peralihan antara perkerasan beraspal dan perkerasan beton semen. Tipikal bentuk sambungan dapat dilihat pada Gambar 11.



Lebar slab transisi :

- 2,0 m untuk sambungan melintang
- 0,6 untuk sambungan memanjang

Gambar 11 Sambungan peralihan antara perkerasan beraspal dan perkerasan beton semen.

7.13 Pembukaan untuk lalu-lintas

Perkerasan harus dilindungi dari kerusakan yang diakibatkan oleh lalu-lintas proyek dengan hanya mengijinkan lalu-lintas tersebut lewat pada perkerasan sampai beton mencapai kekuatan seperti yang tercantum pada Tabel 2.

Lalu-lintas umum tidak diperbolehkan melewati perkerasan sampai kekuatan beton mencapai kekuatan yang memadai seperti pada Tabel 3.

Di daerah yang sangat banyak gangguan atau bilamana diperlukan pembukaan lalu-lintas lebih awal, pertimbangan harus ditujukan pada sistim pelaksanaan yang lebih cepat.

Tabel 2 Kuat tekan minimum untuk pembukaan lalu lintas proyek

Tebal pelat (cm)	Kuat tekan minimum yang diijinkan (f_c) MPa (kg/cm ²)
12,5	27,6 (276)
> 12,5	17,9 (179)

Tabel 3 Kuat tekan minimum untuk pembukaan lalu-lintas umum

Tebal pelat (cm)	Kuat tekan untuk pembukaan lalu lintas umum (f_c) MPa (kg/cm ²)	
	Hanya kendaraan penumpang	Lalu-lintas campuran *
12,5	17,9 (179)	27,6 (276)
> 12,5		17,9 (179)

Catatan:

* Menganggap ada 500 lintasan beban sumbu ekuivalen (ESAL) dalam satu arah antara waktu pembukaan dan waktu beton mencapai kuat tekan rencana (kuat tekan pada 28 hari).

8 Pengendalian mutu

8.1 Kegiatan pengontrolan yang harus dilakukan selama pelaksanaan

Hal-hal utama yang harus dilakukan dalam pengawasan selama pelaksanaan perkerasan beton semen sebagai berikut :

a) pekerjaan awal;

- mempelajari gambar rencana dan spesifikasi
- pemahaman lebih dalam terhadap lokasi proyek, lajur dan kemiringan
- peralatan dan Organisasi Kontraktor
- penentuan tugas dan tanggung jawab
- menentukan pengujian, pencacatan dan laporan yang diperlukan
- peralatan dan fasilitas untuk pemeriksaan, pengujian dan pengendalian

b) bahan;

Semua bahan harus diidentifikasi mengenai sumber, jumlah dan kesesuaian dengan persyaratan, penanganan, penimbangan dan pembuangan bahan yang ditolak. Bahan tersebut meliputi :

- semen
- agregat
- air
- bahan tambah
- tulangan, ruji, dan bahan pengikat
- material perawatan beton
- bahan sambungan

c) perbandingan campuran;

- pengujian agregat meliputi : gradasi, berat jenis, penyerapan, kadar lempung
- data perencanaan campuran meliputi : kadar semen, proporsi agregat, air, rongga udara, kelecakan dan kekuatan
- volume takaran meliputi : ukuran takaran, berat material dalam takaran dan koreksi kadar air agregat



- d) unit penakar / penimbang meliputi;
- pemeriksaan peralatan untuk menimbang dan mengukur : semen, agregat, air dan bahan tambah
 - pemeriksaan peralatan untuk penanganan material, pengangkutan dan skala timbangan
- e) unit pencampur ;
- Pemeriksaan peralatan pencampur, lama waktu pencampuran, alat pengatur waktu dan penghitungan jumlah takaran sebelum pengecoran beton semen ;
- acuan : kecocokan acuan, alinemen, kemiringan dan ruji
 - tanah dasar : kerataan, pemeriksaan permukaan akhir dan kadar air
 - sambungan muai : bahan sambungan, lokasi, alinemen, dudukan dan ruji
- f) pembetonan ;
- persiapan : bahan, perlengkapan peralatan, tenaga kerja dan bahan pelindung cuaca
 - pencampuran : jenis peralatan, konsistensi, kadar udara, pemisahan butir (*segregasi*) dan keterlambatan
 - pengangkutan : batas waktu, pengecekan pemisahan butir dan perubahan konsistensi
 - pengecoran : penempatan adukan, pemisahan butir, tinggi jatuh, penyebaran, pemadatan, penggetaran, penempatan sambungan dan pemeriksaan sambungan
 - penyelesaian akhir : melintang dan memanjang, kelurusan dan kerataan, lingkungan, pengteksturan dan perapihan tepi
 - pembentukan sambungan susut : pembentukan sambungan, alinemen, perapihan tepi dan pemeriksaan permukaan sambungan
- g) setelah pembetonan ;
- waktu pembongkaran acuan : kerusakan agar dihindari
 - perawatan : metoda, peralatan dan bahan, keseragaman, waktu mulai perawatan dan lama waktu perawatan
 - perlindungan : beton basah, hujan, lalu-lintas, cuaca dingin, cuaca panas dan pencatatan temperatur
 - sambungan yang digergaji : peralatan, waktu penggergajian dan pelebaran bagian atas pada sambungan
 - penutup sambungan : peralatan, temperatur, bahan penutup, pembersihan sambungan dan penutupan
 - pemeriksaan permukaan : kelurusan dan kerataan, perbaikan atau penggantian
- h) pengujian beton semen.
- campuran beton basah : pengujian kelecakan (dengan *slump*) dan kadar udara.
 - pengujian kekuatan : pengambilan contoh, pembuatan benda uji, penyimpanan dan perawatan benda uji, pengujian kuat tekan, pengujian kuat tarik lentur, pengambilan contoh inti dan penggergajian perkerasan untuk pengujian kuat tarik lentur.

8.2 Toleransi penyimpangan

- a) kerataan permukaan baik melintang atau memanjang;

Penyimpangan kerataan permukaan, dari garis lurus bisa ditentukan dengan menggunakan mistar perata (*straight edge*) dengan panjang 3 meter.

Toleransi permukaan pada jalan dengan volume lalu lintas ringan untuk jalan perkotaan dengan kecepatan rendah ialah 6 mm, sedangkan untuk kecepatan tinggi 3 mm dengan menggunakan mistar perata 3 meter.

- b) ketebalan.

Perkerasan beton harus dilaksanakan sesuai tebal yang diinginkan. Jika dipandang perlu untuk menentukan ketebalan perkerasan setelah penghamparan, bisa dilakukan dengan mengukur contoh inti (*core drill*) dari perkerasan. Satu bor inti harus diambil dari setiap 140 m² perkerasan yang dihamparkan pada setiap lajur. Masing masing hasil pengeboran harus diukur sesuai dengan ASTM C 174. Penerimaan pekerjaan harus didasarkan pada hasil pengujian contoh inti yang diambil dari pekerjaan yang telah selesai.

Bilamana hasil pengukuran bor inti meragukan diperlukan dua contoh inti tambahan yang diambil dengan jarak 10 meter (satu sebelumnya dan satu lagi sesudahnya) dari lokasi pengambilan bor inti yang pertama, lubang bekas pengeboran harus ditutup kembali dengan sempurna. Pertimbangan yang diperlukan sebagai dasar penerimaan pekerjaan sehubungan dengan toleransi tebal, sesuai dengan spesifikasi yang berlaku.

**Lampiran A
(Informatif)****Daftar nama dan lembaga****1) Pemrakarsa**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kimpraswil

2) Penyusun

Nama	Instansi
Dr. Ir. Furqon Affandi, MSc	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Dr. Djoko Widajat, MSc	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Ir. A. Tatang Dachlan, M.Eng.Sc	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Ir. Roestaman, M.Sc	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Ir. Joko Purnomo, MT	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Ir. Suhaili	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Ir. Kurniadji, MT	Pusat Litbang Prasarana Transportasi
Ir. Eddie Djunaedi	Pusat Litbang Prasarana Transportasi

Bibliografi

1. AUSTRROADS (1992). *Pavement Design. A Guide to the Structural Design of Road Pavements. Design of New Rigid Pavements. Australia.*
2. Canadian Portland Cement Association (CPCA) (unknown). *Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements. Canadian Edition/Metric.*
3. Cement and Concrete Association (unknown). *Lesson 28 : Road construction. Concrete Technology and Construction Practical Applications. Cement and Concrete Association Conference and Training Centre. Fulmer Grange, Fulmer, Slough.*
4. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1978). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Jakarta.*
5. Perrie, B. (unknown) *Low-volume concrete roads. Published by Cement and Concrete Institute. Midrand, South Africa.*
6. Road Research Laboratory (1955). *A. Guide to concrete pavement construction. Department of Scientific and Industrial Research. London.*
7. Road Research Laboratory (1955). *Concrete Roads. Design and Construction Department of Scientific and Industrial Research. London.*
8. Sharp, D.R. (1970). *Concrete in Highway Engineering. International Series of Monographs in Civil Engineering, Volume 4. Pergamon Press. Oxford, New York, Toronto, Sydney, Braunschweig.*
9. US Army Engineer Scholl (1964). *Student Reference Concrete and Rigid Pavement, Section III. US Army Engineer School-Fort Belvoir, Virginia.*
10. Yoder, E.J. And Witczak, MW. (1975). *Principles of pavement design. A Wiley-Interscience publication, John Wiley and Sons Inc., New York-London-Sydney-Toronto.*