

Pd 07 - 2017 - B

SE Menteri PUPR

Nomor : 13/SE/M/2017

Tanggal : 3 Agustus 2017

# PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

---

Pelaksanaan Perkerasan Beton Bertulang Serat



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**

**DAN PERUMAHAN RAKYAT**



MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT  
REPUBLIK INDONESIA

**Kepada Yth.:**

- 1. Para Pimpinan Tinggi Madya di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;**
- 2. Para Pimpinan Tinggi Pratama di Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.**

**SURAT EDARAN  
NOMOR : 13 /SE/M/2017**

**TENTANG  
PEMBERLAKUAN 3 (TIGA) PEDOMAN  
BIDANG JALAN DAN JEMBATAN**

**A. Umum**

Dalam rangka menunjang perencanaan teknis di Bidang Jalan dan Jembatan, serta pembangunan infrastruktur PUPR, perlu memberlakukan 3 (tiga) Pedoman Bidang Jalan dan Jembatan dengan Surat Edaran Menteri PUPR sebagai acuan dalam pelaksanaan pekerjaan bidang jalan dan jembatan, sebagai berikut:

1. Pedoman Perencanaan Teknis Pelat Ortotropik Baja Segmental untuk Lantai Jembatan Rangka Baja (Pd 05 - 2017 - B);
2. Pedoman Spesifikasi Asbuton Butir B 50/30 (Pd 06 - 2017 - B); dan
3. Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Bertulang Serat (Pd 07 - 2017 - B).

**B. Dasar Pembentukan**

1. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);

3. Peraturan Presiden Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);
4. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan;
5. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan;
6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 15/PRT/M/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 05/PRT/M/2017 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 15/PRT/M/2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat;
7. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 20/PRT/M/2016 tentang Organisasi dan Tata Kerja Unit Pelaksana Teknis di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

### **C. Maksud dan Tujuan**

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pimpinan Tinggi Madya di lingkungan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Pimpinan Tinggi Pratama di Direktorat Jenderal Bina Marga, perencana, pelaksana, dan pengawas dalam:

1. Memberikan gambaran yang jelas mengenai perencanaan teknis struktur pelat ortotropik baja untuk para perencana dan pengelola jembatan, baik untuk diterapkan pada jembatan rangka baja baru atau yang ada di lapangan;
2. Menilai mutu asbuton untuk bahan perkerasan jalan;
3. Meningkatkan penggunaan beton semen serat sebagai perkerasan jalan di Indonesia.

### **D. Ruang Lingkup**

Ruang lingkup Surat Edaran ini meliputi pemberlakuan Pedoman sebagai berikut:

1. Pedoman Perencanaan Teknis Pelat Ortotropik Baja Segmental untuk Lantai Jembatan Rangka Baja (Pd 05 - 2017 - B)

Pedoman ini menjelaskan aturan mengenai penentuan geometris dan dimensi elemen sistem lantai; ketentuan tegangan ijin dan respon struktur dibawah beban yang bekerja dari struktur pelat ortotropik baja segmental dengan pengaku dalam arah memanjang sebagai lantai jembatan rangka baja.

2. Pedoman Spesifikasi Asbuton Butir B 50/30 (Pd 06 - 2017 - B)

Pedoman spesifikasi ini dimaksudkan sebagai acuan dalam menilai mutu Asbuton B 50/30 untuk bahan perkerasan jalan dan untuk mendapatkan mutu Asbuton B 50/30 yang memenuhi persyaratan fisik untuk perencanaan dan pelaksanaan lapen, campuran beraspal panas dan hangat serta penetrasi macadam dengan asbuton (lapen asbuton).

3. Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Bertulang Serat (Pd 07 - 2017 - B)

Pedoman ini menetapkan ketentuan tentang bahan, proporsi bahan, pencampuran, pengakutan, penempatan, pekerjaan akhir (*finishing*), pengendalian mutu Beton Bertulang Serat (BBS) atau *Fiber Reinforced Concrete* (FRC) untuk pelaksanaan perkerasan jalan beton cor di tempat.

**E. Penutup**

Surat Edaran ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

**Ditetapkan di Jakarta**  
**pada tanggal 3 Agustus 2017**



Tembusan disampaikan kepada Yth.:

1. Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
2. Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

## Daftar Isi

Daftar Isi .....	I
Pendahuluan.....	VII
1. Ruang Lingkup .....	1
2. Acuan Normatif.....	1
3. Istilah Dan Definisi.....	2
4. Ketentuan Umum .....	4
4.1 Persiapan kerja .....	4
4.1.1 Umum.....	4
4.1.2 Pertemuan sebelum pelaksanaan.....	4
4.1.3 Pengamanan lalu lintas.....	5
4.1.4 Pengembangan gambar pelaksanaan .....	5
4.1.4.1 Survey lokasi .....	5
4.1.4.2 Gambar dan lembar catatan.....	5
4.1.4.3 Detil beton bertulang .....	6
4.1.4.4 Detil sambungan.....	6
4.2 Penyiapan tanah dasar dan lapis fondasi .....	8
4.2.1 Tanah dasar dan lapis fondasi bawah beton kurus .....	8
4.2.2 Lapis fondasi beton kurus .....	8
4.2.3 Penyiapan fondasi bawah dan drainase bawah-permukaan ( <i>sub-surface drainage</i> )	9
5. Persyaratan Bahan.....	10
5.1 Semen Portland.....	10
5.2 Air .....	11
5.3 Agregat .....	11
5.4 Serat ( <i>fibers</i> ) .....	11
5.4.1 Jenis dan dimensi serat .....	11
5.4.2 Komposisi serat untuk beton.....	11
5.4.3 Penyimpanan bahan serat ( <i>storage of fibers</i> ).....	11
5.5 Bahan tambah campuran ( <i>admixtures</i> ) (Rujukan) .....	12
5.5.1 Umum.....	12
5.5.2 Bahan pengurang air ( <i>Water Reducing Admixture, WRA</i> ) atau <i>plasticizers</i> ...	12
5.5.2.1 Tujuan penggunaan bahan pengurangan air .....	12
5.5.2.2 Cara kerja bahan pengurang air .....	13
5.5.3 Peliat super ( <i>super plasticizers</i> ) .....	13
5.5.4 Akselerator ( <i>accelerators</i> ).....	14
5.5.5 Penghambat seting ( <i>set retarders</i> ).....	14
5.5.6 <i>Air-entrained admixtures</i> .....	14
5.6 Bahan tambah mineral ( <i>mineral admixtures</i> ) .....	15
5.7 Lembaran plastik pengurang friksi (membran kedap air) .....	15
5.8 Pemutus Ikatan ( <i>bond breaker</i> ) .....	15
5.9 Baja tulangan .....	16
5.10 Bahan pengisi untuk mortar cepat seting .....	16
5.11 Bahan untuk perawatan beton.....	17
5.12 Bahan untuk penutup sambungan.....	17
5.12.1 Ketentuan bahan penutup sambungan .....	17
5.12.2 Bahan penutup sambungan jenis aspal-karet .....	17
5.12.3 Bahan penutup sambungan silikon .....	17

5.12.4	Bahan penutup sambungan muai ( <i>expansionjoint</i> ) siap pakai ( <i>preformed elastomeric joint seal</i> ).....	18
5.12.5	Bahan Pengisi.....	19
5.12.6	Batang pendukung ( <i>backer rods</i> ).....	19
5.13	Lapis fondasi.....	19
5.14	Lapisdasar agregat ( <i>bedding course</i> ).....	20
5.15	Bahan <i>grouting</i> bawah segmen BBS ( <i>bedding grout</i> ).....	20
6.	Persyaratan Peralatan.....	21
6.1	Peralatan pelaksanaan.....	21
6.2	Acuan tetap ( <i>fixed form</i> ).....	21
6.2.1	Acuan tepi.....	21
6.2.2	Mesin penghampar dan pembentuk ( <i>spreading and finishing machines</i> ) pada acuan tetap 23	
6.2.3	<i>Vibrator</i> (penggetar).....	23
6.2.4	Batang penempa ( <i>screed</i> ).....	24
6.2.5	Alat penyelesaian akhir ( <i>finishing</i> ).....	25
6.3	Acuan gelincir ( <i>slip-form paving system</i> ).....	25
6.3.1	Penyebar ( <i>placer/ spreader</i> ).....	26
6.3.2	Penghampar ( <i>paver</i> ).....	26
6.3.3	<i>Stringline</i> .....	27
6.3.4	Batang mengambang ( <i>tube float</i> ).....	28
6.3.5	Alat pemasang ruji ( <i>Dowelbarinserter, DBI</i> ).....	28
6.3.6	Alat <i>tinging</i> .....	28
6.4	Kendaraan penghantar.....	29
6.5	Pencampur beton siap pakai.....	29
6.6	Gergaji beton.....	30
7.	Persyaratan Campuran.....	31
7.1	Umum.....	31
7.2	Slump.....	31
7.3	Metoda proporsi ( <i>proportioning methods</i> ).....	31
7.3.1	Umum.....	31
7.3.2	Uji metoda proporsi.....	31
7.4	Disain campuran.....	31
7.5	Persyaratan sifat campuran.....	32
7.6	Campuran percobaan ( <i>trial mix</i> ).....	32
8.	Daftar Periksa ( <i>Check Lists</i> ) Pada Proses Penakaran, Pencampuran, Dan Pengiriman33	
8.1	Pemeriksaan operasi unit penakaran ( <i>checking batch plant operation</i> ).....	33
8.2	Pemeriksaan peralatan unit produksi ( <i>batching equipment</i> ).....	33
8.3	Pemeriksaan pencampuran ( <i>Mixing</i> ).....	36
8.3.1	Urutan penambahan bahan serat.....	36
8.3.2	Penyebabserat menggumpal ( <i>causes of fiber balling</i> ).....	36
8.4	Pemeriksaan pengiriman ( <i>delivery</i> ).....	37
8.5	Pemeriksaan campuran beton siap pakai ( <i>ready mix</i> ).....	37
9.	Pelaksanaan.....	37
9.1	Umum.....	37
9.2	Panjang percobaan.....	38
9.3	Pelaksanaan dengan acuan tetap.....	39
9.3.1	Acuan tepi dan alat pengendali elevasi.....	39
9.3.2	Pengecoran beton (dilengkapi).....	39
9.3.3	Pemasangan baja tulangan.....	40
9.3.4	Penyelesaian permukaan dengan mesin.....	40

9.3.5	Penyelesaian permukaan dengan tangan .....	40
9.3.6	Penyetrika ( <i>floating</i> ) .....	41
9.3.7	Memperbaiki permukaan .....	41
9.3.8	Membentuk tepian .....	42
9.3.9	Pembuatan tekstur permukaan ( <i>fining</i> ) .....	42
9.3.10	Elevasi permukaan .....	42
9.3.11	Garis ketinggian permukaan .....	43
9.4	Pelaksanaan dengan acuan bergerak .....	43
9.4.1	Persiapan yang diperlukan pada acuan bergerak .....	43
9.4.2	Alinyemen dan kerataan .....	43
9.4.3	Alinyemen vertikal .....	44
9.4.4	Alinyemen Horizontal .....	44
9.4.5	Kecepatan Penghampar .....	45
9.4.6	Augers .....	45
9.4.7	<i>Vibrator</i> .....	45
9.4.8	Pelepa perata ( <i>floating pan</i> ) .....	46
9.4.9	Penyelesaian akhir ( <i>finishing</i> ) .....	47
9.5	Perawatan ( <i>curing</i> ) .....	50
9.5.1	Perawatan dengan <i>curing membrane</i> .....	50
9.5.2	Perawatan dengan penutup .....	50
9.5.3	Perawatan dengan pembasahan .....	51
9.6	Membongkar acuan .....	51
9.7	Perbaikan .....	51
9.8	Sambungan ( <i>joint</i> ) .....	51
9.8.1	Sambungan memanjang ( <i>longitudinal joints</i> ) .....	51
9.8.2	Sambungan muai ( <i>expansion joints</i> ) .....	51
9.8.3	Sambungan berupa takikan/aluran ( <i>formed joint</i> ) .....	53
9.8.4	Sambungan gergajian ( <i>sawn contraction joints</i> ) .....	53
9.8.5	Alur dan tekstur pada sambungan .....	53
9.8.6	Penutup celah sementara pada sambungan .....	54
9.8.7	Pemasangan bahan penutup yang dituang .....	54
9.8.8	Pemasangan bahan penutup sambungan dengan bahan terkompresi .....	55
9.8.9	Sambungan dengan perkerasan lama .....	55
9.8.10	Koneksi ke segmen BBS sekitarnya .....	58
9.8.11	Pembukaan untuk lalu-lintas .....	58
10.	Pengendalian Mutu .....	58
10.1	Umum .....	58
10.2	Penerimaan bahan .....	59
10.3	Pengawasan .....	59
10.4	Perlindungan terhadap perkerasan .....	59
10.5	Toleransi tebal perkerasan beton .....	59
10.6	Pengambilan contoh ( <i>sampling</i> ) .....	59
10.7	Pengujian untuk sifat kemudahan pengerjaan .....	60
10.8	Pengujian kekuatan .....	60
10.9	Penerimaan segmen BBS .....	60
10.10	Pengujian beton kering .....	60
10.11	Pengujian baja tulangan .....	60
10.12	Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi ketentuan .....	60
10.13	Pembukaan untuk lalu lintas .....	60
	Bibliografi .....	62

Gambar 1 Topi pelindung pemuaian *dowel* (*dowel expansion cup*) pada sambungan kontraksi atau susut .....

Gambar 2	Topi pelindung pemuaian <i>dowel</i> ( <i>dowel expansion cup</i> ) pada sambungan ekspansi	7
Gambar 3	Tipikal sambungan muai <i>dengan dowel</i> (bawah)	7
Gambar 4	Tipikal sambungan muai dengan bantalan beton (bawah)	8
Gambar 5	Dimensi sambungan lidah-alur pada sambungan memanjang	8
Gambar 6	Tipikal penampang melintang fondasi /fondasi bawah berdrainase	10
Gambar 7	Acuan tepi	21
Gambar 8	Acuan tepi siap dirakit	21
Gambar 9	Acuan tetap dari kayu untuk pekerjaan kecil	22
Gambar 10	Foto lengkungan/belokan jalan	22
Gambar 11	Mesin penghampar Acuan Tetap ( <i>Fixed Form Concrete Paver</i> )	23
Gambar 12	- <i>Vibrating screed</i>	24
Gambar 13	<i>Hand operated vibrator</i>	24
Gambar 14	- <i>Roller screed</i>	24
Gambar 15	- <i>Roller screed</i> sedang beroperasi	24
Gambar 16	Pelepa terbuat dari besi kanal (C) untuk <i>finishing (floating)</i>	25
Gambar 17	<i>Straight edge</i>	25
Gambar 18	Pelepa ( <i>floating</i> ) sedang dioperasikan	25
Gambar 19	<i>Tining</i> secara manual	25
Gambar 20	Tipikal skema alat secara tipikal pada acuan gelincir	26
Gambar 21	<i>Placer / spreader</i> besar	26
Gambar 22	<i>Placer / spreader</i> kecil	26
Gambar 23	<i>Placer/spreader</i> menerima beton segar dari dump truk dan menempatkannya di depan penghampar ( <i>paver</i> )	26
Gambar 24	Pemadat ( <i>vibrator spud</i> ) dan ulir ( <i>auger</i> )	27
Gambar 25	Zona overlap pemadat	27
Gambar 26	<i>Profile pan</i> dan acuan tepi ( <i>side form</i> ) pada acuan bergerak	27
Gambar 27	- <i>Stringlined</i> dan kerekkan	28
Gambar 28	- Mesin pemasang ruji	28
Gambar 29	Tipikal alat <i>ining</i>	29
Gambar 30	Alat transportasi di beton terpusat	29
Gambar 31	Alat pencampur beton terpusat	30
Gambar 32	Gergaji beton	30
Gambar 33	Pintu pengontrol pada <i>hopper</i>	34
Gambar 34	Drum tunggal	35
Gambar 35	Drum ganda	35
Gambar 36	Mencegah penggumpalan, serat ditambahkan	36
Gambar 37	Serat menggumpal di atas permukaan	37
Gambar 38	Bagan alir pelaksanaan perkerasan jalan beton semen bertulang serat	38
Gambar 39	Sensor elektronik pada acuan bergerak	44
Gambar 40	Sensor horizontal dan vertikal	44
Gambar 41	Tampak samping mesin acuan bergerak	44
Gambar 42	Panduan Kawat pengendali	44
Gambar 43	Stringline	44
Gambar 44	Auger	45
Gambar 45	Auger dan penyebaran beton	45
Gambar 46	<i>Vibrator</i> terbenam ( <i>Immersion Vibrators</i> )	45
Gambar 47	Bagian bawah acuan bergerak	45
Gambar 48	Posisi <i>Vibrator</i> yang disarankan	46
Gambar 49	Zona vibrasi dalam beton	46
Gambar 50	Goresan <i>vibrator</i> yang tidak bekerja dengan benar	46
Gambar 51	Pelepa perata di bawah mesin penghampar acuan bergerak	46
Gambar 52	Pelepa silinder ( <i>Tube Floats</i> )	47
Gambar 53	Pelepa memanjang	47
Gambar 54	Pelepa bentuk "V" yang ditarik mesin	47
Gambar 55	Roskam tangan ( <i>Hand Trowel</i> ) untuk yang sulit dijangkau mesin	47

Gambar 56 Penekanan alat pelepa (Bull float) .....	47
Gambar 57 <i>Straightedge Finishing</i> .....	48
Gambar 58 <i>Pulling the straightedge – keeping the handle high</i> .....	48
Gambar 59 <i>Pushing the straightedge – keeping the handle low</i> .....	48
Gambar 60 <i>Straight edging behind a longitudinal float</i> .....	48
Gambar 61 Karpét <i>Astroturf</i> yang jatuh bebas di atas beton .....	49
Gambar 62 Karpét <i>Astroturf</i> yang dipasang pada mesin. ....	49
Gambar 63 Karpét <i>Astroturf</i> yang terlipat. ....	49
Gambar 64 Permukaan yang ditekstur dengan alat <i>Tining</i> .....	49
Gambar 65 <i>Mechanical Tining Device</i> .....	49
Gambar 66 - Sambungan kontraksi dengan sealant tuang panas (kiri) dan silicon (kanan).....	53
Gambar 67 Contoh alternatif sambungan mendatar menggunakan angkur blok pada perkerasan beton dengan perkerasan lama (Pd T-05-2004-B).....	56
Gambar 68 Contoh alternatif sambungan panel menggunakan angkur panel pada perkerasan beton dengan perkerasan lama di daerah tanjakan atau penurunan (Pd T-05-2004-B).....	56
Gambar 69 Contoh alternatif sambungan peralihan memanjang laston lama terhadap perkerasan beton baru .....	57
Gambar 70 Contoh alternatif sambungan peralihan dengan penebalan <i>slab</i> . ....	57
Gambar 71 Contoh alternatif sambungan peralihan. ....	57
Gambar 72 Sambungan peralihan perkerasan beton semen baru .....	58
Tabel 1 - Persyaratan bahan penutup jenis silikon .....	17
Tabel 2 - Gradasi agregat lapis dasar (ASTM #89) .....	20
Tabel 3 Kekuatan beton karakteristik .....	32
Tabel 4 -Faktor Bentuk Sambungan.....	53

## Prakata

Pedoman pelaksanaan beton semen bertulang serat (BBS) polimer sintetik merupakan suatu hasil implementasi pada pelaksanaan uji coba skala penuh di Indonesia, melalui monitoring kinerja dan evaluasi aspek-aspek selama pelaksanaan dan operasional pada jalan tersebut. Perkerasan BBS dapat menjadi suatu alternatif karena berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terbukti dapat menghambat penyebaran retak, memiliki daktilitas yang relatif tinggi, dan untuk struktur BBS berbentuk segmen dapat meningkatkan kapasitas lentur daripada beton konvensional. Diharapkan perkerasan BBS dapat dimanfaatkan dan dilaksanakan secara konsisten untuk meningkatkan penggunaan beton semen serat sebagai perkerasan jalan di Indonesia.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Panitia Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subpanitia Teknik Bidang Jalan dan Jembatan 91-01/S2 melalui Gugus Kerja Bidang Bahan dan Perkerasan Jalan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) No. 008 Tahun 2007, Badan Standardisasi Nasional (BSN), dan dibahas dalam forum rapat konsensus pada tanggal 30 April 2014 di Bandung, dengan melibatkan para narasumber, pakar, dan lembaga terkait.

## Pendahuluan

Beton semen Portland dianggap sebagai material yang relatif rapuh pada saat mengalami tegangan tarik, serta beton tanpa perkuatan akan retak dan patah. Sejak pertengahan 1800-an, baja tulangan telah digunakan untuk mengatasi masalah ini. Sebagai sistem komposit, baja tulangan dianggap dapat mengakomodasi semua beban tarik. Bila serat penguat ditambahkan pada campuran beton baik dengan atau tanpa baja tulangan, beton tersebut dapat menambah kapasitas tegangan tarik dari sistem komposit.

Beton bertulang serat (BBS) atau *fiber reinforced concrete (FRC)*, adalah beton yang mengandung semen hidrolis, air, agregat halus, agregat kasar, dan serat terpisah. Beton ini juga berisi pozolan dan *admixtures* lain yang umum digunakan dalam beton konvensional. Dari beberapa literatur penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik (*tensile strength*) beton dapat ditingkatkan sebanyak 5 kali dengan menambahkan serat penguat jenis karbon atau aramid (Hedda Vikan, 2007).

Berbagai bentuk dan ukuran serat, dapat terbuat dari baja, plastik, kaca, dan bahan alami. Untuk tujuan bangunan struktural dan non-struktural, serat baja adalah paling umum digunakan dari semua serat.

Dalam beberapa dekade terakhir, serat (*fiber*) pada umumnya digunakan pada beton tembak (*shotcrete*) dalam beton normal, yaitu untuk kestabilan lereng, dinding terowongan dan pekerjaan struktur lainnya. Pada saat ini, bahan tambah serat pada beton normal digunakan pula untuk perkerasan jalan, lantai kerja, lantai berbagai bagian konstruksi (balok, tangki, fondasi dll), baik tersendiri atau dengan baja tulangan.

BBS dapat dilaksanakan dengan cor di tempat (*cast in place*), baik bersambung dengan/tanpa *dowel*, menerus dengan tulangan atau pracetak.

Professor Kamran M. Nemati (*University of Washington, Spring Quarter 2010*) menerapkan fiber dalam campuran beton semen untuk lembaran tipis beton, sirap, genteng, pipa, bentuk pre-fabrikasi, panel pracetak, beton tembak (*Shotcrete*), tirai dinding, *slabs*, elemen pracetak, komposit deck, brankas, dan struktur tahan tumbukan.

Dalam beton serat terbukti ada peningkatan yang cukup besar pada perilaku pascaretak beton yang mengandung serat. Dibandingkan dengan beton biasa, serat bertulang beton jauh lebih alot (*tough*) dan lebih tahan terhadap tumbukan.

Beton menggunakan serat polimer sintesis yang diperkuat (*fiber reinforced polymer, FRP*) berbentuk batang, termasuk jenis serat makrosintesis dengan diameter lebih besar dari 0,3 mm. Berdasarkan hasil penelitian (Setiati N Retno, Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 2009), sifat-sifat serat makro sintesis tersebut menunjukkan hal-hal sebagai berikut:

- Serat beton dapat menghambat penyebaran retak yang lebih besar, memiliki daktilitas yang sangat tinggi, dan untuk struktur seperti segmen BBS dapat meningkatkan kapasitas lentur.
- Dapat mempertahankan beban setelah retak awal beton.
- Pola keruntuhan beton lebih tahan.
- Menyerap energi lebih besar.
- Lebih efektif digunakan pada struktur dengan luas area yang besar (pelat perkerasan jalan, terowongan, lantai dll).

Berdasarkan hasil uji coba skala penuh di Buntu-Jawa Tengah, panjang segmen BBS cor di tempat dapat dipasang untuk setiap panjang (10-20) meter tanpa baja tulangan, sehingga dapat mengurangi jumlah sambungan antar segmen (Dachlan, A.T. 2010).

# Pelaksanaan perkerasan beton semen bertulang serat (BBS)

## 1. Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan tentang bahan, proporsi bahan, pencampuran, pengangkutan, penempatan, pekerjaan akhir (*finishing*), pengendalian mutu beton bertulang serat (BBS) atau *fiber reinforced concrete* (FRC) untuk pelaksanaan perkerasan jalan beton cor di tempat. BBS merupakan material komposit terbuat dari semen hidrolis, air, agregat halus, agregat kasar, dan potongan-potongan serat polimer sintetik yang didispersikan. Bila diperlukan, BBS dapat dicampur dengan bahan tambah yang umum digunakan untuk beton semen konvensional.

Dalam pedoman ini hanya diuraikan pelaksanaan beton semen cor di tempat yang diperkuat dengan serat polimer sintetik (*fiber reinforced polymer*, FRP) berbentuk batang, tanpa baja tulangan. Serat tersebut berdiameter lebih besar dari 0,3 mm. Panjang segmen BBS cor di tempat ini dapat dipasang untuk panjang (10 - 20) meter.

## 2. Acuan normatif

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

SNI 1972 : 2008, *Cara uji slump beton*

SNI 15-0302, *Semen portlandpozzolan*

SNI 15-2049, *Semen portland*

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

SNI 03-2495, *Spesifikasi bahan tambahan untuk beton*

SNI 03-4432, *Spesifikasi karet spon sebagai bahan pengisi siar muai pada perkerasan beton dan konstruksi bangunan*

SNI 4431-2011, *Metode pengujian kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan*

SNI 03-4433, *Spesifikasi beton siap pakai*

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

SNI 03-4815, *Spesifikasi pengisi siar muai siap pakai untuk perkerasan bangunan beton*

SNI 03-4817, *Spesifikasi lembaran bahan penutup untuk perawatan beton*

SNI 03-6812, *Spesifikasi anyaman kawat baja polos yang dilas untuk tulangan beton*

SNI 03-6817, *Metode pengujian mutu air untuk digunakan dalam beton*

SNI 03-6818, *Spesifikasi bahan kering bersifat semen, cepat mengeras, dalam kemasan untuk perbaikan beton*

Pd T-05-2004-B, *Pelaksanaan perkerasan jalan beton semen*

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

AASHTO M33, *Standard Specification for Preformed Expansion Joint Filler for Concrete.*

AASHTO M 80, *Standard Specification for Coarse Aggregate for Portland Cement Concrete.*

AASHTO M 148, *Standard Specification for Liquid Membrane Forming Compounds for Curing Concrete*

AASHTO M 153, *Preformed Sponge Rubber and Cork Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction.*

AASHTO M194-06, *Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete*

AASHTO M 213, *Pre-formed Expansion Joint Fillers for Concrete Paving and Structural Construction (non-extruding and Resilient Bituminous types).*

AASHTO M220, *Standard Specification for Pre-formed Polychloroprene Elastomeric Joint Seals for Concrete Pavements*

AASHTO T 132, *Tensile Strength of Hydraulic Cement Mortars.*

ASTM C 33-93, *Standard Specification for Concrete Aggregates*

ASTM C 309, *Specification for Liquid Membrane-Forming Compounds for Curing Concrete*

ASTM C 603, *Standard Test Method for Extrusion Rate and Application Life of Elastomeric sealants*

ASTM C 639, *Standard Test Method for Rheological (Flow) Properties of Elastomeric Sealants*

ASTM C 661, *Standard Test Method for Indentation Hardness of Elastomeric-Type Sealants by Means of A Durometer*

ASTM C 679, *Standard Test Method for Tack-Free Time of Elastomeric Sealants*

ASTM C 719, *Standard Test Method for Adhesion and Cohesion of Elastomeric Joint Sealants Under Cyclic Movement (Hockman Cycle)*

ASTM C 793, *Standard test method for effects of laboratory accelerated weathering on elastomeric joint sealants*

ASTM C 1019, *Standard test method for sampling and testing grout.*

ASTM D 98, *Standard specification for calcium chloride*

ASTM D 1640, *Standard test methods for drying, curing, or film formation of organic coatings at room temperature*

ASTM D 2628, *Standard specification for preformed polychloroprene elastomeric joint seals for concrete pavements*

ASTM D 2835, *Standard specification for lubricant for installation of preformed compression seals in concrete pavements*

ASTM D 3405, *Standard specification for joint sealants, hot-applied, for concrete and asphalt pavements.*

ASTM D 4791, *Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate*

ASTM D 5329, *Standard test method for sealants and fillers, hot-applied, for joints and cracks in asphaltic and portland cements concrete pavements.*

ASTM D 5821, *Standard Test Method for Determining The Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate*

### **3. Istilah dan definisi**

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

### 3.1

#### **accelerator**

suatu bahan yang bila dicampurkan ke dalam beton, mortar, atau *grout*, dapat meningkatkan tingkat hidrasi semen hidrolis, memperpendek waktu seting, atau dapat meningkatkan laju pengerasan atau mengembangkan kekuatan

### 3.2

#### **beton bertulang serat (BBS) atau *fiber reinforced concrete (FRC)***

bahan komposit terdiri atas campuran semen, mortar atau beton dengan serat polimer yang terpisah (*discrete*), terdispersi merata dan berorientasi secara acak dalam campuran beton semen

### 3.3

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

sepotong baja ulir yang dipasang pada sambungan memanjang dengan maksud untuk mengikat pelat agar tidak bergerak horizontal (Pd T-05-2004-B)

### 3.4

#### **bahan *grouting (grout)***

- bahan semen kental yang diinjeksikan melalui saluran yang disediakan, dipompakan ke bawah panel untuk mengisi semua rongga (*voids*) atau retakan pada beton semen, sehingga panel disokong sepenuhnya di atas fondasi yang rata
- campuran berbahan semen, air, dan agregat atau tanpa agregat, dalam proporsi tertentu, yang dapat dituangkan tanpa segregasi; campuran ini dapat mengandung abu terbang (*fly ash*), slag, dan bahan tambah. (*American Concrete Institute, ACI*)

### 3.5

#### ***Fiber Reinforced Polymer (FRP)***

serat berbentuk batang, untai kawat (*strand*) terbuat dari serat polimer yang diperkuat

### 3.6

#### **lapisan dasar (*bedding-course*)**

lapisan agregat yang ditempatkan di atas lapis fondasi agregat dan di bawah panel beton agar permukaannya datar sesuai dengan profil yang diinginkan

### 3.7

#### **perawatan (*curing*) beton semen**

tindakan yang diambil untuk mempertahankan kondisi lembab dan temperatur beton semen yang baru ditempatkan, serta memungkinkan terjadi hidrasi semen hidrolis dan reaksi pozolan sehingga sifat beton semen dapat berkembang (*ACI Concrete Terminology*)

### 3.8

#### **perkerasan jalan beton semen**

suatu struktur perkerasan yang umumnya terdiri atas tanah dasar, lapis fondasi bawah dan lapis beton semen dengan atau tanpa tulangan (Pd T-05-2004-B)

### 3.9

#### **rasio aspek serat**

rasio antara panjang dan diameter serat; lihat serat polimer

### 3.10

#### **ruji (*dowel*)**

sepotong baja polos lurus yang dipasang pada setiap jenis sambungan melintang dengan maksud sebagai sistem penyalur beban, sehingga pelat yang berdampingan dapat bekerjasama tanpa terjadi perbedaan penurunan yang berarti (Pd T-05-2004-B)

### 3.11

#### **sambungan lidah-alur**

jenis sambungan pelaksanaan yang sistim pengatur bebannya digunakan hubungan lidah-alur (Pd T-05-2004-B)

### 3.12

#### **serat polimer**

bagian kecil dari bahan sintetis dan bahan alamyang memiliki sifat memperkuat karakteristik tertentu, dapat berbentuk melingkar atau lurus (*flat*), sering digambarkan dengan parameter "rasio aspek serat", yaitu rasio antara panjang dan diameter, berkisar antara 30 dan 150; secara umum, dimensi serat bervariasi yaitu panjang antara 6 mm dan 64 mm, dan diameter sekitar 0,3 mm

### 3.13

#### **set retarder**

suatu bahan yang bila dicampurkan ke dalam beton, mortar, atau *grout*, berfungsi untuk menghambat, menunda atau memperpanjang waktu *setting*

## 4. Ketentuan umum

### 4.1 Persiapan kerja

#### 4.1.1 Umum

Beberapa persyaratan kerja pada sistem pengecoran menggunakan acuan tetap atau bergerak, meliputi koordinasi sebelum pelaksanaan, pengajuan kesiapan kerja, penyimpanan bahan, pertimbangan cuaca yang diijinkan untuk bekerja dan pengaturan lalu lintas, harus sesuai dengan perencanaan.

#### 4.1.2 Rapat Pra-pelaksanaan

Untuk menjamin seluruh pihak terkait dapat menjalankan pelaksanaan, hal-hal berikut harus dilaksanakan.

- a) Seluruh unsur terkait yang akan terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton bercampur serat harus melakukan rapat pra-pelaksanaan, pada waktu dan lokasi yang disepakati bersama, untuk membahas metode penyelesaian pekerjaan.
- b) Tempat pertemuan relatif harus dekat dengan lokasi pelaksanaan. Pertemuan seluruh peserta dan unsur terkait harus menandatangani daftar hadir yang disediakan. Pembahasan tidak boleh dilanjutkan bila masih ada unsur atau personel yang diundang belum sepenuhnya hadir.
- c) Konsultan beton serat harus melakukan pelatihan khusus dalam suatu kelas terpisah tentang teknik pencampuran dan persyaratannya. Seluruh pengawas proyek, mandor pelaksana, surveyor proyek, pemasok bahan serat, dan operator peralatan yang terlibat dalam operasional, subkontraktor yang terlibat dalam pelaksanaan beton berserat, dan wakil pemilik pekerjaan harus hadir. Kelas pelatihan diadakan selama jam kerja normal dan harus dijadwalkan tidak lebih dari 2 minggu sebelum pelaksanaan.

### 4.1.3 Pengamanan lalu lintas

Pengamanan berikut terhadap lalu lintas harus dilaksanakan.

- a) Pada umumnya perkerasan beton bertulang serat (BBS) dilaksanakan dengan cara cor di tempat, baik untuk pembangunan jalan baru atau pada pelapisan tambah (*overlay*) jalan lama. Lalu lintas dapat sepenuhnya dialirkan ke jalur atau lajur lain atau menggunakan jalan sementara.
- b) Untuk pengamanan lalu lintas, perlu memasangkan dan memelihara rambu-rambu yang sesuai dan harus mempekerjakan tenaga pengawas untuk mencegah lalu lintas umum dan lalu lintas proyek melintasi perkerasan yang baru dibangun sampai perkerasan tersebut dibuka. Rambu-rambu ini harus diatur agar tidak mengganggu lalu lintas umum pada jalur terbuka.
- c) Rambu-rambu dan lampu-lampu pengatur yang secara jelas menunjukkan jalur yang terbuka untuk umum harus dipelihara. Dalam hal lalu lintas perlu melintasi perkerasan jalan tersebut, harus dibangun penyeberangan yang sesuai untuk menjembatani beton yang bersangkutan.
- d) Apabila suatu jalur lalu lintas umum yang telah ditetapkan bersambungan dengan segmen atau jalur yang sedang dikerjakan, maka pagar pengaman sementara harus disediakan, dipasang di sepanjang garis pembagi yang telah ditetapkan yang harus dipertahankan sampai pelat beton yang bersangkutan dibuka untuk lalu lintas, dan meniadakan setiap gangguan terhadap jalur atau jalur-jalur lalu lintas umum.
- e) Bila ruang bebas antar jalur lalu lintas umum dan peralatan operasional terbatas, maka harus digunakan peralatan khusus yang dirancang untuk dapat mengirim bahan atau alat ke bagian yang sedang dikerjakan dan meninggalkan bagian tersebut tanpa mengganggu jalur lalu lintas umum.

### 4.1.4 Pengembangan gambar pelaksanaan

#### 4.1.4.1 Survey lokasi

Prinsip dasar berikut harus dilakukan untuk menetapkan denah perkerasan beton semen di lokasi pekerjaan.

- a) Harus dilakukan survei untuk memverifikasi dan menambah informasi yang ditampilkan pada gambar rencana, serta untuk mendapatkan data akurat yang diperlukan untuk mengembangkan gambar pelaksanaan.
- b) Pengembangan gambar pelaksanaan tersebut memungkinkan menggunakan dimensi dan detil sambungan yang sama, tetapi mungkin diperlukan dimensi khusus untuk memenuhi lengkung horizontal, penirusan horizontal pada belokan ke jalan masuk/keluar, susunan drainase, utilitas, penirusan vertikal pada sambungan antara perkerasan beton dengan jalan beraspal lama atau beton lama, dan bentuk lainnya..
- c) Gambartata letak sambungan BBS harus ditandai dengan garis retak imajiner sesuai dengan jarak sambungan rencana.
- d) Kombinasi panjang nominal, lebar, tebal dan detil sambungan masing-masing harus dijelaskan dalam gambar.

#### 4.1.4.2 Gambar dan lembar catatan

Pelaksana harus mengembangkan gambar pelaksanaan untuk menetapkan tata letak BBS sesuai dengan spesifikasi dan ketentuan-ketentuan yang telah direncanakan. Gambar-gambar harus mencakup hal-hal sebagai berikut.

- a) Lembar catatan sumber bahan yang ditentukan, perancangan campuran, peralatan pencampur beton, persyaratan kekuatan, metoda pencampuran dan penambahan serat termasuk toleransinya, pengangkutan beton dan teknik pengiriman beton, item kehilangan selama pengiriman (misal nomor identitas truk, kelengkapan data contoh uji, kondisi campuran beton), perawatan beton, dan data lain yang relevan sesuai dengan rencana.
- b) Tata letak segmen BBS yang tepat, volume beton yang diperlukan, dan lokasinya (Sta.)
- c) Ringkasan dalam suatu daftar atau tabel semua segmen BBS, termasuk dimensi dan geometri BBS, batang pengikat (*tie bar*), slotdoweldan tie bar, serta lokasi sambungan dan lokasi sambungan muai,

#### 4.1.4.3 Detil beton bertulang

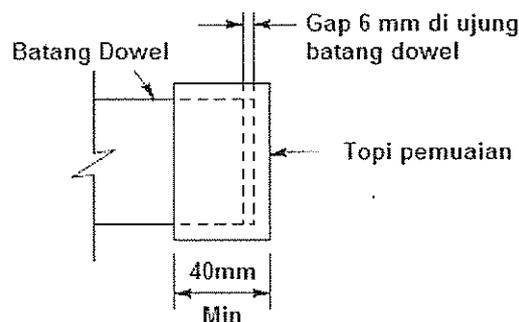
Bila diperlukan anyaman tulangan kawat baja (*reinforcing wire mats*), informasi berikut harus jelas dalam gambar.

- a) Ukuran dan jarak anyaman baja tulangan.
- b) Posisi *dowel*, tie bar dan perkuatan tulangan baja lainnya.

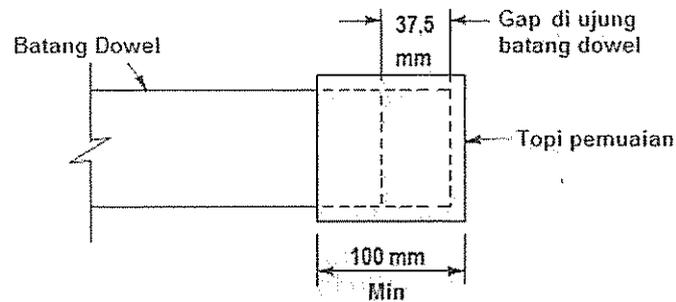
#### 4.1.4.4 Detil sambungan

Segmen BBS pada umumnya dipasang cor di tempat dengan panjang antara 10 meter dan 20 meter. Setiap segmen BBS dapat disambung secara melintang dan memanjang.

- a) Sambungan melintang tipe *dowel* pada sambungan kontraksi atau susut, dan sambungan ekspansi harus merinci hal-hal sebagai berikut:
  - 1) Letak dan dimensi *dowel* serta topi pemuai (*expansion cup*) pada sambungan kontraksi atau susut harus memungkinkan *dowel* dapat bergerak sejauh 6 mm di setiap ujung *dowel*, sesuai dengan detil pada Gambar 1. Untuk sambungan ekspansi, *dowel* harus dapat bergerak sejauh minimum 20,0 mm atau sesuai dengan rancangan. Lihat Gambar 2.



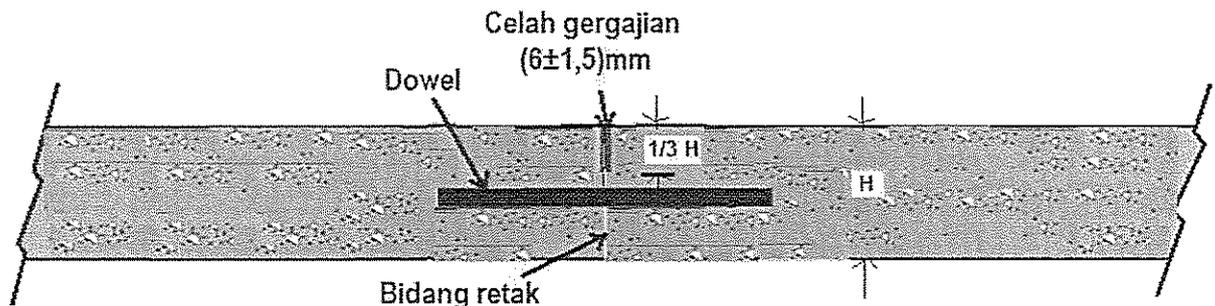
Gambar 1 Topi pelindung pemuai *dowel* (*dowel expansion cup*) pada sambungan kontraksi atau susut



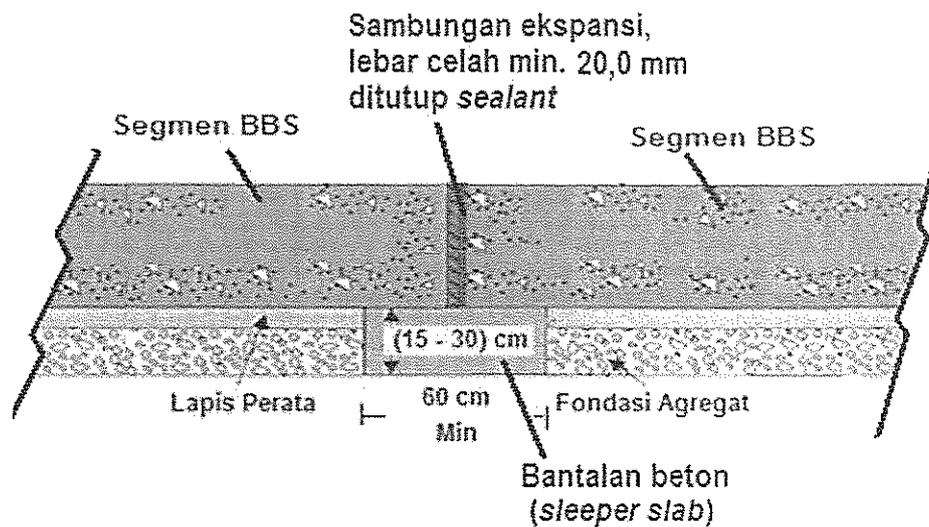
Gambar 2 Topi pelindung pemuaian *dowel* (*dowel expansion cup*) pada sambungan ekspansi

- 2) Ukuran batang *dowel*.
  - 3) Lokasi dan jarak batang *dowel* yang akan dicor. Lihat Gambar 3.
  - 4) Batang *dowel* untuk sambungan melintang harus dari jenis polos.
  - 5) Panjang batang *dowel* agar dapat bergerak bebas di kedua sisi segmen-segmen BBS.
  - 6) Dudukan batang *dowel*.
- b) Sambungan melintang dengan bantalan beton

Sambungan kontraksi atau sambungan ekspansi dapat menggunakan *sleeper slab* tanpa *dowel*. Panjang *sleeper slab* minimum 60 cm, tebal (15 – 30) cm dengan ukuran lebar selebar lajur jalan. Lihat Gambar 4.



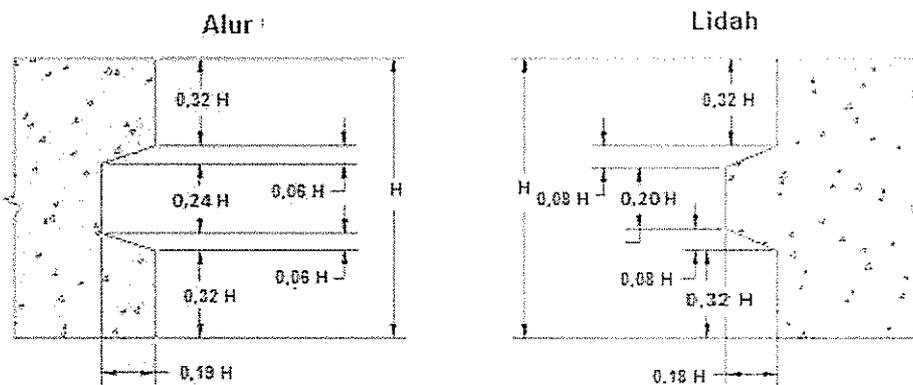
Gambar 3 Tipikal sambungan muai dengan *dowel* (bawah)



Gambar 4 Tipikal sambungan muai dengan bantalan beton (*sleeper slab*)

c) Sambungan memanjang

Sambungan memanjang tengah (*longitudinal centre joint*) harus berupa lidah-alur (*shear key*) dan ujungnya berhubungan dengan sambungan melintang (*transverse joint*), atau dengan *tie bars*, atau kombinasi keduanya. Dimensi lidah-alur memanjang dengan dimensi seperti digambarkan secara rinci dalam Gambar 5. Lidah-alur harus dilekatkan atau disambung dengan perekat epoksi untuk beton.



Gambar 5 Dimensi sambungan lidah-alur pada sambungan memanjang

## 4.2 Penyiapan tanah dasar dan lapis fondasi

### 4.2.1 Tanah dasar dan lapis fondasi bawah beton kurus

Penyiapan tanah dasar dan lapis fondasi serta persiapan permukaan dasar untuk BBS, dapat mengikuti ketentuan fondasi dalam butir 4.2, Pedoman Pelaksanaan Perkerasan Beton Semen (Pd T-05-2004-B).

### 4.2.2 Lapis fondasi beton kurus

Bila diperlukan lapis fondasi bawah beton kurus, ketentuan berikut harus dipenuhi:

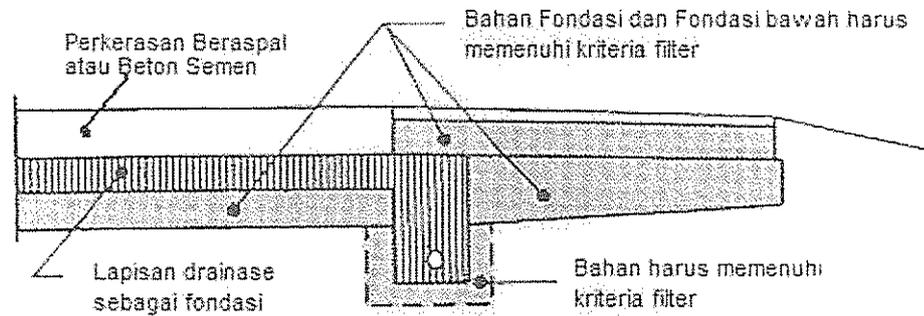
- Kuat tekan rata-rata  $f_{cr}$  lapis fondasi bawah beton kurus pada umur 28 hari dari produksi harian antara  $80 \text{ kg/cm}^2$  (8 MPa) dan  $110 \text{ kg/cm}^2$  (11 MPa).

- b) Sambungan memanjang dari lapis fondasi bawah beton kurus harus digeser sekurang-kurangnya 20 cm dari sambungan memanjang dari perkerasan beton yang dikerjakan.
- c) Sambungan konstruksi melintang dari lapis fondasi bawah beton kurus harus dibentuk pada akhir kegiatan harian dan harus membentuk permukaan melintang yang benar-benar tegak, juga tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm di bawah atau 10 mm di atas elevasi rancangan.
- d) Lapis pondai bawah beton kurus harus mempunyai lereng melintang sama dengan lereng melintang rancangan dengan toleransi  $\pm 0,3 \%$ .
- e) Begitu beton mengeras, permukaan lapis fondasi bawah beton kurus atau perkerasan beton semen harus diuji dengan memakai mistar lurus (*straight-edges*) sepanjang 3,0 m. Lokasi yang menunjukkan ketinggian lebih dari 3 mm tapi tidak lebih dari 12,5 mm sepanjang 3,0 m, itu harus ditandai dan segera diturunkan elevasinya dengan gurinda yang telah disetujui, sampai elevasinya tidak melampaui 3 mm bilamana diuji ulang dengan mistar lurus sepanjang 3,0 m. Bilamana penyimpangan penampang melintang terhadap yang semestinya melampaui 12,5 mm, perkerasan beton harus dibongkar dan diganti.
- f) Lapis fondasi bawah beton kurus yang saat selesai dikerjakan harus segera dirawat paling tidak sampai 70% kekuatan yang disyaratkan tercapai. Perawatan permukaan harus dilaksanakan dengan salah satu metoda berikut:
  - i. Baik peralatan maupun lalu lintas, termasuk kendaraan proyek tidak diperkenankan melewati permukaan lapis fondasi bawah beton kurus yang telah selesai sampai beton tersebut mencapai paling tidak 70% dari kekuatan yang disyaratkan.
  - ii. Setelah periode perawatan maka peralatan dan kendaraan yang diperlukan untuk pekerjaan lanjutan diperkenankan melewati permukaan lapis fondasi bawah beton kurus.
  - iii. Elevasi setiap titik dari lapis permukaan lapis fondasi bawah beton kurus tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm di bawah atau 10 mm di atas elevasi rancangan.
  - iv. Lapis fondasi bawah beton kurus harus dipelihara sebelum lapis perkerasan berikutnya dihampar. Setiap kerusakan sebagai akibat dari sebab apapun harus diperbaiki.

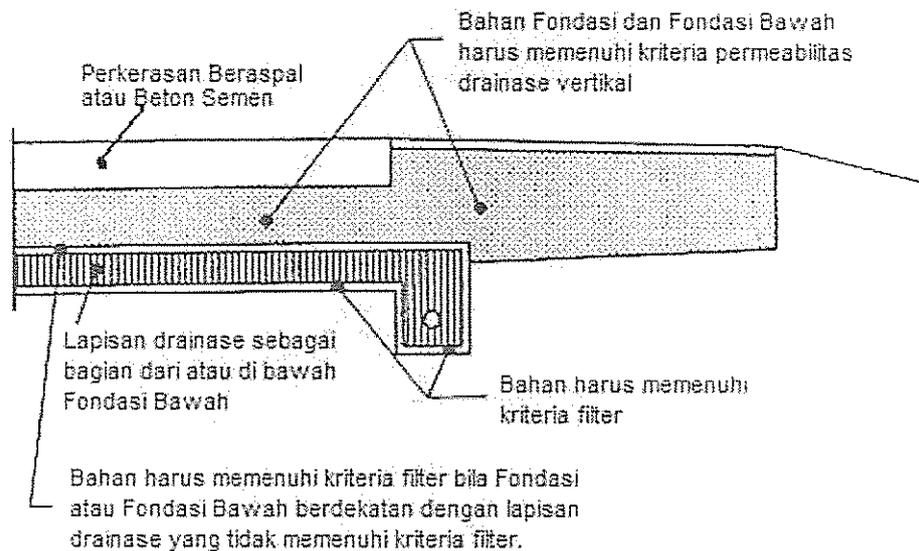
#### 4.2.3 Penyiapan fondasi bawah dan drainase bawah-permukaan (*sub-surface drainage*)

Pada kondisi tertentu terutama di daerah yang sering turun hujan dan terdapat masalah drainase, perlu dirancang menggunakan fondasi agregat dan drainase bawah permukaan. Dalam Gambar 6 ditunjukkan secara tipikal fondasi bawah dan drainase bawah-permukaan.

#### A. Fondasi sebagai lapisan drainase



#### B. Lapisan drainase sebagai bagian atau di bawah dari Fondasi Bawah



Catatan: Filter kain (filter fabrics) dapat digunakan sebagai pengganti bahan filter tanah atau agregat, sesuai dengan pertimbangan ekonomi

**Gambar 6** Tipikal penampang melintang fondasi /fondasi bawah berdrainase

## 5. Persyaratan bahan

Beton bertulang serat memerlukan bahan seperti agregat, semen, dan bahan pencampur atau bahan tambah lainnya sesuai dengan persyaratan bahan untuk beton berikut ini.

### 5.1 Semen Portland

Jenis semen Portland dan penggunaannya adalah sebagai berikut:

- Semen yang digunakan harus yang memenuhi SNI 15-2049 dan SNI 15-0302
- Semen tipe IA (Semen Portland tipe I dengan *air-entraining agent*), IIA (Semen Portland tipe II dengan *air-entraining agent*), IIIA (Semen Portland tipe III dengan *air-entraining agent*), PPC (*Portland Pozzolan Cement*), dan PCC (*Portland Composite Cement*) dapat digunakan asalkan berdasarkan hasil pengujian terbukti sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.
- Penggunaan semen harus dari produk yang sama dengan semen yang digunakan pada perancangan campuran beton.
- Cara penyimpanan semen harus sesuai dengan butir 7.2.3 dalam pedoman Pd T-05-2004-B.

## 5.2 Air

Persyaratan air untuk beton semen adalah sebagai berikut:

- a) Air yang digunakan untuk campuran, perawatan, atau pemakaian lainnya harus bersih, dan bebas dari bahan yang merugikan seperti minyak, garam, asam, basa, gula atau organik. Air harus diuji sesuai dengan ketentuan dalam SNI 03-6817.
- b) Apabila timbul keragu-raguan atas mutu air yang diusulkan dan karena sesuatu sebab pengujian air tersebut tidak dapat dilakukan, maka harus diadakan perbandingan pengujian kuat tekan mortar semen dan pasir standar dengan memakai air yang diusulkan dan dengan memakai air murni hasil sulingan.
- c) Air yang diusulkan dapat digunakan apabila kuat tekan mortar dengan air tersebut pada umur 7 (tujuh) hari dan 28 (dua puluh delapan) hari mempunyai kuat tekan minimum 90% dari kuat tekan mortar dengan air suling untuk periode umur yang sama.

## 5.3 Agregat

Mutu agregat untuk beton harus memenuhi ketentuan dalam SNI 15-1750 atau sesuai dengan ASTM C 33-93.

Persyaratan pengelolaan agregat harus mengikuti butir 7.2.2.2. dalam pedoman Pd T-05-2004-B.

## 5.4 Serat (*fibers*)

### 5.4.1 Jenis dan dimensi serat

Jenis dan dimensi serat berikut dapat digunakan untuk campuran beton semen.

- a) Menurut *The American Concrete Institute* (ACI544.1R), serat sintetik ada dua macam, yaitu serat *micro synthetic* dan *macro synthetic*. Serat *micro synthetic* adalah serat dengan diameter kurang dari 0,3 mm (0,012 inci), dan serat *macro synthetic* memiliki diameter sama atau lebih besar dari 0,3 mm (0,012 inci).
- b) Serat polypropylene dapat berupa *microsynthetic* atau *macrosynthetic*, dan memiliki berat jenis 0,91.
- c) Serat nylon umumnya berupa microfiber, memiliki berat jenis 1,14.

### 5.4.2 Komposisi serat untuk beton

Komposisi serat dalam beton semen berikut dan penggunaannya harus dipertimbangkan.

- a) Serat *microsynthetic* biasanya digunakan sekitar (0,05-- 0,2) % volume semen.
- b) Penambahan serat mempengaruhi sifat plastis dan tingkat pengerasan mortar atau beton. Peningkatan sifat beton yang diinginkan, terutama penyusutan retak plastis, dampak resistensi, dan ketangguhan atau keuletan, tergantung pada panjang serat, diameter, geometri, deformasi, dan jumlah penambahan serat. Kuat tarik lentur, kelelahan, kekuatan geser, serta kemampuan untuk menahan retak dan *spalling* juga dapat ditingkatkan dengan menyediakan material komposit.
- c) Aspek rasio serat-semen yang tinggi tidak digunakan karena serat cenderung menggumpal pada dosis yang lebih tinggi.

### 5.4.3 Penyimpanan bahan serat (*storage of fibers*)

Prinsip dasar berikut harus dilakukan dalam penyimpanan bahan serat.

- a) Serat harus disimpan dengan mencegah adanya kerusakan atau intrusi kelembaban atau benda asing. Jika serat rusak (diberikan kalimat ilustrasi) atau terkontaminasi, tidak boleh digunakan.

- b) Dalam pelaksanaan, pada umumnya serat ditambahkan ke dalam beton dengan jumlah mulai 250 gram sampai dengan 750 gram atau lebih per meter kubik (kaitannya dengan butir 5.4.2a), tergantung pada aplikasi. Karena itu untuk kemudahan mobilisasi dan kenyamanan pelaksanaan pencampuran, serat dikemas dalam kantong kapasitas 250 gram sampai dengan 2500 gram.

## 5.5 Bahan tambah campuran (*admixtures*) (Rujukan)

### 5.5.1 Umum

Hal yang berlaku umum penggunaan bahan tambah dan efeknya harus dapat diketahui.

- a) Penggunaan bahan tambah yang diatur dalam SNI 03-2495 hanya digunakan untuk tujuan kemudahan pengerjaan, pengikatan beton lebih cepat atau lebih lambat.
- b) Penggunaan bahan tambah harus didasarkan pada hasil uji dalam rentang waktu 24 jam pertama setelah pengecoran beton. Hal ini dikarenakan bahan tambah tertentu dapat memperlambat *setting* dan perkembangan kekuatan campuran beton semen.
- c) Bahan tambah yang mengandung *Calcium Chloride*<sup>1</sup> tidak boleh digunakan bila dengan tujuan tertentu BBS tersebut dirancang menggunakan perkuatan baja.
- d) Bahan pengurang air (*water reducing admixtures, WRA*) atau peliat (*super-plasticizer*) dalam adukan beton, dengan tujuan untuk peningkatan mutu dan pelaksanaan dapat digunakan.
- e) Pada umumnya kondisi berikut harus dipenuhi:
  - 1) Untuk kombinasi 2 (dua) atau lebih bahan tambahan, kompatibilitas bahan tambahan tersebut harus dinyatakan dengan sertifikat tertulis dari produsen.
  - 2) Untuk campuran dengan *fly ash* kurang dari 50 kg/m<sup>3</sup>, kontribusi alkali total (dinyatakan dengan Na<sub>2</sub>O ekuivalen) dari semua bahan tambahan yang digunakan pada campuran tidak boleh melebihi 0,20 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.5.2 Bahan pengurang air (*Water Reducing Admixture, WRA*) atau *plasticizers*

#### 5.5.2.1 Tujuan penggunaan bahan tambah pengurang air

Pencampuran bahan tambah ini dilakukan pengurangan air antara 5% dan 12%, dengan tujuan sebagai berikut:

- a) Untuk mencapai kekuatan yang lebih tinggi dengan mengurangi rasio air-semen tetapi mempunyai tingkat kemudahan kerja yang sama dengan campuran beton normal.
- b) Untuk mencapai kinerja yang sama dengan mengurangi kandungan semen sehingga mengurangi panas hidrasi dalam massa beton.
- c) Untuk meningkatkan kemudahan kerja (*workability*) dalam pengecoran di lokasi kerja.
- d) Bahan tambah campuran yang digunakan umumnya *ligno-sulfonat* dan garam asam *hydrocarbolic*.
- e) Peliat (*plasticizer*) dengan bahan dasar *ligno-sulfonate*, yang merupakan polimer alami, berasal dari pengolahan kayu dalam industri kertas.

---

<sup>1</sup>Kalsium klorida adalah akselerator yang paling efektif, yaitu memberikan karakteristik seting dan pengerasan. Namun demikian penggunaannya terbatas karena dapat mempercepat korosi pada baja tulangan dan penurunan ketahanan seting pasta semen dalam lingkungan sulfat. Untuk alasan ini, bahan tersebut hanya boleh digunakan dalam beton tanpa tulangan.

Akselerator klorida bebas biasanya berbasis garam nitrat, nitrit format, dan tiosianat, yang sering digunakan sebagai bahan pengurang air yang tinggi.

### 5.5.2.2 Cara kerja bahan pengurang air

Bahan ini bekerja sebagai berikut:

- a) Menyebar (*disperse*).  
Bahan aktif di permukaan mengubah kimia fisik di antarmuka (*interface*). Bahan tersebut menyebar dan terserap partikel semen, memberikan muatan negatif sehingga antara partikel saling bertolakan. Gaya elektrostatis yang berkembang menyebabkan disintegrasi dan air bebas menjadi media untuk kemudahan kerja.
- b) Pelumasan (*lubrication*).  
Sebagai bahan organik alam, bahan tersebut melumasi campuran sehingga mengurangi gesekan dan meningkatkan kemudahan kerja.
- c) Penghambatan atau retardasi.  
Lapisan tipis yang terbentuk di permukaan partikel semen melindungi hidrasi dan meningkatkan waktu seting. Peliat (*plasticizer*) normal memberikan penghambatan waktu sekitar (30-90) menit.

### 5.5.3 Peliat super (*super plasticizers*)

#### a) Manfaat

Bahan peliat super ini adalah jenis admixtures yang lebih barudan lebih efektif untuk mengurangi air, dikenal sebagai pengurang air rentang tinggi (*High Water Reducing Admixtures, HWRA*). Manfaat utama *super plasticizer* adalah sebagai berikut:

##### 1) Peningkatan keenceran atau fluiditas:

- a. Mengalir (*flowing*)
- b. Perataan mandiri (*Self-leveling*)
- c. Pemadatan beton mandiri (SCC)
- d. Penetrasi dan pemadatan sekitar tulangan yang padat

##### 2) Pengurangan rasio air-semen:

- a. Kuat awal sangat tinggi, > 200% pada 24 jam atau lebih awal
- b. Kuat lanjut sangat tinggi, > 100 MPa (15.000 psi.)
- c. Mengurangi susut, terutama jika kandungan semen dikurangi.
- d. Peningkatan durabilitas, mengurangi permeabilitas dan difusi, dengan mengurangi air

#### b) Komposisi

Komposisi *super plasticizer* yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

##### 1) Turunan sulfonasi melamin formaldehid kondensat (SMF)

Pengurangan air (16-- 25) %. SMF memberikan sedikit atau tidak ada penghambatan, yang membuat kekuatan awal campuran sangat efektif pada temperatur rendah. Pada temperatur lebih tinggi, kehilangan workability campuran relatif cepat. SMF umumnya memberikan hasil akhir yang baik dan tidak berwarna, serta tidak menodai beton. Bahan ini sering digunakan bila penampilan estetika lebih penting.

##### 2) Turunan sulfonasi naftalena formaldehid kondensat (SNF)

Pengurangan air (16- - 25) %. SNF cenderung meningkatkan gelembung udara yang lebih besar dan tidak stabil. Hal ini dapat meningkatkan kohesi tetapi dapat menyebabkan cacat permukaan yang lebih besar. Penghambatan waktu lebih besar dibandingkan dengan SNF tapi tidak melebihi 90 menit. SNF adalah sangat efektif dan menghemat biaya.

### 3) *Superplasticizers polycarboxylate ether* (PCE)

Pengurangan air (20- - 35) %. PCE relatif mahal per liter tetapi sangat kuat sehingga dosis menjadi lebih rendah (larutan lebih encer). Secara umum dosis lebih tinggi kemungkinan efek samping yang tidak diinginkan berkurang karena PCE menurunkan tegangan air permukaan.

#### 5.5.4 Akselerator (*accelerators*)

Suatu bahan campuran yang bila ditambahkan ke dalam beton, mortar, atau *grout*, berfungsi untuk meningkatkan tingkat hidrasi semen hidrolis, memperpendek waktu seting, atau meningkatkan laju pengerasan atau mengembangkan kekuatan.

Akselerator dapat dibagi menjadi beberapa kelompok berdasarkan kinerja dan penerapannya:

##### a) Bahan pemercepat seting (*Set accelerating admixtures*)

Mengurangi waktu untuk mengubah dari kondisi plastik ke kondisi keras. Pemercepat seting relatif terbatas penggunaannya, terutama untuk menghasilkan pengerasan awal.

##### b) Pemercepat pengerasan (*Hardening accelerators*)

Meningkatkan kekuatan dalam waktu 24 jam minimum 120% pada temperatur 20 °C, dan dalam waktu 48 jam, minimum 130 % pada temperatur 5 °C. Akselerator pengerasan diperlukan untuk perkerasan jalan yang perlu dibuka secara dini. Ini sering dikombinasi dengan pengurang air yang tinggi, terutama pada kondisi dingin.

Akselerator memiliki efek yang relative terbatas dan biasanya hanya efektif dalam kasus-kasus tertentu karena diperlukan kekuatan yang cukup dalam waktu sedini mungkin untuk perkerasan jalan yang harus segera dibuka untuk lalu lintas. Penggunaan pada temperatur rendah, maka kecepatan kekuatan beton mungkin relatif sangat lambat.

Akselerator pengerasan mungkin tepat untuk mendapatkan kekuatan sampai 24 jam pada temperatur relatif rendah, atau sampai 12 jam pada temperatur ambien. Di luar waktu ini, pengurang air yang tinggi akan efektif karena menjadi lebih murah.

#### 5.5.5 Penghambat seting (*set retarders*)

Fungsi retarder atau penghambat seting adalah untuk menunda atau memperpanjang waktu seting pasta semen dalam beton. Ini sangat membantu untuk beton yang harus dikirim dalam jarak yang jauh dan membantu menempatkan beton pada temperature tinggi. Saat air pertama ditambahkan pada semen ada reaksi awal, dan hidrasi yang cepat, setelah itu terjadi sedikit pembentukan hidrat lebih lanjut selama (2-- 3) jam<sup>2</sup>. Bahan ini menunda akhir periode aktif, awal seting dan pengerasan. Hal ini berguna bila digunakan dengan *plasticizer* untuk mempertahankan kemudahan kerja.

Mekanisme menghambat seting adalah berdasarkan penyerapan. Anion dan molekul dalam campuran diserap oleh permukaan partikel semen, yang menghambat reaksi lebih lanjut antara semen dan air. Penghambat seting yang umum dikenal adalah Kalsium ligno-sulfonat dan turunan Karbohidrat.

#### 5.5.6 *Air-entrained admixtures*

Bahan tambah ini tidak dianjurkan digunakan untuk BBS karena dapat mengurangi kekuatan. Bahan tambah ini hanya untuk semen hidrolis campuran beton atau mortar, yang dapat

---

<sup>2</sup>Waktu yang lepat tergantung pada jenis semen dan temperatur. Ini disebut *masa dorman* (tidak aktif) yaitu saat beton plastis dapat ditempatkan. Pada akhir periode *dorman*, tingkat hidrasi meningkat dan banyak kalsium hidrat silikat dan kalsium hidroksida yang terbentuk relatif cepat, sesuai dengan waktu seting beton.

membentuk gelembung udara yang kecil sekali dalam beton atau mortar selama pencampuran, dengan tujuan untuk meningkatkan kemudahan terjadinya ketahanan beku.

### 5.6 Bahan tambah mineral (*mineral admixtures*)

Jenis bahan tambah berupa mineral antara lain, semen, pozolan, *abu terbang (Fly Ash)*, *Ground Granulated Blast Furnace Slag (GGBFS)*, *Silica Fume*, dan *Rice Husk Ash*.

Bahan tambah yang umumnya dapat digunakan secara efektif adalah *fly-ash*<sup>3</sup>. Bahan-bahan lain selain *fly-ash* tidak diuraikan dalam pedoman ini.

a) Penggunaan abu terbang (*fly ash*)

Abu Terbang harus memenuhi ketentuan dalam SNI 03-2460. Jumlah maksimum yang dapat digunakan adalah 25 % dari berat bahan pengikat.

b) Jenis abu terbang

Ada dua jenis abu terbang yaitu abu terbang kelas F<sup>4</sup> dan abu terbang kelas C<sup>5</sup>. Abu terbang kelas C umumnya mengandung kapur (CaO) lebih dari 20%. Tidak seperti kelas F sifat penyemenan Abu terbang kelas C tidak memerlukan aktivator. Kandungan alkali dan sulfat (SO<sub>4</sub>) dalam abu terbang kelas C umumnya lebih tinggi.

Di samping manfaat ekonomi dan ekologi, penggunaan abu terbang pada beton dapat meningkatkan *workability*, mengurangi segregasi, *bleeding*, evolusi panas dan permeabilitas, menghambat reaksi alkali-agregat, dan meningkatkan ketahanan terhadap sulfat. Penggunaan abu terbang pada beton telah meningkat dalam 20 tahun terakhir, kurang dari 20% abu terbang digunakan dalam industri semen dan beton.

Salah satu bidang yang paling penting pada aplikasi abu terbang adalah untuk perkerasan jalan yang digunakan dalam jumlah besar, menjadi penting dalam penghematan biaya konstruksi perkerasan beton.

### 5.7 Lembaran plastik pengurang friksi (*membran kedap air*)

Di bawah lapisan beton semen diperlukan membran berupa plastik (*polyethylene*) kedap air. Bila diperlukan sambungan, maka harus dibuat tumpang tindih sekurang-kurangnya 300 mm.

Membran harus memiliki tebal nominal minimum 0,15 mm, tidak terlipat, kusut, atau bocor.

### 5.8 Pemutus Ikatan (*bond breaker*)

Permukaan *dowel* harus dilumasi dengan pemutus ikatan (*bond breaker*). Pelumas berbasis minyak parafin berikut, atau sejenisnya harus digunakan untuk melapisi permukaan *dowel* sepenuhnya sebelum penempatan segmen BBS.

a) Pelumas berbasis parafin.

b) Senyawa pigmen berwarna putih harus memenuhi persyaratan ASTM C309, Tipe 2, Kelas A, dan harus berisi 22% *non-volatile* minimum yang terdiri atas minimum 50 % parafin lilin. Pemutus ikatan jenis senyawa harus diterapkan dengan perkiraan 0,27 L/m<sup>2</sup>.

*Bond breaker* juga harus diterapkan ke setiap tepi segmen beton, untuk mencegah ikatan antara bahan *grouting* dengan permukaan *dowel*.

---

<sup>3</sup>Fly ash adalah residu halus yang terpisah, dihasilkan dari pembakaran batubara. Abu terbang (*fly ash*) tertangkap pada cerobong-cerobong pembakaran batu bara untuk pembangkit listrik, memiliki sifat pozolan. Abu terbang mengandung sejumlah besar silikon dioksida (SiO<sub>2</sub>, amorf dan kristal) dan kalsium oksida (CaO). Unsur beracun meliputi arsenik, berilium, boron, kadmium, kromium, kobalt, timah, mangan, merkuri, molibdenum, selenium, strontium, talium, dan vanadium.

<sup>4</sup>Pembakaran bahan lebih keras, antrasit batubara bituminous tua dan umumnya hanya menghasilkan abu terbang kelas F. Abu terbang ini adalah pozolan alam, mengandung kapur (CaO), kurang dari 10%. Silika kaca dan alumina abu terbang kelas F membutuhkan bahan penyemen seperti Portland semen, kapur, atau kapur terhidrasi, dan dengan adanya air, bahan akan bereaksi dan menghasilkan senyawa semen.

<sup>5</sup>Abu terbang yang dihasilkan dari pembakaran batubara muda atau lignit sub bituminous, selain memiliki sifat pozzolan, juga memiliki beberapa sifat penyemenan. Dengan adanya air, abu terbang kelas C akan mengeras dan mendapatkan kekuatan dari waktu ke waktu.

## 5.9 Baja tulangan

- a) Bila digunakan baja tulangan harus memenuhi persyaratan mutu. Baja tulangan harus bebas dari kotoran, minyak, lemak atau bahan-bahan organik lainnya yang dapat mengurangi lekatan dengan beton atau kerugian lainnya. Pengaruh karat, kerak, atau gabungan dari keduanya terhadap ukuran, berat minimum, serta sifat-sifat fisik yang dihasilkan melalui pembersihan benda uji dengan sikat kawat, tidak memberikan nilai yang lebih kecil dari pada yang disyaratkan dalam AASHTO M31M - 90.
- b) Batang pengikat (*tie bars*) mempunyai persyaratan:
  - 1) Harus terbuat dari batang baja ulir yang memenuhi persyaratan AASHTO M 31 dan mempunyai diameter minimum 16 mm atau sesuai dengan perencanaan.
  - 2) *Tie bar* harus dilapisi epoksi sesuai dengan ketentuan, dan tidak boleh bengkok setelah dipasang.
  - 3) Apabila digunakan batang pengikat dari jenis baja lain, maka baja tersebut harus dapat dibengkokkan dan diluruskan kembali tanpa mengalami kerusakan.
  - 4) Baut pengait sambungan (*joint hook bolts*) dapat juga digunakan sebagai pilihan lain untuk batang pengikat. Baut tersebut harus mempunyai diameter minimum 13 mm dan harus dilengkapi dengan mur untuk mengencangkan (*coupling*) yang memadai.
  - 5) Untuk batang pengikat dipasang dalam bentuk ikatan dengan panjang tertentu. Semua bahan yang dipasang harus dalam kondisi baik, tidak tertekuk atau bengkok.
  - 6) Bahan tersebut harus bebas dari karat, kotoran, bahan lain yang lepas, minyak, gemuk, cat, lumpur atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki.
- c) Ruji (*dowel*) mempunyai persyaratan:
  - 1) *Dowel* harus dari batang polos, bulat, tidak kasar dan defromasi, sehingga tidak mengurangi kebebasan pergerakan *dowel* dalam beton.
  - 2) *Dowel* harus dilumasi sebelum dilakukan pengecoran. Pada sambungan segmen BBS dengan segmen BBS lainnya tidak boleh ada gerakan pada waktu pengangkatan dan pemasangan segmen BBS, karena akan memperlemah sambungan.
  - 3) Apabila digunakan topi pelindung pemuai (*expansion cup*), pelindung tersebut harus menutupi bagian ujung *dowel* tidak kurang dari 40 mm. Penjelasan rinci ditunjukkan dalam Gambar 1.
  - 4) Pelindung harus memberikan ruang pemuai yang cukup, dan harus cukup kaku sehingga pada waktu pelaksanaan tidak rusak.
  - 5) Bahan tersebut harus bebas dari karat, kotoran, bahan lain yang lepas, minyak, gemuk, cat, lumpur atau bahan-bahan lainnya yang tidak dikehendaki.
  - 6) Konstruksi Perkerasan Beton Semen yang Bersambung (tidak menerus) dengan Tulangan, jenis tulangan baja yang harus dipergunakan antara lain:
    - a. Baja tulangan (*reinforcing bar*) harus memenuhi AASHTO M 31.
    - b. Tulangan baja berbentuk *strand* atau anyaman dari kawat (*steel wire fabric reinforcement*) yang memenuhi SNI 03-6812 untuk tulangan dari kawat baja polos dilas berbentuk anyaman atau AASHTO M 221 untuk tulangan dari kawat baja ulir dilas berbentuk anyaman
    - c. Anyaman batang baja (*Bar mats*) yang memenuhi AASHTO M 54. Ukuran serta jarak batang harus ditunjukkan dalam Gambar Rencana.

## 5.10 Bahan pengisi untuk mortar cepat seting

Bahan pengisi cepat seting (*rapid setting material filler*) adalah bahan untuk membuat mortar yang bersifat tidak susut (*non shrinkage mortar cement*), mudah dialirkan dan memiliki kuat tekan yang sangat tinggi, digunakan untuk mengisi rongga bekas penegangan (*pocket stressing*), slot ruji, sambungan antar panel, dan rongga bekas titik angkat (*lifting pocket*) pada panel-panel. Bahan ini dicampur dengan agregat halus (lolos No.4) sesuai dengan SNI 03-6820, dan air dengan komposisi tertentu untuk mendapatkan kuat tekan yang lebih tinggi dari pada beton yang digunakan untuk panel-panel. Untuk penggunaan di lapangan harus

ditetapkan rancangan campuran kerja mortar bahan pengisi cepat seting. Bahan tambah untuk *shrinkage reducing admixture* harus memenuhi persyaratan bahan dalam SNI 03-2495, atau AASHTO M-194. Bila menggunakan bahan mortar siap pakai dalam kemasan yang bersifat cepat mengeras, harus memenuhi ketentuan dalam SNI 03-6818.

### 5.11 Bahan untuk perawatan beton

Bahan membran untuk perawatan haruslah cairan berpigmen putih yang memenuhi AASHTO M148 atau bahan lain yang setara. Bahan membran lain yang tanpa warna atau bening tidak boleh digunakan.

Bahan berbentuk lembaran untuk menutup permukaan beton semen guna menghindari hilangnya air selama masa perawatan dan bahan dengan jenis pemantul putih untuk mengurangi naiknya temperatur beton yang permukaannya secara langsung terkena sinar matahari, dapat digunakan sesuai dengan SNI 03-4817.

### 5.12 Bahan untuk penutup sambungan

#### 5.12.1 Ketentuan bahan penutup sambungan

Bahan penutup sambungan (*joint sealant*) harus berupa *Expandite Plastic* senyawa gabungan bitumen karet tuang panas *grade 99* atau *silicon sealant*, harus dapat dituangkan dalam keadaan panas, menutup seluruh celah dan selalu kedap air. Tata cara pemrosesan dan pelaksanaan harus sesuai dengan yang dianjurkan oleh pabrik pembuat bahan tersebut.

Bahan penutup sambungan yang sudah terbentuk (*preformed*) dapat pula digunakan untuk sambungan muai.

Bahan penutup sambungan memerlukan pula bahan pengisi dan batang pendukung (*backer rod*) terbuat dari busa plastik padat.

#### 5.12.2 Bahan penutup sambungan jenis aspal-karet

Bahan penutup elastis tuang panas untuk sambungan harus memenuhi ketentuan dalam SNI 03-4814. Bila menggunakan bahan penutup jenis aspal karet tuang panas pada sambungan dan retak perkerasan beton, harus memenuhi persyaratan dalam ASTM D-3405 yang diuji dengan ASTM D-5329.

#### 5.12.3 Bahan penutup sambungan silikon

Ketentuan bahan penutup sambungan jenis silikon adalah sebagai berikut:

- Persyaratan bahan penutup jenis silikon ditunjukkan dalam Tabel 1.
- Bahan penutup jenis silikon dengan modulus rendah harus disediakan dengan formulasi yang sesuai.
- Bahan penutup jenis asam tidak boleh digunakan.

**Tabel 1 - Persyaratan bahan penutup jenis silikon**

Properti	Metode Uji	Persyaratan
Kuat tarik, elongasi 150%, umur 7-hari, (25±1) °C, R.H <sup>9</sup> (45 - 55) %	ASTM D 412 (Die C)	Maksimum 310 kPa
Kelelehan pada (25 ± 1)°C	ASTM C 639 <sup>a</sup> )	Tidak boleh meleleh
Laju ekstrusi pada (25 ± 1)°C	ASTM C 603 <sup>b</sup> )	(75-250) g/min.
Berat Jenis	ASTM D 792 Metoda A	1.01 - 1.51
Kekerasan Durometer, pada -18°C, Penyangga A, umur 7 hari pada (25 ± 1)°C	ASTM C 661	10 - 25
Ketahanan terhadap Ozon dan Ultraviolet, setelah 5000 jam	ASTM C 793	Tidak membekas, retak atau lepas
Bebas lekat ( <i>tack free</i> ) pada (25 ± 1) °C dan R.H <sup>9</sup> (45-55) %	ASTM C 679	Kurang dari 75 menit

Properti	Metode Uji	Persyaratan
Elongasi, umur 7 hari pada (25 ± 1)°C dan pada R.H.e (45-55) %	ASTM D 412 (Die C)	Minimum 500 %.
Tetap disentuh pada (25 ± 1)°C dan R.H <sup>e</sup> ) (45-55)%	ASTM D 1640	Kurang dari 75 menit
Masa tersimpan dirak (shelf life), sejak tanggal pengiriman	—	Minimum 6 bulan.
Kelekatan pada mortar beton – briket beton, dirawat di udara, 7 hari pada (25 ± 1)°C	AASHTO T 132 <sup>c)</sup>	Minimum 345 kPa.
Kemampuan gerakan dan adhesi, pemuaian 100% pada -18°C setelah di udara 7 hari pada (25 ± 1)°C, dan 7 hari dalam air pada (25 ± 1)°C	ASTM C 719 <sup>d)</sup>	Adhesi atau kohesi tidak rusak setelah 5 siklus.

**CATATAN:**

- a). ASTM Designation: C 639 Modifikasi (kemiringan 15 % saluran A).
- b). ASTM Designation: C 603, membuka 3-mm pada 345 kPa.
- c). Briket cetakan sesuai dengan AASHTO Designation: T 132, digergaji setengah dan dilem dengan sealant tebal maksimum 1.5 mm dan diuji sesuai dengan AASHTO Designation: T 132. Briket-briket harus dikeringkan sampai berat tetap pada (100 ± 5)° C.
- d). Kemampuan gerakan dan adhesi : Siapkan blok beton ukuran 305 mm x 25 mm x 75 mm sesuai dengan ASTM Designation: C 719. Permukaan yang digergaji harus digunakan untuk dilekati. Tutup dengan sealant 50 mm dan sisakan masing-masing 12.5 mm di ujung-ujung benda uji yang tidak diberi sealant. Kedalaman sealant harus 9.5 mm dan lebar 12.5 mm.
- e). R.H. adalah kelembaban relatif.

- d) Bahan harus kompatibel dengan permukaan beton dan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:
  - 1) Sambungan dengan bahan silikon harus dipilih agar dapat mencegah aliran pada kemiringan hingga 15 persen.
  - 2) Sertifikat yang menunjukkan kesesuaian bahan silikon harus sesuai dengan spesifikasi. Sertifikat juga harus disertai dengan laporan hasil uji yang diperlukan yang dilakukan pada bahan sealant dalam waktu 12 bulan terakhir sebelum diusulkan untuk digunakan.
  - 3) Sertifikat dan laporan pengujian harus disediakan untuk setiap silikon sealant sebelum digunakan.

#### 5.12.4 Bahan penutup sambungan muai (*expansion joint*) siap pakai (*preformed elastomeric joint seal*)

Ketentuan bahan penutup sambungan muai siap pakai harus memenuhi hal-hal sebagai berikut:

- a) Bahan penutup jenis siap pakai yang sudah tercetak dan padat harus memenuhi persyaratan ASTM D 2628.
- b) Perekat yang digunakan pada bahan penutup kompresi siap pakai harus memenuhi persyaratan ASTM D 2835.
- c) Bahan penutup kompresi pada sambungan dengan perekat harus dipasang sesuai dengan rekomendasi pabriknya.
- d) Setiap bahan penutup sambungan kompresi dan perekat harus disertai dengan Sertifikat Kesesuaian, dan harus disertai dengan instruksi penyimpanan dan petunjuk pencegahan untuk penggunaan.
- e) Harus disediakan lembar petunjuk pemasangan dari pabriknya dan model yang direkomendasikan atau jenis kompresi segel siap pakai untuk ukuran dan kedalaman sambungan seperti yang direncanakan.
- f) Bahan penutup kompresi yang dipilih dari pabrik harus menunjukkan bukti bahwa bahan penutup kompresi dapat dipadatkan sampai tingkat 20 dan 50 persen setelah digunakan pada kedalaman dan lebar sambungan yang direncanakan.
- g) Bahan penutup elastomerik siap pakai (*preformed*) dan harus dilubangi untuk lubang ruji (*dowel*).

### 5.12.5 Bahan Pengisi

Bahan pengisi untuk setiap sambungan harus disediakan dalam satu kesatuan utuh lebar penuh yang diperlukan untuk sambungan yang bersangkutan. Bila diperlukan penyambungan untuk bahan pengisi, sambungan tersebut harus dengan pengikat yang baik dan sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatnya. Beberapa bahan pengisi sambungan dapat digunakan antara lain:

- a) Bahan pengisi sambungan muai (*expansion joint*) siap pakai (*preformed elastomeric joint seal*) harus sesuai dengan persyaratan-persyaratan dalam SNI 03-4815.
- b) Bahan pengisi dari spon karet (SNI 03-4432) atau AASHTO M 153 (karet spon dan kayu gabus) atau AASHTO M 213.
- c) Bahan pengisi sambungan muai jenis bitumen untuk beton, AASHTO M33

Bahan pengisi untuk setiap sambungan harus dikerjakan dalam selebar tunggal dengan lebar dan kedalaman yang diperlukan untuk sambungan. Bilamana penggunaan lebih dari selebar untuk suatu sambungan, tepi-tepi lembaran harus diikat dengan rapat, dan dipasang dengan akurat terhadap bentuk, dengan cara distapler atau cara pengikat handal lainnya.

### 5.12.6 Batang pendukung (*backer rods*)

Prinsip penggunaan *backer rods* adalah sebagai berikut:

- a) Batang pendukung atau *backer rod* adalah sejenis busa padat tahan panas berbentuk batang bulat yang fleksibel untuk dasar bahan penutup bila bukaan celah relatif kecil. Bila bukaan celah lebih dari 19 mm, harus menggunakan bahan pengisi. Bila bukaan celah kurang dari 6 mm, tidak diperlukan *backer rods*.
- b) *Backer rods* harus memiliki diameter sedikitnya 25 persen lebih besar daripada lebar gergajian sebelum digunakan dan harus dapat diperluas, disilang, ditutup dengan busa polietilen yang kompatibel dengan bahan penutup sambungan sehingga tidak ada reaksi ikatan atau penolakan yang terjadi antara *backer rods* dan bahan penutup.
- c) Dalam hal apapun bila memasang bahan penutup dengan cara tuang panas tidak akan melelehkan *backer rods*.

### 5.13 Lapis fondasi

Lapis fondasi ditempatkan di atas tanah dasar berupa timbunan atau stabilisasi tanah. Lapis fondasi dapat menggunakan bahan yang memenuhi atau tidak memenuhi kriteria filter, baik fondasi/fondasi bawah agregat atau batu pecah maupun beton kurus dan beton cepat seting. Lapis fondasi dapat menggunakan salah satu bahan atau kombinasi bahan fondasi berikut ini.

#### a) Fondasi batu pecah

Pada umumnya fondasi batu pecah harus sesuai dengan ketentuan mutu dalam SNI 03-6388, dan di lapangan harus mengikuti ketentuan cara pelaksanaan dalam SNI 03-2853.

#### b) Fondasi berdrainase dan drainase bawah permukaan

Pada kondisi tertentu terutama di daerah yang sering turun hujan dan terdapat masalah drainase, perlu dirancang dengan fondasi agregat berdrainase (*drainage base*) atau drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*). Posisi fondasi digambarkan dalam Gambar 5. Fondasi agregat bergradasi rapat tebal (50-100) mm dengan permeabilitas minimum 325 m/hari. Ukuran batu maksimum 25 mm. Fondasi bawah agregat tebal (100-150) mm dengan permeabilitas minimum 250 m/hari. Ukuran batu maksimum 37 mm. Permeabilitas atau uji kelulusan hidraulik diukur sesuai dengan cara uji dalam SNI 13-6800 setelah dipadatkan dengan cara kepadatan berat sesuai dengan SNI 03-1743 metode D.

#### c) Fondasi bawah beton kurus

Terutama di daerah yang jarang terjadi hujan dan banjir, dapat digunakan beton kurus (*lean concrete*) sebagai fondasi bawah dan lantai kerja, dengan rancangan beton sebagai berikut:

- 1) Kuat tekan  $f_c'$  umur 28 hari antara 8,0 MPa. dan 10,1 MPa.
- 2) Rasio air-semen maksimum 0,6.
- 3) Keleccakan (*slump*) minimum 25 mm untuk acuan tetap dan maksimum 38 mm untuk acuan bergerak.

d) Fondasibawah dengan beton cepat seting (*Rapid Setting Concrete Base, RSC*)

Bila diperlukan lantai kerja yang bersifat cepat seting (*Rapid Setting Concrete, RSC*), harus sesuai dengan persyaratan beton kurus (*Lean Concrete, LC*) seperti yang dijelaskan dalam 5.13.c), dengan beberapa tambahan persyaratan, yaitu:

- 1) Portland semen harus sesuai dengan ketentuan jenis semen dan tidak terbatas pada Tipe II Modifikasi.
- 2) Campuran dasar RSC harus mengandung jumlah semen dan Kalsium Klorida yang cukup sesuai dengan ASTM D 98 atau bahan tambah sesuai dengan ketentuan dalam spesifikasi, untuk menghasilkan kuat tekan tidak kurang dari 4,0 Mpa dalam 2 jam pada kondisi temperatur minimum selama pelaksanaan.
- 3) Kadar udara dalam RSC tidak boleh melebihi 8 persen.

#### 5.14 Lapisdasar agregat (*bedding course*)

- a) Bila diperlukan bahan lapis agregat untuk perata permukaan atau untuk dasar sambungan (*joint opening filler*), harus memenuhi persyaratan gradasi dalam Tabel 2, atau agregat dengan ukuran antara 6 mm (  $\frac{1}{4}$  ") dan 10,0 mm (  $\frac{3}{8}$  ") dengan tebal antara 2,5 cm dan 5,0 cm.
- b) Gradasi alternatif dapat digunakan asalkan dipenuhi kondisi sebagai berikut:
  - 1) Gradasi agregat mengandung tidak lebih dari 10 persen lolos No. 200 dan non plastis.
  - 2) Bahan dapat ditempatkan dan dapat diratakan untuk menghasilkan kerataan yang dikehendaki.

**Tabel 2 - Gradasi agregat lapis dasar (ASTM #89)**

Ukuran	Persen Lolos
12,5 mm (1/2 ")	100
9,5 mm (3/8 ")	90-100
4,75 mm (No.4)	20-55
2,36 mm (No. 8)	0-10
1,18 mm (No.16)	0-5

#### 5.15 Bahan *grouting* bawah segmen BBS (*bedding grout*)

Bila diperlukan *grouting* di bawah segmen BBS, harus dipenuhi hal-hal berikut:

- a) Bahangrout harus dibuat dari bahan khusus yaitu semen *Portland*, agregat khusus atau abu terbang (*fly ash*) Kelas C, *fluidifier*, dan air, dengan konsistensi seperti cat kental, dan dengan rasio air-semen serendah mungkin maksimum 0,45 sesuai dengan sifat *slump* dan kekuatan yang diperlukan.
- b) Data sheet bahan *fluidifier* didokumentasikan sebelum penempatan beton. *Fluidifier* harus memiliki sifat-sifat sebagai berikut:
  - 1) Menghambat kekakuan yang terlalu dini dari mortar yang mudah dipompa.
  - 2) Cenderung terus menjaga kekentalan secara konsisten dalam mortar dan cairan dalam suspensi.
  - 3) Mencegah segregasi (*segregation*) saat *setting*.

- c) Bahan *grouting* di bawah segmen beton harus terdiri atas campuran yang dapat dipompakan (*pumpable*) dan mampu mencapai kuat tekan 5,0 MPa (ASTM C1019) sebelum segmen BBS dibuka untuk lalu lintas.
- d) Desain campuran dan peralatan pompa yang digunakan harus disediakan sebelum dilaksanakan
- e) Sebelum digunakan harus disediakan campuran *grouting* yang akan digunakan sebanyak minimal satu *batch* dan menunjukkan kekuatan yang diperlukan berdasarkan hasil uji kubus pada interval waktu yang diantisipasi di bawah kondisi temperatur yang sesuai dengan kondisi lapangan selama instalasi.
- f) Jika kekuatan yang diperlukan tidak tercapai, proporsi pencampuran dan operasi harus diubah sesuai dengan kebutuhan hingga tercapai kekuatan yang diperlukan.

## 6. Persyaratan peralatan

### 6.1 Peralatan pelaksanaan

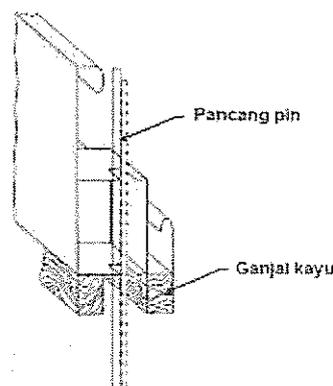
Pembuatan perkerasan beton semen dapat menggunakan peralatan dengan sistem acuan tetap (*fixed form*) atau acuan gelincir (*slip form*), dan prosedurnya dapat diikuti dalam pedoman Pt T-05-2004 B.

### 6.2 Acuan tetap (*fixed form*)

#### 6.2.1 Acuan tepi

Persyaratan acuan tepi pada sistem acuan tetap meliputi:

- a) Bekisting samping atau acuan tepi harus lurus, terbuat dari logam dengan ketebalan tidak kurang dari 5 mm dan harus disediakan dalam ruas-ruas dengan panjang tidak kurang dari 3 m. Lihat Gambar 7 dan Gambar 8.

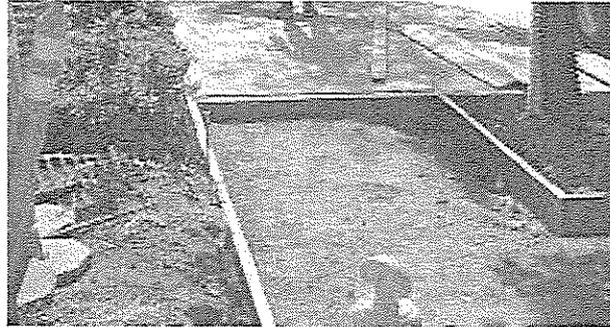


Gambar 7 Acuan tepi



Gambar 8 Acuan tepi siap dirakit

- b) Bahan bekisting dapat menggunakan bahan lain berdasarkan pengalaman dengan hasil yang baik. Untuk pekerjaan kecil, papan kayu tebal minimum 3 cm yang kuat dapat digunakan asalkan dilengkapi dengan besi sikudi bagian atas dan bawah, dibuat rata dengan permukaan bekisting, dan menutupi lebar penuh dari atas sampai ke bawah bekisting. Lihat Gambar 9



**Gambar 9-Acuan tetap dari kayu untuk pekerjaan kecil**

- c) Permukaan atas bekisting dari tepi yang lurus tidak boleh bervariasi lebih dari 5 mm setiap 3 meter.
- d) Bekisting harus bebas dari lentingan, tekukan atau puntiran.
- e) Bekisting ini sekurang-kurangnya mempunyai kedalaman sama dengan ketebalan perkerasan jalan tanpa adanya sambungan horisontal, dan lebar dasar bekisting tidak kurang dari ke dalamnya.
- f) Bekisting yang dapat disesuaikan (fleksibel) atau lengkung dengan radius yang sesuai harus digunakan untuk tikungan dengan radius 30,0 m atau kurang, dan harus dirancang sesuai dengan geometri yang diperlukan. Lihat Gambar 10.



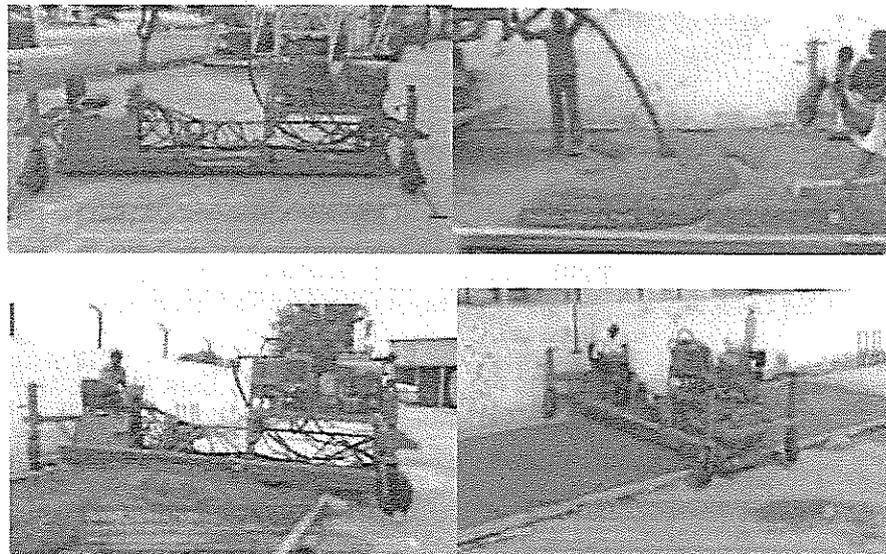
**Gambar 10 Foto lengkungan/belokan jalan**

- g) Bekisting harus dilengkapi dengan sarana yang memadai untuk keperluan pemasangan, sehingga bila telah terpasang harus dapat menahan segala benturan dan getaran dari alat pemadat dan pembentuk, tanpa adanya lentingan atau penurunan.
- h) Batang flens (*flange braces*) harus dilebihkan keluar dari dasar tidak kurang dari 2/3 tinggi bekisting.
- i) Bekisting yang permukaannya miring, bengkok, terpuntir atau patah harus disingkirkan dari tempat pekerjaan.

- j) Bekisting bekas yang diperbaiki harus diperiksa, permukaan atas bekisting tidak boleh berbeda lebih dari 3 mm dalam 3 meter dan pada kaki tegaknya tidak boleh lebih dari 6 mm.
- k) Sambungan antara bekisting harus bebas dari gerakan dalam setiap arah.
- l) Bekisting harus dibersihkan dan diminyaki setiap kali sebelum beton ditempatkan.
- m) Bekisting ini harus dilengkapi dengan pengunci pada bagian ujung yang bersambungan.
- n) Bekisting harus tetap di tempat minimum 12 jam setelah beton ditempatkan. Bila kekuatan awal beton tertunda, bekisting harus tetap di tempat lebih lama tetapi tidak lebih dari 48 jam.
- o) Pada permukaan bekisting, penggunaan bekisting vibrator akan menyebabkan serat menjauh dari dinding bekisting.

### 6.2.2 Mesin penghampar dan pembentuk (*spreading and finishing machines*) pada acuan tetap

Mesin penghampar harus dirancang agar dapat mengurangi segregasi pada campuran beton. Mesin pembentuk (*finishing machines*) harus dilengkapi dengan sepatu melintang (*transverse screeds*) yang dapat bergerak bolak-balik (*oscillating type*) atau alat lain yang serupa untuk memadamkan (*striking off*) beton. Lihat Gambar 11.



Gambar 11 Mesin penghampar Acuan Tetap (*Fixed Form Concrete Paver*)

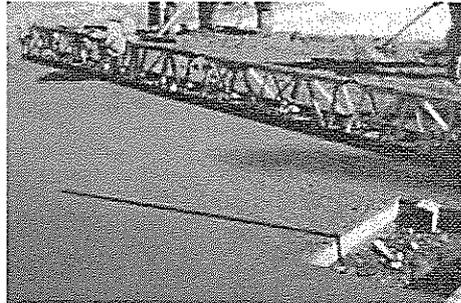
### 6.2.3 Vibrator (penggetar)

Prinsip dasar vibrator berikut ini dapat digunakan.

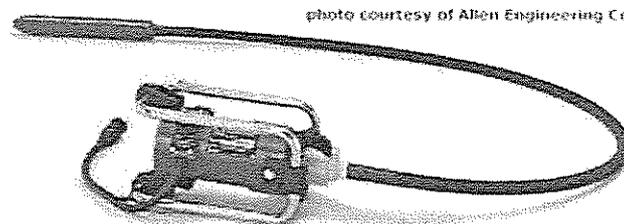
- a) *Vibrator*, untuk menggetarkan seluruh lebar perkerasan beton, dapat berupa jenis "*surface pan*" atau jenis "*internal*" dengan tabung celup (*immersed tube*) atau "*multiple spuds*". Lihat Gambar 12. *Vibrator* tangan dapat digunakan untuk memadamkan beton segar, Lihat Gambar 13.
- b) *Vibrator* dapat dipasang pada mesin penghampar atau mesin pembentuk, atau dapat juga dipasang pada kendaraan (peralatan) khusus. *Vibrator* tidak boleh menyentuh sambungan, perlengkapan untuk memindahkan beban (*load transfer devices*), tanah dasar dan acuan (*form*) samping. Frekuensi vibrator "*surface pan*" tidak boleh kurang dari 3500 impuls per

menit (58 Hz), dan Frekuensi *vibrator* internal tidak boleh kurang dari 5000 impuls per menit (83 Hz) untuk *vibrator* tabung dan tidak kurang dari 7000 impuls per menit (117 Hz) untuk "*vibrator spud*".

- c) Bila *vibrator spud* dioperasikan dengan tangan maupun dipasang pada mesin penghampar (*spreader*) atau pembentuk (*finishing*), yang digunakan di dekat acuan, frekuensinya tidak boleh kurang dari 3500 impuls per menit (58 Hz).



Gambar 12 - *Vibrating screed*

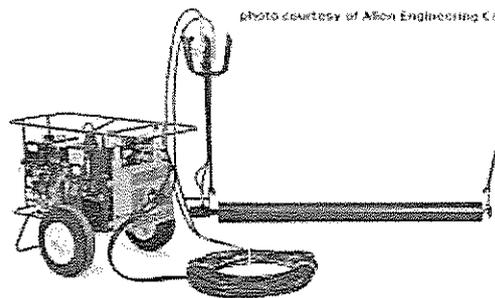


Gambar 13 *Hand operated vibrator*

#### 6.2.4 Batang penempa (*screed*)

Ukuran batang penempa atau *screed* pada acuan tetap adalah bervariasi dalam ukuran panjang dan lebar serta dapat dibuat secara sederhana. Beberapa jenis *screed* khusus adalah sebagai berikut:

- a) *Manual screed* terdiri atas pipa baja atau baja profil persegi yang lurus dan datar dengan gagang yang panjang, untuk mendorong beton segar sesuai dengan level atau ketinggian yang diinginkan. Lihat Gambar 14.
- b) Penempa berputar (*roller screed / paver*) (Gambar 14 dan Gambar 15), terdiri atas tabung baja yang berputar hingga 250 rpm dalam arah yang berlawanan dari gerakan penghamparan beton segar. Tabung baja menggilas beton segar dan mendorong kelebihan beton segar ke depan oleh aksi gerakan ke depan. Tabung penggilas ini dapat dilengkapi dengan sistem getaran kecil, dan dapat dipasang pada satu unit alat penghampar beton jenis acuan tetap.



c) Gambar 14 - *Roller screed*



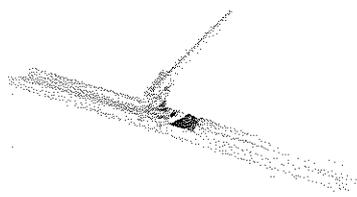
Gambar 15 - *Roller screed*

sedang beroperasi

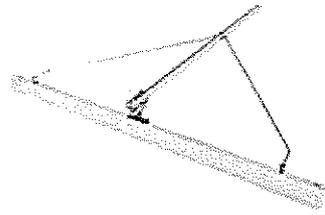
### 6.2.5 Alat penyelesaian akhir (*finishing*)

Alat-alt berikut harus digunakan untuk penyelesaian akhir.

- a) Pelepa mengambang terbuat dari besi kanal untuk meratakan permukaan beton segar, mistar pendatar untuk mengetahui tonjolan-tonjolan, dan alat *tringing* untuk membuat tekstur. Lihat Gambar 16 sampai dengan Gambar 19.
- b) Pada penghampar jenis acuan tetap, penyelesaian akhir biasanya dilakukan dengan alat-alat tangan atau dengan mesin. Pada umumnya setelah beton segar diratakan, dihaluskan dengan alat pelepa mengambang (*floating*) yang digerakkan dengan menggeser-geser di atas permukaan beton segar (Gambar 16 dan Gambar 18). Untuk menghilangkan tonjolan yang tersisa setelah dilakukan *floating* yaitu dikontrol dengan *straightedge* (Gambar 17), untuk membenamkan partikel agregat yang besar. Terakhir adalah *texturing* menggunakan alat *tringing* (Gambar 19) dengan tangan atau alat bersekala besar menggunakan rangka batang yang dilengkapi alat *tringing* dan digerakkan secara mekanis.



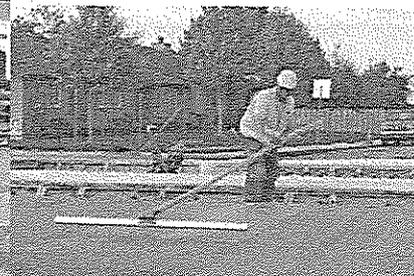
Gambar 16 Pelepa terbuat dari besi kanal (C) untuk finishing (*floating*)



Gambar 17 *Straight edge*



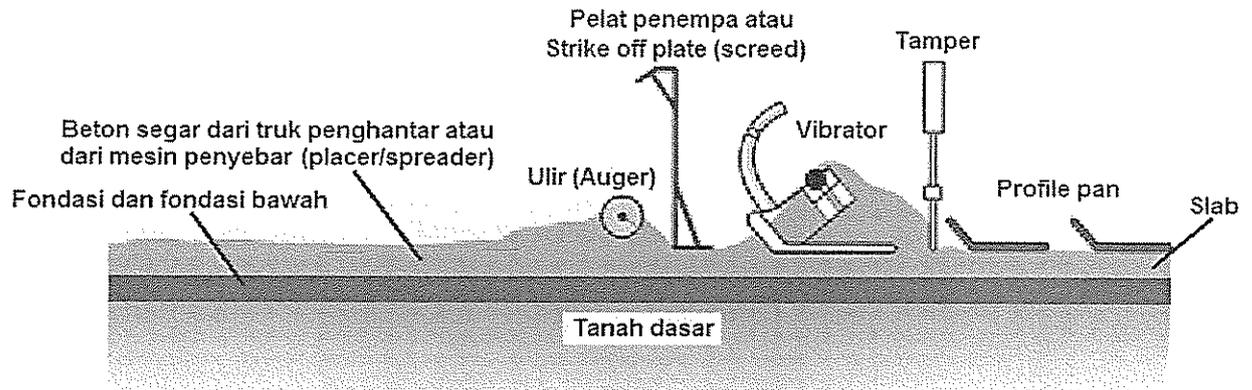
Gambar 18 Pelepa (*floating*) sedang dioperasikan



Gambar 19 *Tining* secara manual

### 6.3 Acuan gelincir (*slip-form paving system*)

Berikut ini beberapa alat untuk menghampar beton menggunakan acuan bergerak. Lihat Gambar 20.



Gambar 20. Tipikal skema alat secara tipikal pada acuan gelincir

### 6.3.1 Penyebar (*placer/ spreader*)

Mesin di baris pertama untuk yang menempatkan beton. kadang-kadang disebut sebagai penyebar. Mesin ini menerima campuran beton dari kendaraan pengirim dan menyebarkan beton di depan mesin kedua yang merupakan penghampar acuan-bergerak.



Gambar 21 *Placer / spreader* besar

Gambar 22 *Placer / spreader* kecil



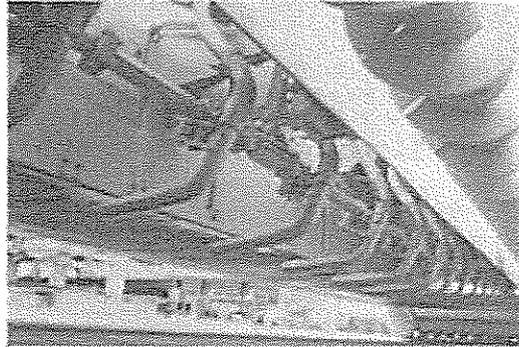
Gambar 23 *Placer/spreader* menerima beton segar dari dump truk dan menempatkannya di depan penghampar (*paver*).

### 6.3.2 Penghampar (*paver*)

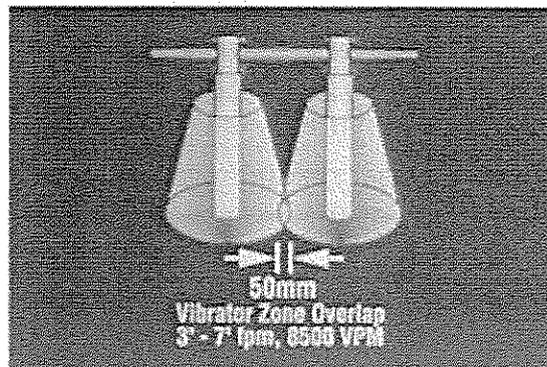
Mesin kedua adalah penghampar (*paver*). Jika beton dipasang di depan penghampar beton acuan bergerak, atau jika beton dapat disimpan langsung di depan acuan bergerak dari unit pengiriman beton, maka mesin pertama tidak digunakan. Dalam mesin penghampar terdapat alat berikut:

- a) Ulir (*auger*) untuk menyebarkan dan mendorong beton secara seragam. Lihat Gambar 24

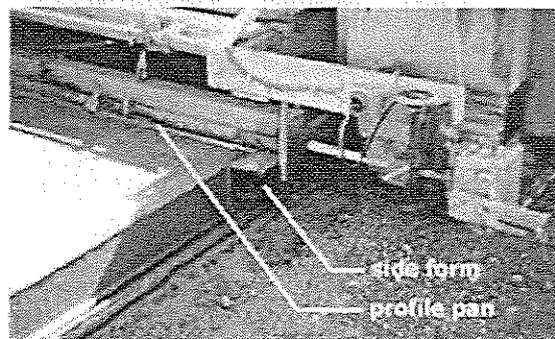
- b) *Vibrator spud*, dalam Gambar 24 dan Gambar 25 untuk memadatkan dan menempa beton pada elevasi yang sesuai, mengisi beton ke dalam cetakan yang membentuk perkerasan beton dalam konfigurasi geometris yang tepat.
- c) Batang pepadat (*tamping bar*) atau *profile pan* untuk beberapa jenis penghampar beton acuan bergerak juga digunakan, yaitu dapat melesakkan agregat besar menjadi rata untuk mencegah agregat tersangkut dan menyebabkan robekan pada bagian atas *slab*. Lihat Gambar 26



Gambar 24 Pepadat (*vibrator spud*) dan ulir (*auger*)



Gambar 25 Zona overlap pepadat

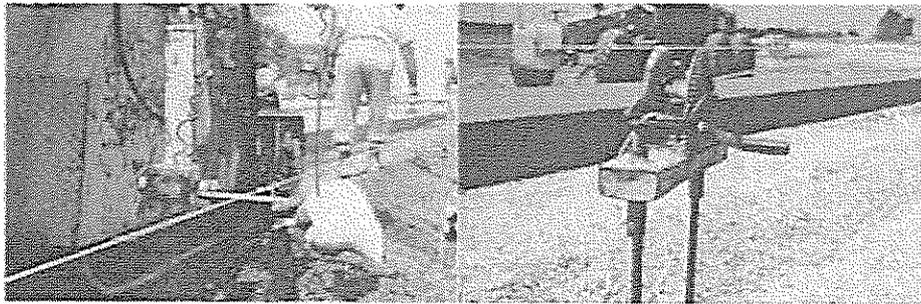


Gambar 26 *Profile pan* dan acuan tepi (*side form*) pada acuan bergerak

### 6.3.3 *Stringline*

*Stringline* dapat terbuat dari kabel, kawat, tali plastic atau bahan lain yang sejenis. Tali string dibuat untuk mengontrol peralatan acuan bergerak pada level dan alinyemen yang tepat. Jarak dari patok ke patok untuk garis ketinggian setiap panjang sekitar (7,5 – 15) meter, di tepi perkerasan. Bila tidak menggunakan patok besi, patok kayu dapat digunakan dengan

penampang sekitar (16 – 25) cm<sup>2</sup>, ditanamkan ke dalam tanah. Kerekan untuk mengencangkan *stringline*. Lihat Gambar 27.



Gambar 27–*Stringline* dan kerek

#### 6.3.4 Batang mengambang (*tube float*)

Mesin ketiga adalah tabung mengambang (*tube float*). Mesin ini menghaluskan bagian atas perkerasan dan menyeret tabung aluminium yang dipasang miring di depan dan di belakang, di bagian atas perkerasan. Mesin ketiga ini kadang-kadang tidak digunakan bila dipasang tabung otomatis (*auto float*) di belakang mesin acuan bergerak. Tabung tersebut secara otomatis melakukan penghalusan permukaan di atas perkerasan dengan berosilasi dalam gerakan maju dan mundur.

#### 6.3.5 Alat pemasang ruji (*Dowelbar inserter, DBI*)

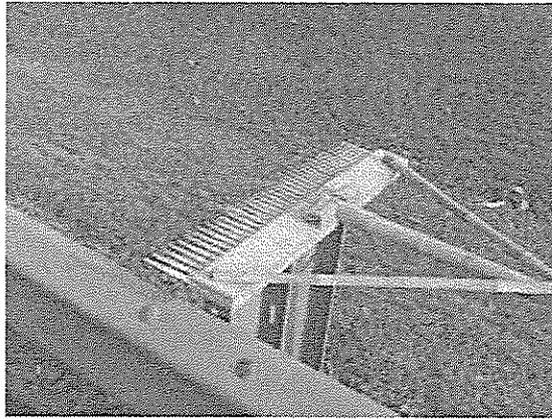
Mesin pemasang ruji (*Dowelbar Inserter, DBI*). Dengan mesin ini ruji dimasukkan ke dalam beton segar dengan cara menekan seperti ditunjukkan dalam Gambar 28.



Gambar 28 – Mesin pemasang ruji

#### 6.3.6 Alat *tining*

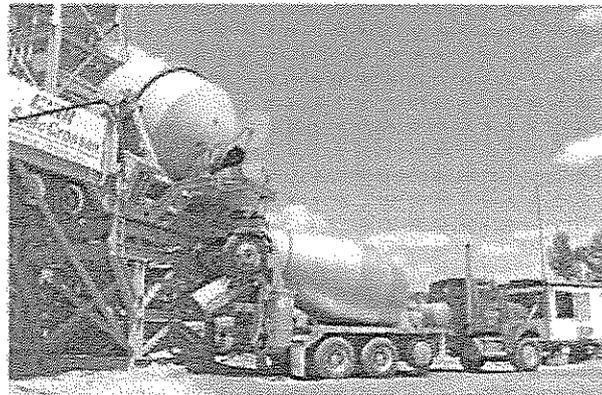
Mesin terakhir adalah kombinasi alat *tining* (alat pembuat tekstur) dan perawatan beton. Gambar 29. Mesin ini membuat *tining* di atas perkerasan dengan sisir logam yang secara otomatis bergerak dengan geseran di atas perkerasan. Mesin ini dapat digunakan pula untuk menyemprot *curing* kompon di atas perkerasan beton. Kadang-kadang *curing* kedua diperlukan jika tine / *curing* pertama tidak dapat melakukan operasi *curing* secara tepat waktu. Batang mengambang atau mesin tine ini juga digunakan untuk membuat tekstur, seperti memasang goni atau tekstur karpet pada mesin tersebut, kemudian ditarik setelah semua *finishing* selesai.



Gambar 29 Tipikal alat *tinging*

#### 6.4 Kendaraan penghantar

Penghantar jenis agitator (penggoyang bolak-balik) atau pencampur dalam Gambar 30 harus mampu menuangkan beton dengan *slump* yang disyaratkan. Beton yang dibentuk dengan acuan bergerak dapat diangkut dengan *dump truck*. Lihat Gambar 21 dan Gambar 22.

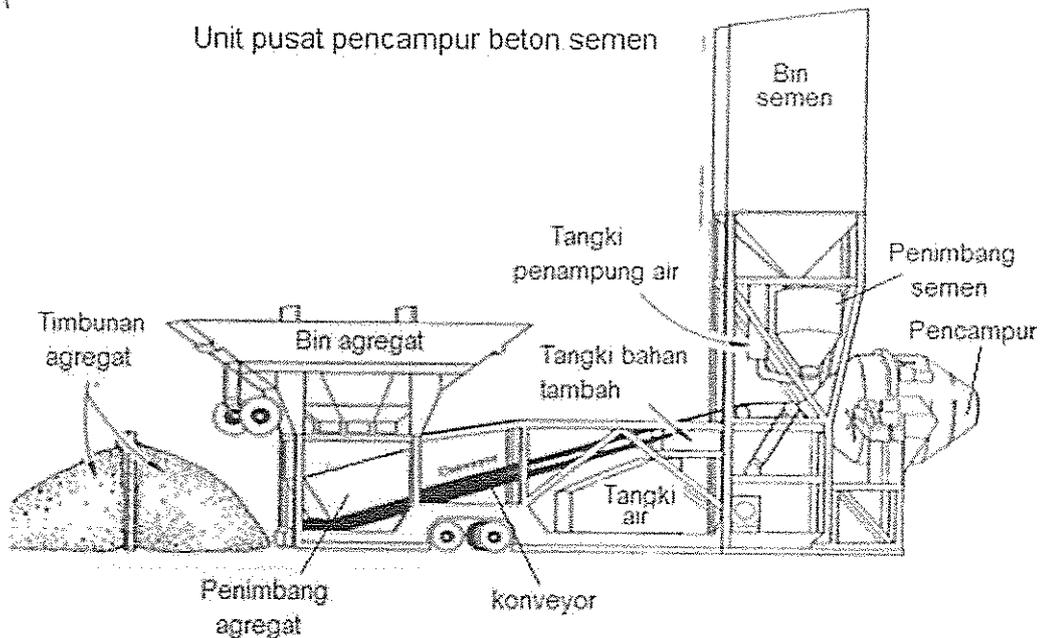


Gambar 30 Alat transportasi di beton terpusat

#### 6.5 Pencampur beton siap pakai

Pemasokan beton siap pakai untuk penghamparan dengan acuan tetap (*fixed form*) memerlukan suatu demonstrasi untuk mengetahui kecepatan penghantaran, mutu, dan kesinambungan yang disyaratkan dan dapat dipenuhi oleh pemasokan beton siap pakai.

Alat pencampur terpusat (*stationary mixer*) dalam Gambar 31 yang mempunyai kapasitas beton siap pakai gabungan lebih dari 60 meter kubik per jam harus dilengkapi dengan penghampar jenis acuan bergerak, kecuali jika dapat ditunjukkan bahwa kecepatan penghantaran, mutu, dan kesinambungan yang disyaratkan dapat dipenuhi oleh beton siap pakai.

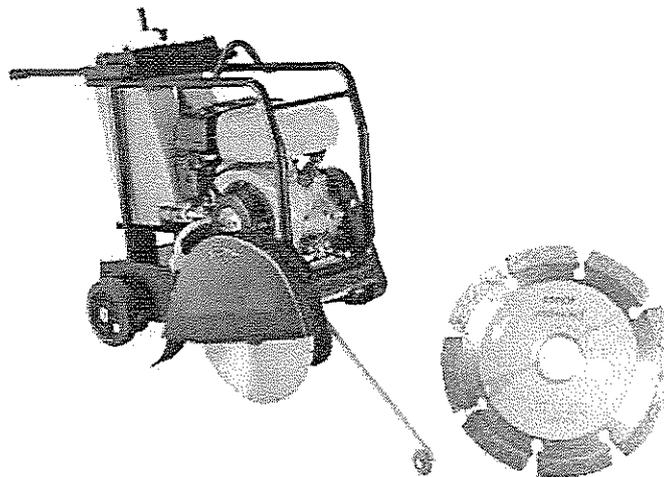


**Gambar 31 Alat pencampur beton terpusat**  
(Sumber: September 1, 2003 *CONCRETE MANUAL* 5-694.410 (3))

## 6.6 Gergaji beton

Penggunaan gergaji beton dan persyaratannya meliputi hal-hal berikut:

- a) Bilamana sambungan yang dibentuk dengan penggergajian (*saw joints*) disyaratkan, harus tersedia peralatan gergaji dalam jumlah dan kapasitas yang memadai dan mampu menyelesaikan penggergajian dengan tepi pisau berintang yang didinginkan dengan air atau dengan gurinda (*abrasive wheel*) sesuai dengan ukuran yang ditentukan. Lihat Gambar 32.
- b) Harus tersedia pula paling sedikit 1 gergaji yang siap pakai (*standby*). Sebuah pisau gergaji cadangan harus disediakan di tempat kerja setiap saat selama operasi penggergajian. Harus tersedia fasilitas penerangan yang memadai untuk penggergajian di malam hari. Seluruh peralatan ini harus berada di tempat kerja sebelum dan selama pekerjaan perkerasan beton.



**Gambar 32 Gergaji beton**

## 7. Persyaratan campuran

### 7.1 Umum

Seperti beton konvensional, campuran BBS menggunakan berbagai proporsi campuran tergantung pada penggunaannya. Campuran beton harus proporsional untuk suatu pekerjaan dan sama seperti campuran yang digunakan sebelumnya. Campuran beton harus disesuaikan dengan kemudahan kerja dan faktor lainnya..

### 7.2 Slump

Persyaratan berikut harus dilakukan untuk uji *slump*.

- a) Uji kelecakan (*slump*) dapat ditetapkan untuk mengendalikan konsistensi beton seras dari *batch* ke *batch*. Selain uji kelecakan yang dijelaskan dalam SNI 1972:2008, juga dilakukan cara uji yang sesuai dengan ASTM C 138 dan ASTM C 173 atau ASTM C 231.).
- b) Untuk perkerasan jalan, besar *slump* adalah antara 25 mm dan 75 mm. Untuk pekerjaan massal antara 25 mm dan 50 mm.
- c) Untuk acuan bergerak, rentang *slump* adalah sekitar (20 – 50) mm untuk jalan umum, dan sekitar (20 – 40) mm untuk jalan tol. Di beberapa pekerjaan diperlukan *slump* sekitar (15 – 25) mm dengan alasan bahwa karena acuan bergerak tidak menggunakan acuan tepi, sementara bagian tepi perkerasan beton yang plastis harus stabil. Toleransi yang diijinkan terhadap *slump* yang diusulkan untuk campuran beton manapun adalah  $\pm 13$  mm.

### 7.3 Metoda proporsi (*proportioning methods*)

#### 7.3.1 Umum

Berikut ini secara umum untuk merancang campuran beton sebagai salah satu upaya mengoptimalkan kinerja dan biaya pada tingkat kekuatan tertentu.

- a) Mencoba penggunaan rasio air-semen(rasio A/S) serendah mungkin dengan fraksi agregat kasar(CA) dan agregat halus(FA) maksimum yang dapat mengisi rongga antara butiran agregat dalam beton.
- b) Metoda proporsi merancang dalam menentukan:
  - 1) Campuran beton yang praktis sesuai dengan persyaratan pencampuran dan pengecoran;
  - 2) Ukuran maksimum agregat kasar, dan
  - 3) Proporsi FA dan CA yang tepat.

#### 7.3.2 Uji metoda proporsi

Pendekatanpaling sederhanauntuk rancangan campuran adalah sebagai berikut:

- a) Pilih rasio A / S yang sesuai.
- b) Buatlah campuran percobaan kecil dengan rasio A/S yang dipilih dan dapatkan konsistensi basah yang diinginkan (*kelecakan & workability*).
- c) Buat beberapa percobaan untuk mencapai campuran yang paling ekonomis sesuai dengan sifat yang diinginkan.

### 7.4 Disain campuran

Persyaratan-persyaratan disain campuran secara umum dan persyaratan jumlah semen harus sesuai dengan persyaratan sifat campuran beton untuk perkerasan jalan beton semen.

Kadar air dalam beton pada penggunaan acuan bergerak harus lebih rendah, sehingga kekuatan beton lebih baik serta dapat meningkatkan daya tahan terhadap rembesan garam, dan meningkatkan ketahanan beton terhadap kerusakan akibat ion klorida.

### 7.5 Persyaratan sifat campuran

- a) Beton harus mempunyai suatu kuat lentur minimum pada pekerjaan untuk beton percobaan campuran yang lebih tinggi daripada produksi beton selama pekerjaan, sesuai dengan ketentuan dalam Tabel 3.

**Tabel 3 Kekuatan beton karakteristik**

Sifat-sifat Beton	Pekerjaan	Metoda Uji	Nilai Kekuatan
$f_s$ , 28 hari, kg/cm <sup>2</sup> , Min	Beton percobaan campuran	SNI 03-4431	47 (4,7)
	Perkerasan beton (pengendalian produksi)		45 (4,5)
$f_s$ , 7 hari, Min.			0,7 $f_s$ , 28 hari
Keleccakan ( <i>Slump</i> ), mm, Min		SNI 1972:2008	50 tanpa WRA atau 75 dengan WRA

$f_s$  = Kuat lentur beton normal yang diuji sesuai dengan SNI 03-4431  
 Ukuran benda uji balok 500mm x 150mm x 150mm  
 1 MPa ~ 1 N/mm<sup>2</sup> ~ 10 kg/cm<sup>2</sup>.  
 WRA = *Water reducing admixture*

- b) Korelasi kekuatan tekan beton karakteristik ( $f_c'$ ) dan kuat tarik lentur ( $f_s$ ) di laboratorium:
- $f_s = K(f_c')^{0,5}$  dalam MPa
  - $f_s = 3,13 \cdot K(f_c')^{0,5}$  dalam Kg/cm<sup>2</sup>  
 $K \rightarrow = 0,70$  untuk agregat tidak dipecah dan  
 $0,75$  untuk agregat dipecah
- c) Beton tersebut harus merupakan jenis yang memiliki sifat kemudahan pengerjaan yang sesuai untuk mencapai pemadatan penuh dengan alat yang digunakan, dan tanpa pengaliran yang tidak semestinya.
- d) Bila diperlukan pompa untuk pembetonan, harus diperhatikan kapasitas pompa dan nilai *slump* yang relatif harus lebih tinggi minimum sekitar (100 ± 20) mm.
- e) Untuk acuan bergerak, beton memerlukan kuat awal tinggi, yaitu harus dicapai dalam waktu 12 jam, dibandingkan dengan beton konvensional yang membutuhkan waktu sekitar (5 -- 14) hari.

### 7.6 Campuran percobaan (*trial mix*)

Pada pelaksanaan beton, persyaratan berikut harus dilakukan.

- a) Sebelum dilakukan pengecoran, harus melakukan percobaan campuran (*trial mix*) di lapangan sesuai dengan rancangan campuran yang dihasilkan oleh laboratorium.
- b) Apabila hasil kuat lentur beton yang didapat pada umur 7 hari menghasilkan kuat lentur beton lebih kecil dari 85% nilai kuat lentur beton yang disyaratkan, maka harus melakukan penyesuaian campuran dan mencari penyebab ketidaksesuaian tersebut, dengan meminta saran tenaga ahli yang kompeten di bidang beton untuk kemudian melakukan percobaan campuran kembali sampai dihasilkan kuat lentur beton di lapangan yang sesuai dengan persyaratan;

- c) Bilamana percobaan campuran beton telah sesuai, maka dapat melanjutkan pekerjaan pencampuran beton sesuai dengan hasil percobaan campuran.

## **8. Daftar periksa (*check lists*) pada proses penakaran, pencampuran, dan pengiriman**

Sebelum pelaksanaan penghamaran beton di lapangan, perlu memeriksa alat dan untuk proses penakaran, pencampuran dan pengiriman

### **8.1 Pemeriksaan operasi unit penakaran (*checking batch plant operation*) (*CONCRETE MANUAL 5-694.410 (2), September 1, 2003* )**

Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan ketepatan pengoperasian peralatan sebelum memulai operasi pembetonan, dan setelah dilakukan perubahan atau pengaturan lainnya di lokasi unit produksi beton (*Batching plant*).

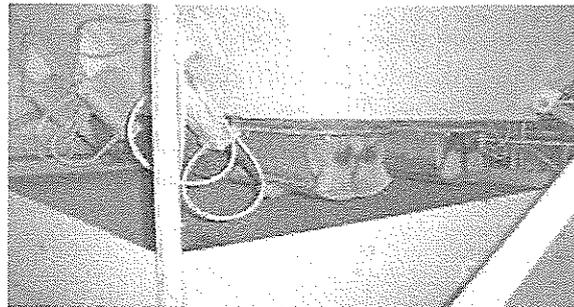
- a) Kalibrasi *batching plant* harus dilakukan.
- b) Pemeriksaan tata letak *batching plant* sebelum peralatan didirikan agar operasi berjalan efisien, serta lokasi yang memadai untuk penimbunan bahan dan penanganan.
- c) Hindari pendirian *batching plant* di lokasi yang padat penduduk dan tidak kondusif ketika dilakukan penanganan bahan.
- d) Agregat di lokasi *batch plant* harus kering sehingga perlu disediakan sarana pembuangan air drainase untuk dialirkan dari bahan yang ditiriskan.
- e) Jauhkan bahan dari gradasi yang berbeda dan harus dipisahkan. Dinding pemisah terbuat dari kayu dibuat dengan baik untuk menghemat ruang di lokasi penyimpanan.
- f) Bin penimbang dan *hopper* harus didirikan pada dasar yang kuat untuk menghindari penurunan yang dapat mempengaruhi akurasi peralatan.
- g) Periksa bahwa stok bahan cukup untuk menyelesaikan pekerjaan beton atau tingkat pengiriman agregat yang cukup untuk menjaga kontinuitas pengiriman beton yang diperlukan.
- h) Bila *hopper* pengumpu ldigunakan untuk menangani lebih dari satu ukuran agregat, kosongkan bahan berukuran yang berbeda sebelum menempatkan dengan ukuran lain.
- i) Periksa bahwa konveyor dan corong yang digunakan pada *hopper* pengumpul sudah bersih. Talang luncur untuk membelokkan bahan ke berbagai wadah penyimpanan harus terpusat pada kompartemen yang benar ketika sedang diisi dengan agregat.

### **8.2 Pemeriksaan peralatan unit produksi (*batching equipment*)**

Prinsip dasar berikut harus dilakukan dalam pemeriksaan peralatan.

- a) Peralatan *batching plant* harus diperiksa sebelum digunakan.
- b) Periksa ulang prosedur yang akan digunakan dan akan diikuti selama penimbangan.
- c) Peralatan hasil pemeriksaan harus memenuhi persyaratan dan menghasilkan mutu beton secara seragam.
- d) Informasi berikut akan membantu dalam mengevaluasi peralatan.
  - 1) Peralatan *batching* umumnya terdiri atas *hopper* penimbang bahan yang diambil dari bins *overhead* dengan gravitasi,
  - 2) Penumpahan ke dalam truk di bawah atau ke ban yang masuk ke mixer.
  - 3) Timbang bahan-bahan semen secara independen dan agregat baik pada skala terpisah atau dalam ruang yang terpisah.

- 4) Pintu pengontrol pengisian dan pemakaian dari *hopper* harus ditutup erat dan memiliki penguncian. Lihat Gambar 33.
- 5) Perangkat pengisian harus mampu menghentikan aliran dalam toleransi berat tertentu dan mengontrol laju aliran bahan.
- 6) Cara menempatkan peralatan vibrasi atau alat bantu lain tidak boleh mengganggu akurasi penimbangan.



**Gambar 33 Pintu pengontrol pada *hopper***

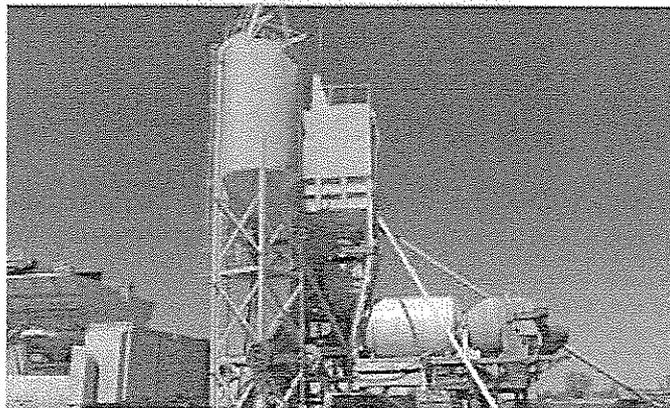
- 7) Pelaksanaan harus menghindari *overloading* pada *hopper* atau melebihi kapasitas timbangan.
- 8) Penakar tidak boleh meluap di atas penimbang berat *hopper* atau melebihi kapasitas timbangan.
- 9) Ruang bebas yang cukup harus ada di atas penakar pada *hopper* untuk memungkinkan pengangkatan kelebihan bahan. Bila sudah ditakar ke dalam *hopper*, bagian atas bahan tersebut tidak boleh menyentuh bagian atas bin pengisian.
- 10) Penimbang semen pada harus memiliki pintu akses untuk memfasilitasi pemeriksaan bagian dalam.
- 11) Pemasangan penutup debu antara bin penyimpanan dan *hopper* tidak boleh mempengaruhi akurasi penimbangan.
- 12) *Hopper* harus memiliki dasar kerucut dan dilengkapi *vibrator* guna memastikan pengeluaran yang lancar.
- 13) Sebelum pencampuran, hati-hati memeriksa mixer untuk meyakinkan bahwa semua persyaratan tentang bilah, kecepatan drum, waktu, dll. terpenuhi.
- 14) Pencampur harus memproduksi beton dengan kecepatan yang cukup untuk operasi menuang bahan. Pencampur memiliki kapasitas  $0,3\text{m}^3$  ( $10\text{ft}^3$ ) atau lebih membutuhkan pengatur waktu (*timer*) otomatis sesuai dengan ketentuan sebelum pencampuran. Dalam Gambar 30 dan Gambar 31 ditunjukkan alat pencampur beton terpusat dan alat transportasi (*aggitator truck*) yang sedang diisi beton.
- 15) Periode pencampuran dimulai bila bahan terakhir yang masuk ke dalam drum mixer dan ketika penakaran debit selesai. Kapasitas pencampuran  $0,75\text{m}^3$  ( $1\text{yd}^3$ ) atau lebih harus maksimum 60 detik waktu pencampuran. Untuk mencapai waktu pencampuran, harus memperhatikan factor lain seperti pengisian dan waktu dalam siklus operasi total.
- 16) Bila operasi pencampuran pertama dimulai, atur agar menghasilkan waktu siklus operasi 75 detik untuk pencampur Drum tunggal dan 55 detik untuk pencampur Drum ganda. Contoh dalam Gambar 34 adalah pencampur Drum tunggal dan Gambar 35 contoh alat pencampur Drum ganda. Siklus operasi adalah periode waktu antara

kejadian beruntun di titik-titik tetap pada operasi tersebut dari titik ke titik. Kurangi waktu siklus jika penentuan operasi telah ditetapkan. Setiap bak (*bath*) mempunyai waktu siklus operasi pencampuran selama 60 detik penuh. Hal-hal khusus untuk mengamati setiap bak adalah sebagai berikut:

- a. Untuk pencampur drum tunggal atau drum ganda, air harus dimasukkan terlebih dahulu ke dalam drum kemudian bahan padat dialirkan menerus ke dalam drum sampai habis.
- b. Drum harus kosong dari pencampuran sebelumnya, sebelum bak bahan padat baru dimasukkan ke dalam drum.
- c. Untuk pencampur drum ganda, drum pertama harus dikosongkan dan saluran transfer ke drum kedua harus ditutup sebelum bahan padat bak baru masuk ke dalam drum kedua. Demikian juga, drum kedua harus kosong dan saluran transfer ditutup sebelum bak berikut dari drum pertama dimulai.
- d. Jumlah kecepatan putaran pencampuran tidak boleh lebih dari 150 Rpm.



**Gambar 34 Drum tunggal**  
(September 1, 2003 *CONCRETE MANUAL* 5-694.411)

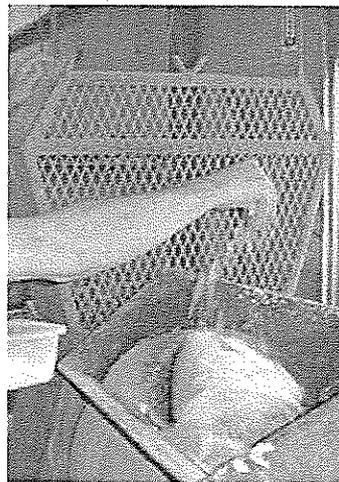


**Gambar 35 Drum ganda**  
(September 1, 2003 *CONCRETE MANUAL* 5-694.411)

### 8.3 Pemeriksaan pencampuran (*Mixing*)

#### 8.3.1 Urutan penambahan bahan serat

- a) Serat perlu terdistribusi secara merata ke seluruh matriks beton. Secara visual bila terjadi penggumpalan serat dalam beton, akan lebih terlihat, sedangkan bila serat tersebar dengan baik dalam beton, maka serat hampir tak terlihat.
- b) Serat yang menggumpal sering terjadi karena serat yang ditambahkan terlalu cepat atau tidak disebar secara merata ke dalam beton. Menambahkan serat terlalu cepat cenderung menggumpal seperti bola dan pengadukan yang tidak cukup akan menyebabkan penggumpalan, sehingga akan banyak serat yang tergulung dengan bahan pengikat. Jika beton tidak diaduk merata seluruhnya maka gumpalan serat tidak akan memisah dan serat tetap tidak tercampur merata.
- c) Cara terbaik untuk mencegah penggumpalan adalah urutan penambahan serat ke dalam mikser dengan kapasitas relatif kecil (300 liter), dengan urutan sebagai berikut:
  - 1) Pertama, masukkan pasir, agregat dan air (sekitar 30%) ke dalam *mixer*.
  - 2) Tambahkan serat perlahan-lahan sehingga serat, agregat dan air tercampur secara cepat, menyeluruh dan serat tersebar merata.
  - 3) Bila serat sudah benar-benar tersebar segera tambahkan semen dan sisa air.
- d) Untuk alat pencampur yang besar seperti di Pusat Pencampur (*Central Batch Plant*) dengan kapasitas 5 m<sup>3</sup>, serat ditaburkan pada ban berjalan (*belt conveyor*). Proses ini dapat memastikan campuran tersebut seragam. Lihat Gambar 36.



Gambar 36 Mencegah penggumpalan, serat ditambahkan perlahan ke dalam alat pencampur,

#### 8.3.2 Penyebab serat menggumpal (*causes of fiber balling*)

Untuk mencegah serat menggumpal perlu memperhatikan komposisi dan dimensi serat yang akan ditambahkan ke dalam beton seperti diuraikan dalam butir 5.4.2. Dalam beberapa kasus, serat-serat terbentuk membola di permukaan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 37 (Report No. FHWA/TX-07/0-4392-2. January 2006; Revised December 2006. *Fiber in Continuously Reinforced Concrete Pavements* 6. Performing Organization Code. Dr. Kevin Folliard, David Sutfin, Ryan Turner, and David P. Whitney).



**Gambar 37-Serat menggumpal di atas permukaan**

#### **8.4 Pemeriksaan pengiriman (*delivery*)**

Penghantar jenis truk agitator (penggoyang bolak-balik) atau truk pencampur (*truck mixer*) harus mampu menuangkan beton dengan *slump* yang disyaratkan. Beton yang dibentuk dengan acuan bergerak dapat diangkut dengan *dump truck*.

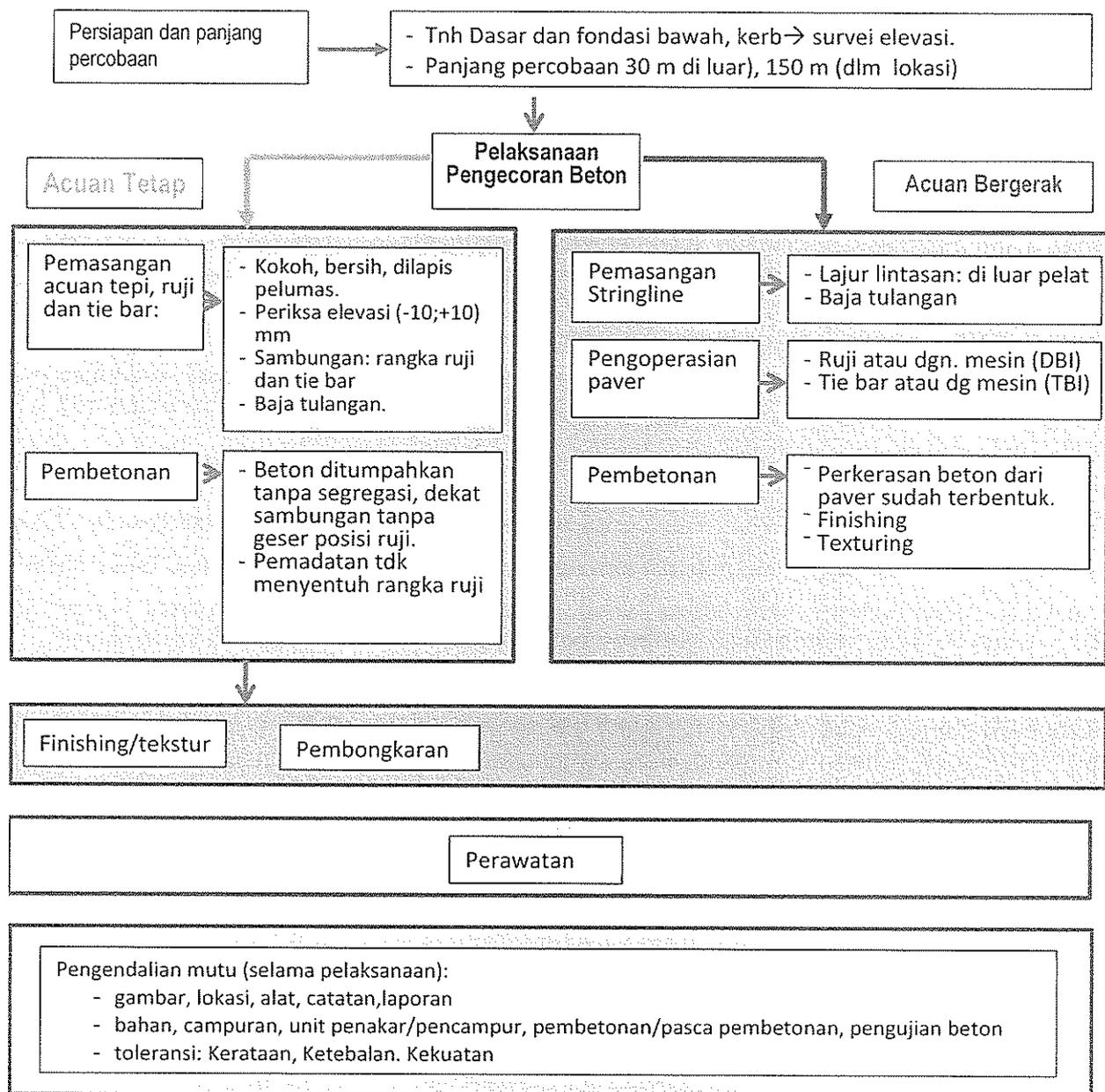
#### **8.5 Pemeriksaan campuran beton siap pakai (*ready mix*)**

Beton yang dipasok sebagai campuran siap pakai (*Ready Mix*) oleh suatu pemasok harus memenuhi ketentuan dalam SNI 03-4433. Syarat-syarat dan ketentuan-ketentuan bahan dalam butir 5, ketentuan peralatan dalam butir 6.5 harus didahulukan dari pada SNI 03-4433.

### **9. Pelaksanaan**

#### **9.1 Umum**

Secara umum pelaksanaan perkerasan beton semen bertulang serat seperti ditunjukkan dalam Gambar 38. Sebelum mulai pekerjaan beton semua pekerjaan lapis fondasi bawah dan kerb yang berdekatan harus sudah selesai. Survei elevasi harus dilakukan pada lapis fondasi bawah dan setiap lokasi yang lebih tinggi dari elevasi rancangan pada butir 4.2.2.iii pedoman ini harus diperbaiki sebelum dilakukan pekerjaan berikutnya.



**Gambar 38** Bagan alir pelaksanaan perkerasan jalan beton semen bertulang serat

## 9.2 Panjang percobaan

Untuk pelaksanaan percobaan campuran, hal-hal berikut harus dilakukan.

- Sebelum dilakukan pekerjaan yang sebenarnya, harus disediakan instalasi, peralatan dan metode pelaksanaan pekerjaan dan melakukan percobaan penghamparan dengan panjang tidak kurang dari 30 m di lokasi yang disediakan di luar daerah kerja permanen. Bilamana percobaan tersebut dinilai tidak memenuhi ketentuan, harus dilakukan percobaan penghamparan kembali.
- Setelah percobaan pertama sesuai dengan ketentuan, maka percobaan sepanjang minimum 150 m tetapi tidak lebih dari 300 m harus dilakukan di daerah kerja permanen. Pekerjaan ini harus menunjukkan seluruh aspek pekerjaan dan harus mencakup setiap tipe sambungan yang digunakan dalam pekerjaan.
- Persiapan pelaksanaan percobaan penghamparan harus disiapkan paling lambat satu bulan sebelum tanggal pelaksanaan percobaan pertama, termasuk uraian terinci tentang

instalasi, peralatan dan metode pelaksanaan pekerjaan. Perubahan pada instalasi tidak diperkenankan baik selama percobaan penghamparan ini atau bila perkerasan beton sedang dihampar di daerah kerja permanen.

- d) Pekerjaan menghamparkan perkerasan beton sebagai pekerjaan permanen tidak boleh dilanjutkan sebelum dipastikan bahwa ketentuan mutu sudah dipenuhi.
- e) Agar percobaan penghamparan lanjutan dapat dilakukan, panjang jalan harus memenuhi ketentuan tanpa ada pekerjaan perbaikan.
- f) Bilamana hasil percobaan penghamparan lanjutan tidak memenuhi ketentuan, maka harus menyiapkan lokasi percobaan yang lain. Percobaan penghamparan yang tidak memenuhi ketentuan harus dibongkar.
- g) Percobaan penghamparan di luar lokasi kerja permanen mungkin tidak diperlukan bilamana jumlah pekerjaan perkerasan beton sangat terbatas, seperti di tempat pemberhentian bus dan sebagainya.

### 9.3 Pelaksanaan dengan acuan tetap

#### 9.3.1 Acuan tepi dan alat pengendali elevasi

Prinsip dasar berikut harus dilakukan untuk acuan tepi dan alat pengendali elevasi.

- a) Acuan tepi dan alat pengendali elevasi (jenis kawat atau lainnya) harus dipasang secukupnya di bagian muka perkerasan yang sedang dilaksanakan agar diperoleh garis ketinggian yang diperlukan atau berdekatan dengan garis-garis acuan. Acuan harus dipasang pada tempatnya menggunakan sekurang-kurangnya 3 pin untuk setiap batang acuan panjang 3 m. Bagian-bagian acuan harus kokoh dan tidak goyah. Perbedaan permukaan acuan dari garis yang sebenarnya tidak boleh lebih dari 5 mm. Acuan tepi harus dibuat agar tahan terhadap benturan dan getaran dari peralatan pemadat dan penyelesaian tanpa terlihat adanya lentingan atau penurunan. Acuan harus bersih dan dilapisi pelumas sebelum beton dihamparkan. Ceceran beton yang tertumpah pada permukaan beton yang telah selesai dihampar harus disingkirkan.
- b) Alinyemen dan elevasi kelandaian acuan tepi harus diperiksa dan bila perlu diperbaiki, harus segera dilakukan sebelum beton dicor. Bilamana acuan berubah posisinya atau kelandaianya dan tidak stabil, maka harus diperbaiki dan diperiksa ulang.
- c) Bagian atas acuan tepi dan alat pengendali elevasi harus dipasang dengan toleransi elevasi tidak melampaui -10 mm sampai +10 mm terhadap rancangan elevasi permukaan yang telah selesai. Acuan tepi dan alat pengendali elevasi harus dipasang agar tidak ada satu titikpun pada ketebalan pelat beton yang setelah pengecoran dan pemadatan akan kurang dari tebal rancangan.

#### 9.3.2 Pengecoran beton (dilengkapi)

Ketentuan berikut harus dilakukan selama pengecoran beton.

- a) Beton harus dicor dengan ketebalan sesuai dengan rancangan, dan pekerjaan pemindahan beton sedapat mungkin dihindari. Kecuali truk pencampur, truk pengaduk, atau alat angkut lainnya yang dilengkapi dengan alat penumpah beton tanpa menimbulkan segregasi bahan, beton harus dituangkan ke dalam alat penghampar dan dihamparkan secara mekanis untuk mencegah segregasi. Penghamparan harus dilakukan secara menerus di antara sambungan melintang tanpa sekatan sementara. Penghamparan secara manual yang diperlukan harus dilakukan dengan memakai sekop dan bukan perlengkapan perata (*rakes*). Pekerja tidak boleh menginjakkan sepatunya yang dilekati oleh tanah atau kotoran lainnya ke hamparan beton yang masih baru.
- b) Bilamana beton yang dicor bersambungan dengan lajur perkerasan yang telah selesai terlebih dahulu, dan peralatan mekanik harus dioperasikan di atas lajur tersebut, kekuatan

beton di lajur itu harus sudah mencapai sekurang-kurangnya 90% dari kekuatan yang ditentukan untuk beton 28 hari. Bilamana hanya peralatan penyelesaian yang akan melewati lajur yang ada, penghamparan pada lajur yang bersebelahan dapat dilakukan setelah umur beton tersebut mencapai 3 hari.

- c) Beton harus dipadatkan secara merata pada tepi dan sepanjang acuan, sepanjang dan pada kedua sisi setiap sambungan, menggunakan *vibrator* batang yang dimasukkan ke dalam beton. *Vibrator* tidak boleh menyentuh langsung perlengkapan sambungan atau sisi acuan. *Vibrator* tidak boleh digunakan lebih dari 5 detik pada setiap tempat.
- d) Beton harus dituangkan sedekat mungkin dengan sambungan ekspansi dan sambungan kontraksi tanpa merusak posisi rangka ruji, dan tidak dituangkan langsung dari corong curah atau penampung (*hopper*) ke arah perlengkapan sambungan kecuali jika penampung tersebut telah ditempatkan dan penumpahan beton tidak menggeser posisi sambungan.
- e) Ceceran beton yang tertumpah pada permukaan beton yang telah selesai dihampar harus disingkirkan.

### 9.3.3 Pemasangan baja tulangan

Pemasangan baja tulangan tidak dibahas dalam pedoman ini. Bila diperlukan dapat mengikutibutir 6.4.2 dalam pedoman Pd T-05-2004-B.

### 9.3.4 Penyelesaian permukaan dengan mesin

Prinsip dasar berikut harus dilakukan selama penyelesaian permukaan dengan mesin.

- a) Penyelesaian akhir permukaan beton dapat mengikuti butir 7.7.1 dalam pedoman Pd T-5-2004-B..
- b) Pada penghamparan dengan acuan tetap, bila penyelesaian permukaan perkerasan beton menggunakan mesin, maka beton harus didistribusi atau disebar sesegera mungkin setelah beton dicor, dibentuk dan diratakan dengan mesin pembentuk (*finishing machine*). Mesin harus melintasi setiap bagian permukaan jalan beberapa kali dengan interval yang diperlukan untuk memperoleh kepadatan yang semestinya dan menghasilkan tekstur permukaan yang rata. Operasi yang berlebihan di atas permukaan beton harus dihindarkan. Bagian atas acuan harus tetap bersih dan gerakan mesin di atas acuan harus dijaga agar jangan sampai bergetar, goyah atau ada getaran lainnya yang cenderung mempengaruhi presisi akhir.
- c) Pada lintasan pertama mesin pembentuk (*finishing machine*), beton di depan *screed* harus dibuat rata pada keseluruhan jalur yang dikerjakan.

### 9.3.5 Penyelesaian permukaan dengan tangan

Prinsip dasar berikut harus dilakukan selama penyelesaian permukaan dengan tangan.

- a) Bila perkerasan beton relatif kecil atau bentuknya tidak beraturan, atau tempat kerja sangat terbatas untuk dilaksanakan dengan metode seperti yang disebutkan dalam Butir 9.3.4, beton harus didistribusi dan dihampar dengan tangan tanpa segregasi.
- b) Beton yang dipadatkan dengan balok *vibrator* harus digetar sampai level tertentu sehingga setelah kandungan udara dibuang melalui pemadatan, permukaan beton lebih tinggi dari pada acuan samping. Beton harus dipadatkan dengan balok pemadat yang terbuat dari baja atau dari kayu keras beralas baja dengan lebar tidak kurang dari 75 mm, tinggi tidak kurang dari 225 mm, dan daya penggerakannya tidak kurang dari 250 watt per meter lebar perkerasan beton. Balok diangkat dan digerakkan maju sedikit demi sedikit dengan jarak tidak lebih dari lebar balok. Sebagai alternatif, pemadat vibrasi berbalok ganda dengan

daya yang sama dapat juga digunakan. Bila ketebalan beton melebihi 200 mm, maka untuk menyempurnakan pemadatan dapat dilakukan vibrasi internal tambahan pada seluruh lebar perkerasan. Setelah 1,5 m panjang perkerasan beton dipadatkan, balok vibrasi harus dikembalikan sejauh 1,5 m untuk mengulang lagi dengan pelan-pelan pada permukaan yang sudah dipadatkan tersebut, untuk memperhalus permukaan.

- c) Permukaan beton kemudian harus diratakan dengan paling sedikit 2 kali lintasan dengan mistar lurus (*straight edge*) dengan panjang pisau tidak kurang dari 1,8 m. Bilamana permukaan beton koyak dan permukaan tidak rata, maka balok vibrasi harus digunakan lagi, lalu diikuti dengan mistar lurus.

### 9.3.6 Penyetrika (*floating*)

Setelah dibentuk dan dipadatkan, selanjutnya beton harus diperhalus, diperbaiki dan dipadatkan lagi menggunakan bantuan alat-alat penyetrika, dengan salah satu metode berikut ini.

- a) Cara manual

Penyetrika memanjang yang dioperasikan secara manual dengan panjang tidak kurang dari 350 mm dan lebar tidak kurang dari 150 mm, dilengkapi dengan pengaku agar tidak melentur atau melengkung. Penyetrika memanjang dioperasikan dari atas jembatan yang dipasang membentang di kedua sisi acuan tapi tanpa menyentuh beton, digerakkan seperti gerakan menggergaji, sementara penyetrika selalu sejajar dengan garis sumbu jalan (*centreline*), dan bergerak berangsur-angsur dari satu sisi perkerasan ke sisi lain. Gerakan maju sepanjang garis sumbu jalan harus berangsur-angsur dengan pergeseran tidak lebih dari setengah panjang penyetrika. Setiap kelebihan air atau cairan harus dibuang ke luar sisi acuan pada setiap lintasan.

- b) Cara mekanis

- 1) Penyetrika mekanik harus dalam keadaan siap dan dapat dioperasikan dengan baik. Penyetrika harus disesuaikan dengan akurat terhadap punggung jalan yang dikehendaki dan disesuaikan dengan mesin penyelesaian melintang (*transverse finishing machine*).
- 2) Sebagai alternatif dari penyetrika mekanis tersebut, pekerjaan dapat menggunakan mesin yang mencakup pemotong, penyetrika dan penghalus, yang dipasang pada dan dikendalikan melalui rangka yang kaku. Rangka ini dijalankan dengan alat beroda 4 atau lebih, yang bertumpu pada acuan samping.
- 3) Bilamana diperlukan, setelah penyetrikaan dengan salah satu metode tersebut, untuk menutup dan menghaluskan lubang-lubang pada permukaan beton dapat digunakan penyetrika dengan tangkai yang panjang, dengan panjang pisau tidak kurang dari 1,5 m dan lebar 150 mm. Penyetrika bertangkai ini tidak boleh digunakan pada seluruh permukaan beton sebagai pengganti atau pelengkap salah satu metode penyetrikaan tersebut. Bila pembentukan dan pemadatan dikerjakan tangan dan punggung jalan tidak mungkin dikerjakan dengan penyetrika longitudinal, permukaan harus digaru secara melintang dengan penyetrika bertangkai. Perhatian khusus harus diberikan pada punggung jalan selama operasi penyetrikaan ini. Setelah penyetrikaan, setiap kelebihan air dan sisa beton yang ada di permukaan harus dibuang dari permukaan perkerasan dengan mistar lurus pengupas sepanjang 3,0 m atau lebih. Setiap geseran harus dilintasi lagi dengan setengah panjang mistar lurus pengupas.

### 9.3.7 Memperbaiki permukaan

Ketentuan berikut harus dilakukan untuk memperbaiki permukaan perkerasan beton.

- a) Setelah penyetrikaan selesai dan kelebihan air dibuang, sementara beton masih plastis, bagian-bagian yang ambles harus segera diisi dengan beton baru, dibentuk, dipadatkan dan diselesaikan (*finishing*) lagi. Lokasi yang menonjol harus dipotong dan diratakan lagi.

Perhatian khusus harus diberikan untuk memastikan bahwa permukaan sambungan memenuhi kerataan yang disyaratkan. Perbaikan permukaan harus dilanjutkan sampai seluruh permukaan bebas dari perbedaan tinggi, dan perkerasan beton memenuhi kelandaian dan penampang melintang yang diperlukan.

- b) Perbedaan tinggi permukaan dengan mistar lurus (*straightedge*) tidak boleh melebihi toleransi yang ditentukan dalam butir 9.3.10.

#### 9.3.8 Membentuk tepian

Segera setelah beton dibentuk dan dipadatkan, tepi perkerasan beton di sepanjang acuan dan pada sambungan harus diselesaikan dengan perkakas yang sesuai untuk merapikan tepi pelat (*edging tool*) untuk membentuk permukaan seperempat lingkaran yang halus dengan radius 12 mm.

#### 9.3.9 Pembuatan tekstur permukaan (*tinging*)

Ketentuan berikut harus dilakukan untuk pembuatan tekstur permukaan perkerasan beton.

- a) Pembentukan tekstur permukaan dapat mengikuti pedoman Pd T-5-2004 B. Selain prosedur tersebut dapat dilakukan pembuatan friksi dengan burlap dan *tinging* memanjang atau melintang.
- b) Setelah sambungan dan tepian selesai dikerjakan, dan sebelum bahan perawat pada permukaan perkerasan beton digunakan, permukaan beton harus dibuat tekstur melintang atau memanjang, sesuai dengan yang direncanakan.

- c) Pembuatan friksi dengan burlap

Pembuatan friksi permukaan beton menggunakan burlap dengan sebaran kedalaman antara 1,5 mm dan 3 mm secara tipikal dapat digunakan.

- d) *Tining* memanjang dan melintang harus dilakukan sebagai berikut:

- 1) Permukaan atas beton harus diberi tekstur dengan alat *tinging* dan dilaksanakan pada saat yang tepat sekitar 2 jam setelah penyelesaian akhir permukaan beton sebelum beton mengeras sehingga kedalaman tekstur yang direncanakan tercapai tanpa mengganggu posisi agregat yang sudah tertanam dalam beton.
- 2) Pekerjaan *tinging* dapat dilakukan ke arah memanjang atau melintang jalan, setelah dikasarkan dengan burlap.
- 3) Pada *tinging* memanjang harus aman terhadap kecepatan hidroplaning. Lebar alur takikan 3 mm, kedalaman (3 – 6) mm, dan jarak alur 20 mm (sumbu ke sumbu takikan).
- 4) Pada *tinging* melintang, lebar takikan maksimum 3 mm, kedalaman takikan antara 3 mm dan 6 mm dan jarak alur adalah random antara 10 mm dan 40 mm.

#### 9.3.10 Elevasi permukaan

Prinsip dasar berikut harus dilakukan dalam survei elevasi permukaan.

- a) Dalam waktu 24 jam setelah pengecoran, harus dilakukan survei elevasi lapis permukaan dan tebal lapisan.
- b) Elevasi setiap titik lapis permukaan lapis fondasi bawah dan perkerasan beton semen masing-masing tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm dibawah atau 10 mm diatas elevasi rancangan.
- c) Lapis fondasi bawah harus mempunyai lereng melintang sama dengan lereng melintang rancangan dengan toleransi  $\pm 0,3$  %.

### 9.3.11 Garis ketinggian permukaan

Ketentuan berikut harus dilakukan dalam menguji garis ketinggian permukaan.

- a) Pada saat beton mengeras, permukaan lapis fondasi bawah beton atau perkerasan beton semen harus diuji dengan mistar lurus (*straight-edges*) sepanjang 3,0 m. Lokasi yang menunjukkan ketinggian lebih dari 3 mm tapi tidak lebih dari 12,5 mm sepanjang 3,0 m, harus ditandai dan segera diturunkan elevasinya dengan gerinda intan, sampai elevasinya tidak melampaui 3 mm bilamana diuji ulang dengan mistar lurus sepanjang 3,0 m. Bilamana penyimpangan penampang melintang terhadap yang semestinya melampaui 12,5 mm, perkerasan beton harus dibongkar dan diganti.
- b) Setiap lokasi atau ruas yang dibongkar tidak boleh kurang dari 3,0 m panjangnya atau tidak boleh kurang dari lebar lajur yang terkena pembongkaran. Bilamana diperlukan dalam membongkar dan mengganti suatu bagian perkerasan, setiap bagian yang tersisa dari pembongkaran perkerasan beton dekat sambungan yang panjangnya kurang dari 3,0 m, harus ikut dibongkar dan diganti.

## 9.4 Pelaksanaan dengan acuan bergerak

### 9.4.1 Persiapan yang diperlukan pada acuan bergerak

- a) Seluruh komponen dari sistem harus diperiksa dengan hati-hati untuk memastikan bahwa bentuk permukaan, dan garis ketinggian telah lengkap.
- b) Sebelum pemasangan alat, permukaan acuan bergerak yang berhubungan dengan beton segar harus disemprot dengan pelumas. Aplikasi pelumasan perlu diulang selama operasi penghamparan beton segar.
- c) Acuan bergerak yang digunakan untuk perkerasan jalan, dasar acuan harus dipadatkan sesuai dengan kepadatan yang diperlukan, untuk mendukung mesin penghampar bekerja pada elevasi yang direncanakan.
- d) Karena acuan bergerak memerlukan system pengecoran beton segar yang kontinyu, maka tanggung jawab tim dan proses sebelum memulai pekerjaan harus dapat menjamin penuangan beton dapat terkendali yang terus menerus.
- e) Operasi pada acuan bergerak untuk perkerasan beton dan median beton, dapat digunakan batang penempa (*screed*) dengan kekuatan yang bervariasi dan mesin penggetar. *Screed laser* untuk kontrol elevasi dapat mempersingkat waktu penempatan beton segar dan mengurangi biaya tenaga kerja.

### 9.4.2 Alinyemen dan kerataan

Penggunaan garis ketinggian menggunakan stringline digunakan untuk mengontrol ketinggian dan alinyemen dan kerataan secara elektronik.

- a) *Stringline* atau garis tali string disokong oleh pasak atau patok yang kokoh, dikencangkan cukup kuat untuk mengurangi lenturan antar pasak.
- b) Sensor pada mesin penghampar beton akan mengikuti *stringline*, dan setiap ada lenturan, akan menyebabkan permukaan yang bergelombang yang dapat menghasilkan kualitas permukaan dan berkendara yang tidak nyaman.
- c) *Stringline* dapat mengontrol peralatan acuan bergerak pada level dan alinyemen yang tepat. Jarak dari patok ke patok untuk garis ketinggian setiap panjang (7,5 – 15) meter, di tepi perkerasan.
- d) Patok besi atau kayu yang digunakan untuk patok, ditanamkan ke dalam tanah. Ketinggian alinyemen tersebut *pada* patok kemudian dipasang paku payung di atas patok.

### 9.4.3 Alinyemen vertikal

Acuan bergerak memiliki sistem sensor elektronik atau sensor hidrolik untuk memberikan kontrol level, lihat Gambar 39. Sensor elektronik biasanya bekerja lebih baik.

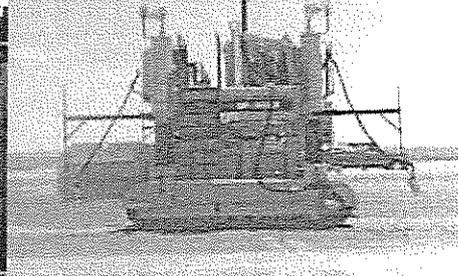


Gambar 39 Sensor elektronik pada acuan bergerak

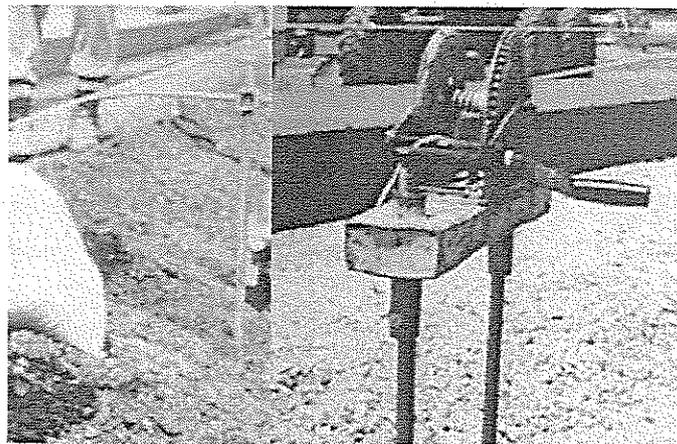
Sensor untuk kontrol level ada satu di setiap sisi *paver*, terdapat tongkat berada di bawah kawat atau kabel panduan untuk mengatur tinggi mesin dengan menaikkan atau menurunkan silinder hidrolik vertikal di setiap sisi mesin. Gambar 40 menunjukkan sensor vertikal dan horizontal. Kabel panduan dikencangkan untuk mencegah agar tidak melengkung. Gambar 41, menunjukkan tampak samping sebuah penghampar beton. Perhatikan dua silinder hidrolik di sisi *paver* (sisi kanan Gambar 42). Gambar 43 menunjukkan kontrol kawat panduan.



Gambar 40 Sensor horizontal dan vertikal



Gambar 41 Tampak samping mesin acuan bergerak



Gambar 42 Panduan Kawat pengendali

Gambar 43 Stringline tampak dari sisi lain

### 9.4.4 Alinyemen Horizontal

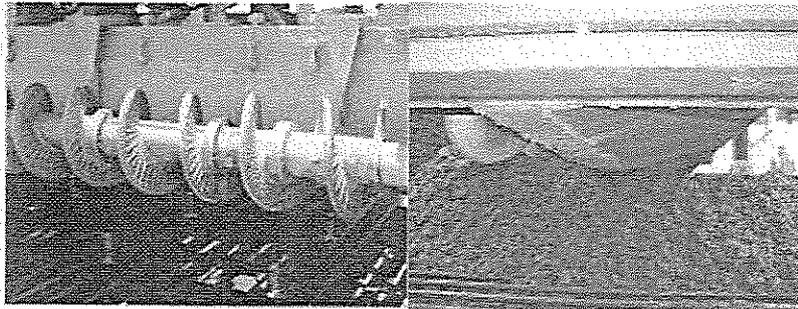
Alinyemen ahorizontal dapat dikontrol oleh sensor atau dikendalikan oleh operator.

#### 9.4.5 Kecepatan Penghampar

Kecepatan penghampar bergerak maju dikendalikan oleh operator. Kecepatan harus seseragam mungkin, tetapi harus bervariasi sesuai dengan pengiriman beton sehingga dapat berhenti penuh pada kecepatan minimum. Kecepatan penghampar dapat mencapai 6 m per menit. Jika mesin berhenti bergerak maju, *vibrator* harus dimatikan segera dalam waktu lima detik. Bila diteruskan dan *vibrator* masih hidup, akan menghasilkan pemisahan agregat dalam beton, dan memaksa air naik ke permukaan.

#### 9.4.6 Augers

Putaran augers bergerak menyamping mendorong beton segar ke seluruh jalur yang sedang dihampar. Auger dikendalikan oleh operator dan dapat diaktifkan searah jarum jam atau berlawanan sesuai dengan kebutuhan. **Gambar 44** menunjukkan jarak dekat dari auger.



Gambar 44- Auger

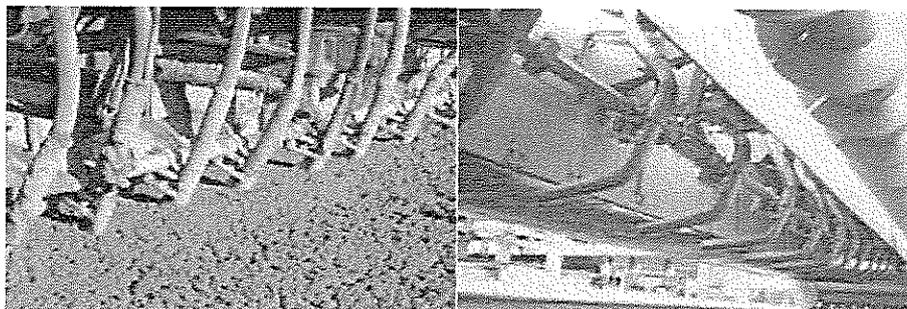
Gambar 45- Auger dan penyebaran beton

Augers pada penyebar mesin penghampar membantu mendistribusikan beton ke seluruh lebar perkerasan, dipastikan bahwa bagian atas beton dipertahankan seragam di seluruh lebar perkerasan. *Vibrator* membantu secara langsung energi ke bawah ke perkerasan beton dan membantu memastikan pepadatan beton yang tepat. **Gambar 45** menunjukkan auger dan penyebaran beton.

#### 9.4.7 *Vibrator*

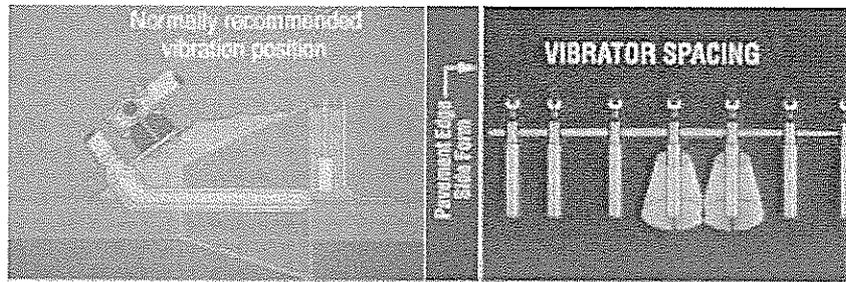
Frekuensi *vibrator* dengan tekanan udara yang berada dalam beton harus tidak kurang dari 8.000 siklus per menit. **Gambar 46** dan menunjukkan *vibrator* yang terbenam dalam beton dan digerakkan oleh motor listrik.

*Vibrator* pada penghampar jenis acuan bergerak dikendalikan secara hidrolis. **Gambar 47** menunjukkan bagian bawah acuan bergerak.



Gambar 46 *Vibrator* terbenam (Immersion *Vibrators*).

Gambar 47 Bagian bawah acuan bergerak



Gambar 48 Posisi *Vibrator* yang disarankan.

Gambar 49 Zona vibrasi dalam beton

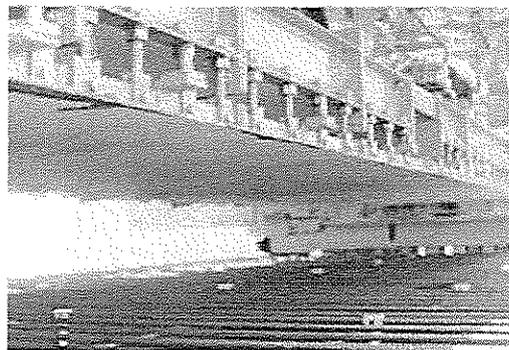
*Vibrator* perlu dipasang cukup tinggi agar tidak tersangkut pada salah satu baja tulangan. Sebuah goresan pada permukaan perkerasan beton di belakang mesin penghampar mungkin menunjukkan bahwa ada *vibrator* yang tidak bekerja. Gambar 48 menunjukkan posisi getaran yang dianjurkan. ketika mesin penghampar bergerak ke kiri. Beban tambahan harus dipertahankan selama *vibrator* beroperasi. Setiap kali gerakan maju kemudian *paver* dihentikan, *vibrator* harus dimatikan. Gambar 49 menunjukkan zona yang bergetar pada beton. Goresan *vibrator* atau jejak yang terlihat di belakang mesin penghampar beton dalam Gambar 50 menunjukkan adanya noda *vibrator*. Hal ini karena *vibrator* tidak bergetar dengan benar.



Gambar 50 Goresan *vibrator* yang tidak bekerja dengan benar.

#### 9.4.8 Pelepa perata (*floating pan*)

Setelah *screeding*, permukaan beton diratakan dengan pelepa perata yang menghaluskan dan memadatkan beton. Pelepa adalah pelat yang solid mempunyai lebar (45 – 150) cm atau dan selebar perkerasan. Gambar 51 menunjukkan pelepa perata pada alat penghampar yang sedang tidak beroperasi.



Gambar 51 Pelepa perata di bawah mesin penghampar acuan bergerak

#### 9.4.9 Penyelesaian akhir (*finishing*)

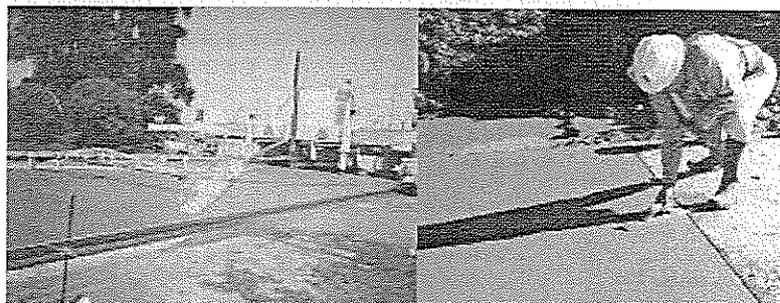
##### a) Menutup Permukaan Beton

Untuk menutup semua lubang kecil di permukaan dan menghasilkan permukaan yang halus, rata dan seragam, beton yang masih plastis dan sudah terbentuk harus lurus. Sebuah pelepa dapat digunakan bila menggunakan mesin finishing. Dalam Gambar 52 dan Gambar 53 menunjukkan contoh pelepa berbentuk silinder yang mengapung. Tabung mengapung ditarik mundur dalam arah longitudinal. Perhatikan bahwa tabung mengapung ditarik oleh rantai. Pelepa silinder menyudut sekitar 60 derajat terhadap sumbu memanjang perkerasan. Pelepa silinder harus menutupi seluruh lebar perkerasan yang akan dicor. Untuk perkerasan beton yang lebar, digunakan lebih dari satu pelepa silinder. Pelepa memanjang dan berpola "V" akan menghasilkan permukaan yang lebih baik (Gambar 54). Untuk bagian yang sulit dijangkau oleh alat pelepa, dapat digunakan roskam tangan (*hand trowel*) seperti ditunjukkan dalam Gambar 55. Gambar 56 menunjukkan alat pelepa yang ditekan sambil ditarik untuk meratakan bagian-bagian tertentu yang perlu diratakan.



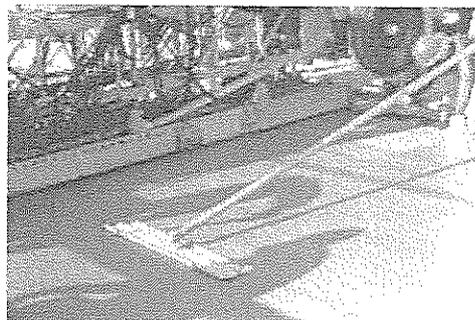
Gambar 52 Pelepa silinder (Tube Floats)..

Gambar 53 Pelepa memanjang



Gambar 54 Pelepa bentuk "V" yang ditarik mesin

Gambar 55 Roskam tangan (*Hand Trowel*) untuk yang sulit dijangkau mesin



Gambar 56 Penekanan alat pelepa (Bull float)

b) Air di permukaan beton

Setiap pekerjaan *finishing* mungkin muncul air di permukaan yang akan menghasilkan kekuatan beton yang rendah. Spesifikasi rasio air semen maksimum yang diijinkan telah dikurangi menjadi sekitar 0,45 dari 0,50. Diharapkan bahwa dengan dikurangnya rasio air-semen, akan mengurangi air di permukaan. Penggunaan bahan tambahan yang bersifat semen (*cementious*) seperti *fly ash* dan abu terak dari butiran *blast furnace* akan mengurangi kemungkinan air naik ke permukaan beton.

c) Penyelesaian akhir (*finishing*) dengan mistar pendatar (*straightedge*)

Mistar pendatar panjang 3,5 m atau 4,5 m (10 ft atau 15-ft), terbuat dari baja atau magnesium berbentuk profil persegi. Kegiatan finishing ditunjukkan dalam Gambar 57 sampai dengan Gambar 60. Bila perataan permukaan beton tidak menggunakan pelepa (*floats*) untuk menghilangkan genangan air di permukaan, batang penempa (*screed*) dapat digunakan. Alat *straightedge* lebih baik untuk meratakan permukaan yang menonjol daripada dengan alat pelepa, tetapi akan lebih lama karena tidak bisa dilakukan secara mekanis. Posisi *straightedge* harus sejajar dengan garis tengah perkerasan ketika ditarik ke tepi perkerasan.



**Gambar 57 Straightedge Finishing**



**Gambar 58 Pulling the straightedge - keeping the handle high**



**Gambar 59 Pushing the straightedge - keeping the handle low**



**Gambar 60 Straight edging behind a longitudinal float**

d) Pembuatan tekstur (*texturing*)

Tekstur permukaan diperlukan untuk memberikan perlawanan selip dan untuk mencegah hydroplaning. Dua jenis tekstur dapat dibuat dengan tarikan karpet (*carpet drag*, *Astroturf*), dan *tinging*.

Ketentuan khusus memungkinkan membuat tekstur menggunakan karpet yang ditarik tetapi hanya untuk jalan raya dengan kecepatan rencana sampai 70 km/h (45 mph) atau kurang asalkan kedalaman tekstur rata-rata tidak kurang dari 0,04 masuk. Dalam Gambar

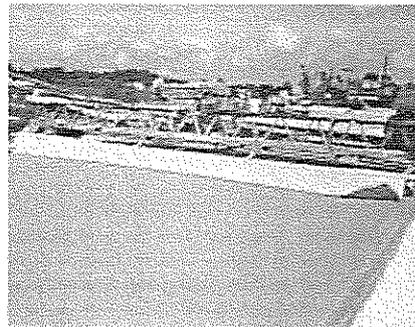
61 dan Gambar 62 diperlihatkan karpet *Astroturf* yang sebelumnya dibasahi kemudian ditarik secara longitudinal pada beton yang masih plastis. Tekstur ini memberikan permukaan beton dengan tekstur kasar mirip dengan bekas goresan sapu. Dalam Gambar 62 dan Gambar 63 diperlihatkan masing-masing karpet yang dipasang pada mesin dan karpet yang terlipat dan tidak boleh dilaksanakan.



**Gambar 61 Karpet *Astroturf* yang jatuh bebas di atas beton**



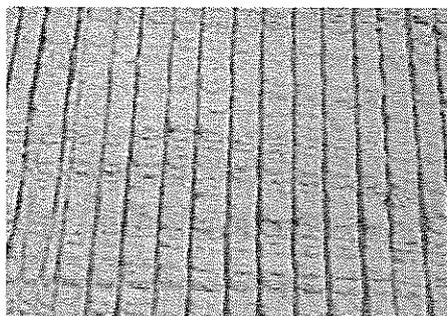
**Gambar 62 Karpet *Astroturf* yang dipasang pada mesin.**



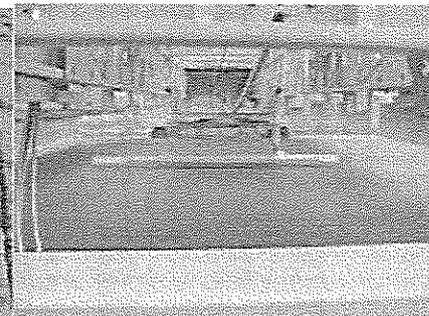
**Gambar 63 Karpet *Astroturf* yang terlipat.**

e) *Tining*

Tujuan utama dari *tining* adalah agar permukaan perkerasan beton semen dapat memberikan perlawanan terhadap *hydroplaning*. Dalam Gambar 64 dan Gambar 65 menunjukkan permukaan yang ditekstur dengan alat *tining*. Alat *tining* terbuat dari logam untuk membuat alur melintang di permukaan beton plastis dengan kedalaman 4 mm ( $\frac{3}{16}$  in.), lebar alur-tekstur 2 mm ( $\frac{1}{12}$  in.), dan spasi rata-rata 25 mm (1 inci). Jarak *tining* memiliki banyak hubungan dengan tingkat kebisingan. Kedalaman alur minimum adalah 2 mm ( $\frac{1}{8}$  in.).



**Gambar 64 Permukaan yang ditekstur dengan alat *Tining***



**Gambar 65 *Mechanical Tining Device*.**

Untuk memastikan bahwa alur tersebut lurus, alat *ining* harus ditarik secara mekanis. Perangkat mekanis ini dirancang untuk alat *ining* beton dengan lebar 8 m (24 ft). Gambar 65 menunjukkan perangkat *ining* mekanis.

## 9.5 Perawatan (*curing*)

Perawatan permukaan beton dapat mengikuti butir 7.8.2 dalam pedoman Pd T-5-2004 B. Beberapa caraperawatan berikut dapat dilakukan.

### 9.5.1 Perawatan dengan *curing membrane*

Permukaan perkerasan beton semen yang terekspos harus segera dirawat dengan penyemprotan bahan perawat yang disetujui, sesuai dengan butir 5.11, disemprot segera setelah permukaan tersebut selesai ditekstur sesuai dengan kondisi berikut ini :

- a) Seluruh permukaan disemprot merata dengan bahan perawatan berpigmen putih.
- b) Bahan perawatan harus dalam bentuk lapisan yang menerus, tak terputus, dan disemprotkan secara merata dalam 2 kali penyemprotan :
  - 1) Pertama dalam waktu 15 menit setelah kondisi air permukaan tidak begitu mengkilap, dan
  - 2) Kedua setelah 10 sampai 30 menit atau sesuai dengan disarankan pabrik pembuatnya.
- c) Pada permukaan dengan acuan tetap, penyemprotan pertama harus dalam 30 menit setelah penggarukan dan yang kedua harus setelah 15 sampai 45 menit.
- d) Alat penyemprot yang dapat beroperasi penuh merupakan prasyarat untuk merawat penghamparan perkerasan beton.
- e) Penyemprotan bahan perawat menggunakan kadar yang sesuai dengan sertifikat pengujian untuk perawatan yang efisien, minimum 0,20 ltr/m<sup>2</sup>, kecuali:
  - 1) Untuk lokasi yang disemprot selain dengan alat penyemprot mekanik, kadar penyemprotan harus lebih tinggi 25% dari pada kadar yang disebutkan dalam sertifikat pengujian.
  - 2) Lokasi ini termasuk permukaan sambungan dan bagian tepi yang menggunakan acuan bergerak, dan yang ditunjang oleh acuan sementara.
- f) Setiap bagian yang penyemprotannya tidak memenuhi syarat harus disemprot ulang dalam waktu 6 (enam) jam dengan kadar penyemprotan yang telah diuji, tidak kurang dari kekurangan dua kali penyemprotan semula.
- g) Lapisan perawatan harus dipertahankan utuh dalam bentuk selaput (*membrane*) yang menerus dan tidak patah sampai kekuatan lapangan sebesar 300 kg/cm<sup>2</sup> dicapai. Setiap kerusakan selaput perawatan (*curing membrane*) harus diperbaiki dengan penyemprotan manual pada lokasi yang dianggap cacat.
- h) Setiap perkerasan beton semen yang telah mengeras pada umur kurang dari 7 hari yang bersebelahan dengan perkerasan yang akan dihampar harus disemprot ulang satu kali penyemprotan dengan panjang minimum 7 m dan diperluas ke lokasi yang sering dilalui orang selama pengecoran pada sambungan konstruksi.

### 9.5.2 Perawatan dengan penutup

Lapis beton dan fondasi yang selesai dikerjakan harus segera dirawat paling tidak sampai 70% kekuatan yang disyaratkan tercapai. Bahan penutup dapat terbuat dari plastik atau karung basah.

- a) Penutupan dengan lembaran plastik kedap sampai lapis perkerasan berikutnya dihampar, harus tetap tertambat kokoh dan tahan terhadap tiupan angin pada permukaan, serta

mempunyai sambungan tumpang tindih sekurang-kurangnya 300 mm, dan dipasang hingga kadar air di bawahnya tidak menguap keluar.

- b) Penutupan dengan karung goni atau geotekstil yang digunakan harus lembab.
- c) Perawatan harus dimulai segera setelah beton telah cukup mengeras untuk mencegah kerusakan permukaan dari bahan penutup yang lembab.
- d) Bahan penutup harus terjaga tetap dalam keadaan lembab sampai kekuatan rancangan tercapai.

### 9.5.3 Perawatan dengan pembasahan

Pengabutan yang berkesinambungan menutup seluruh permukaan dan mempertahankan kondisi kadar air yang permanen selama perioda perawatan. Perawatan dengan pembasahan tidak boleh dilakukan dengan cara sebentar-sebentar.

### 9.6 Membongkar acuan

Pembongkaran acuan tetap dapat mengikuti prosedur dalam butir 6.1.1.3 pedoman Pt T-05-2004 B.

Acuan beton tidak boleh dibongkar sebelum mencapai waktu paling sedikit 12 jam sejak dicor. Acuan harus dibongkar dengan hati-hati agar tidak merusak perkerasan beton. Setelah acuan dibongkar, bagian sisi perkerasan beton harus dirawat (*curing*) sesuai dengan butir 9.5.

### 9.7 Perbaikan

Lokasi beton yang keropos dan lubang kecil harus dibersihkan, dibasahi dan ditambal dengan adukan semen kental dengan perbandingan 1 semen dan 2 agregat halus. Lokasi yang banyak keroposnya dianggap pekerjaan yang cacat mutu dan harus dibongkar dan diganti. Setiap lokasi atau bagian yang dibongkar tidak boleh kurang dari 3,0 m panjangnya atau kurang dari lebar seluruh lajur yang terkena pembongkaran. Bila diperlukan dalam membongkar dan mengganti suatu bagian perkerasan, setiap bagian yang tersisa dari pembongkaran perkerasan beton dekat sambungan yang panjangnya kurang dari 3,0 m, harus ikut dibongkar dan diganti.

### 9.8 Sambungan (*joint*)

Pembuatan sambungan gergajian dan sambungan basah secara singkat dapat mengikuti butir 7.10 dalam pedoman Pt T-05-2004 B.

#### 9.8.1 Sambungan memanjang (*longitudinal joints*)

Sambungan memanjang tengah (*longitudinal centre joint*) harus berupa *shear key* dan ujungnya berhubungan dengan sambungan melintang (*transverse joint*), atau dengan *tie bars*, atau kombinasi keduanya. Sambungan di tengah dapat diisi dengan mortar tahan susut.

#### 9.8.2 Sambungan muai (*expansion joints*)

Ketentuan berikut untuk penempatan sambungan muai dapat dilakukan.

- a) Sambungan muai melintang dan sokongan sambungan (*transverse expansion joints* dan *relief joints*)
  - 1) Sambungan muai harus dibuat dengan menempatkan *fiberboard* tebal 13 mm pada sambungan melintang panel. Khusus untuk sambungan yang dilengkapi dengan ruji (*dowel*) harus dilengkapi dengan penutup sambungan muai yang mampu menyerap gerakan minimum 10 mm pada setiap ujung panel.
  - 2) Lebar celah sambungan muai harus diperpendek 13 mm untuk memberikan ruang bagi celah sambungan muai sehingga penggunaan sambungan muai tidak mempengaruhi tata letak rencana panel .

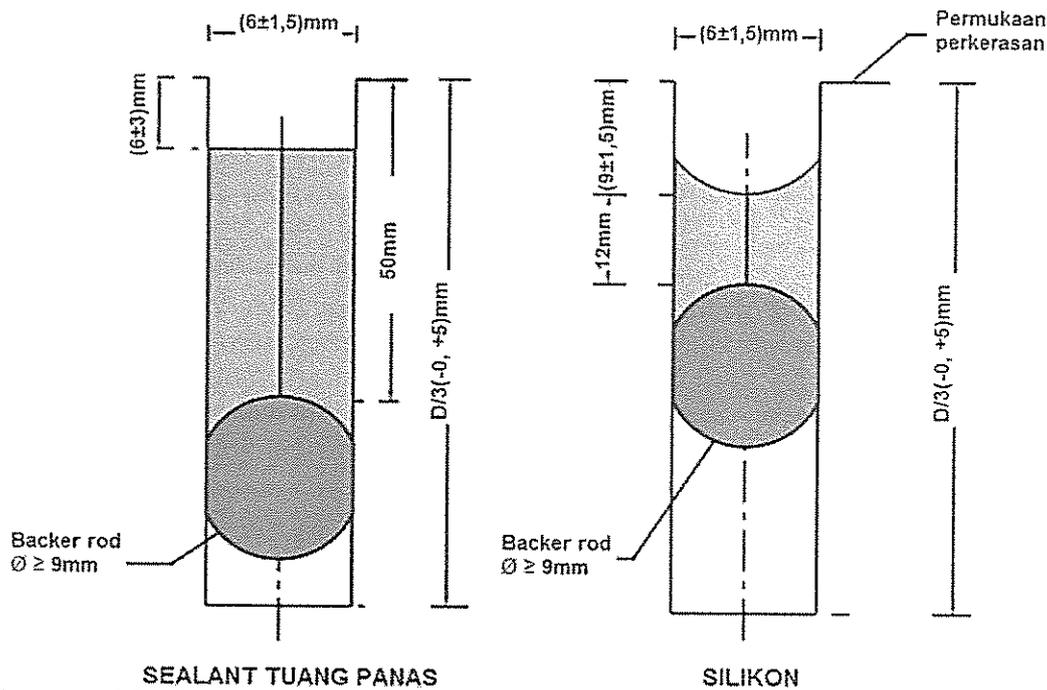
- 3) Sambungan muai melintang harus dipasang pada setiap interval jarak maksimum (90-100) m. Sambungan muai harus dipasang *dowel*, dan untuk menyerap gerakan horizontal harus disediakan ruang minimum 20,0 mm di salah satu ujung *dowel* dengan memakai topi pemuaian celah sambungan (*jointexpansion cup*). Panjang segmen BBS untuk sambungan muai dapat diperpendek 10 mm untuk menyediakan celah ruang muai antara 10 mm dan 20 mm. *Dowel* harus dilumasi dengan gemuk di kedua bagian yang berhubungan dengan segmen BBS agar dapat bergerak bebas. Lihat Gambar 3
  - 4) Bahan penutup untuk sambungan muai harus disediakan sesuai dengan rencana dan dipilih. Semua benda lain yang tidak dikehendaki pada sambungan muai harus disingkirkan menggunakan kompresor udara atau cara lain yang disetujui.
  - 5) Bahan penutup sambungan muai harus dapat mengakomodasi pergerakan mengembang dan menyusut berdasarkan perhitungan segmen-segmen BBS. Kedua dimensi diukur dari lebar awal pada sambungan pada saat instalasi. Lebar celah sambungan muai yang dilengkapi *dowel* harus disesuaikan segera di tempat (*on-site*) berdasarkan perkiraan temperatur ambient, serta berdasarkan perhitungan, susut dan creep beton. Bukaan celah minimum adalah  $(6 \pm 1,5)$  mm. Lihat Gambar 3.
  - 6) Sambungan muai harus diisi dengan bahan penutup minimum setebal 1/3 tebal segmen BBS dan dilengkapi dengan *backer rod* di bawah bahan penutup. Dua per tiga tebal segmen BBS diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*).
  - 7) Bahan pengisi untuk sambungan muai (*expansionjoint filler*) harus menerus, hingga mencapai lapisan perata atau lapisan fondasi. Bahan pengisi dapat menggunakan yang berupa lempengan (*preform joint filler*) atau tuang panas (*hot applied*) sesuai dengan lebar jalan atau sama dengan lebar satu lajur. Bahan pengisi yang rusak atau yang sudah diperbaiki tidak boleh digunakan.
  - 8) Bahan pengisi harus ditempatkan pada posisi vertikal. Alat bantu atau penahan yang disetujui harus digunakan untuk menjaga agar bahan pengisi tetap pada elevasi dan alinyemen yang semestinya, selama penghamparan dan penyelesaian beton. Perubahan posisi akhir sambungan tidak boleh lebih dari 5 mm pada alinyemen horizontalnya menurut garis lurus. Bila bahan pengisi dipasang berupa bagian-bagian, maka di antara bagian-bagian yang berdekatan tidak boleh ada celah.
  - 9) Pada sambungan muai tidak boleh ada gumpalan-gumpalan beton, agregat atau pasir dan bahan lain yang akan merusak fungsi sambungan.
- b) Sambungan muai di atas bantalan beton
- Pelat beton dikedua sisi bertumpu di atas *sleeper slab*. Sambungan muai harus diisi penuh setebal *slab* dengan sealant. Lihat Gambar 4.

Prinsip dasar berikut harus dilakukan untuk sambungan kontraksi melintang.

- a) Sambungan ini terdiri atas bidang-bidang yang diperlemah dengan membuat takikan/alur pada permukaan perkerasan dan ada yang menggunakan *dowel* sebagai alat transfer beban (*load transfer assemblies*).
- b) Pada perkerasan beton, sambungan antar segmen BBS harus rata dan seragam dan bila tidak rata harus dicor dengan mortar tahan susut. Sambungan harus ditakik dengan cara digergaji sedalam minimum 6 cm atau 1/3 tebal segmen BBS, dibersihkan dan diisi dengan *backer rod* dan diikuti dengan *joint sealant*.
- c) Faktor bentuk sambungan kontraksi atau rasio antara lebar celah sambungan (W) dan tebal atau kadalamanbahan (T) untuk lebar celah kurang dari 19mm ditunjukkan dalam Tabel 4 dan Gambar 66.

Tabel 4 -Faktor Bentuk Sambungan

Bahan Penutup	W/T
Tuang panas	1:1 – 1:2
Silicon	2:1



Gambar 66 - Sambungan kontraksi dengan sealant tuang panas (kiri) dan silicon (kanan)

- d) Bila bukaan celah sambungan kontraksi lebih besar dari 19 mm harus menggunakan *backer rod* dan bahan pengisi.

### 9.8.3 Sambungan berupa takikan/aluran (*formed joint*)

Takikan pada sambungan yang baru dicor dengan mortar tahan susut dapat dibuat dengan menekankan alat misalnya tripleks tebal (3 - 6) mm atau yang sejenis dengan kedalaman 1/3 tebal segmen BBS dan panjang selebar segmen BBS, kedalam beton yang masih plastis. Alat tersebut harus tetap ditempat sekurang-kurangnya sampai beton mencapai pengerasan awal, dan kemudian harus dilepas tanpa merusak beton didekatnya dan segera diisi dengan *backer rod* diikuti dengan *joint sealant*, kecuali bila alat tersebut sebagai *sealant* yang dirancang tetap terpasang pada sambungan.

### 9.8.4 Sambungan gergajian (*sawn contraction joints*)

Sambungan gergajian harus dibuat bila tidak dilakukan takikan. Penggergajian awal harus diselesaikan secepat mungkin dan selalu dalam batas waktu 18 jam setelah pematatan akhir beton. Penggergajian awal harus mencapai kedalaman 1/3 tebal segmen BBS dan segera diisi dengan *sealant*.

### 9.8.5 Alur dan tekstur pada sambungan

Prinsip dasar berikut harus dilakukan dalam membentuk alur dan tekstur pada sambungan.

- a) Tekstur dipermukaan beton pada sambungan-sambungan tipe *dowel* harus dibentuk. Tekstur berupa alur-alur tersebut harus dibentuk (*timing*) pada waktu beton masih dalam keadaan plastis atau digergaji setelah beton mengeras.

b) Jika alur-alur tersebut dibuat dengan digergaji, maka harus membentuknya sebagai berikut:

1) Sambungan kontraksi untuk pelat beton

Celah-celah atau alur sambungan kontraksi pada beton yang sudah mengeras harus digergaji sampai kedalaman minimum  $1/3$  tebal segmen BBS, dan harus mempunyai lebar yang merata sekitar  $(6 \pm 1,5)$  mm untuk diisi dengan bahan penutup.

Penggergajian awal harus diselesaikan secepat mungkin dan selalu dalam batas waktu 18 jam setelah pemadatan akhir beton.

2) Sambungan muai

a. Celah-celah atau alur sambungan muai yang terkena cor beton harus digergaji sampai kedalaman dan lebar penuh, kemudian harus ditutup dengan *sealant*.

b. Jarak antara tepi-tepi bagian luar celah tersebut harus merupakan lebar yang disyaratkan untuk pergerakan segmen BBS.

c. Alur-alur sambungan muai dan sambungan konstruksi yang lebih lebar dari 5 mm harus ditutup permanen atau sementara sebelum lalu lintas menggunakan perkerasan yang bersangkutan. Celah-celah yang kurang lebar harus digergaji sampai lebar dan kedalaman penuh yang disyaratkan dan segera dipasang bahan penutup permanen.

d. Bila pelat beton berbatasan dengan perkerasan lentur dalam arah melintang pada elevasi permukaan jalan, maka suatu alur selebar 10 mm dan sedalam 20 sampai 25 mm harus dibentuk atau digergaji, kemudian ditutup sesuai dengan persyaratan bahan penutup yang cocok untuk kedua perkerasan tersebut.

e. Dimensi ujung segmen BBS beton bagian bawah harus dibentuk penirusan vertikal, sesuai dengan tebal pelat.

### 9.8.6 Penutup celah sementara pada sambungan

Ketentuan berikut harus dipenuhi untuk penutup celah sementara pada sambungan.

a) Sebelum lalu lintas diperkenankan mempergunakan perkerasan jalan dan sebelum penutupan celah pada sambungan secara permanen, celah harus dibersihkan dari setiap kotoran atau bahan lepas dan harus dilindungi dengan memasukkan suatu kepingan penutup sementara.

b) Sebagai alternatif dalam hal sambungan, bahan pengisi sementara atau pembentuk harus digunakan, dan bahan tersebut harus dibiarkan pada posisinya sampai sambungan-sambungan siap diisi bahan penutup secara permanen.

c) Pada akhir setiap periode pekerjaan dan sebelum dibuka untuk lalu lintas, bagian terbuka dari batang *dowel* melintang harus dilindungi terhadap kerusakan dan menekuk. Hal ini juga memberikan perlindungan pada permukaan perkerasan.

d) Peralihan sementara dari segmen BBS ke perkerasan yang ada harus ditutup dengan beton aspal, dengan mutu sesuai dengan ketentuan campuran beraspal.

### 9.8.7 Pemasangan bahan penutup yang dituang

Ketentuan berikut harus dipenuhi untuk pemasangan bahan penutup yang dituang.

a) Tidak lebih dari 4 jam sebelum menempatkan batang pendukung (*backer rods*) dan bahan-bahan penutup sambungan, dinding sambungan harus dibersihkan dengan metode semburan pasir kering (*sand blasting*) dan sarana lain yang diperlukan untuk menghilangkan material yang tidak dikehendaki seperti tanah, aspal, kompon bekas pengeringan, cat dan karat.

b) Setelah pembersihan sambungan, semua bekas gergajian, pasir, debu dan material lepas harus dihilangkan dari sambungan di sepanjang permukaan, paling sedikit 50 mm di setiap

sisi sambungan menggunakan alat vakum. Air permukaan harus dihilangkan pada sambungan menggunakan kompresor atau udara panas terkompresi yang cukup atau sarana lain yang sesuai. Prosedur pengeringan yang berakibat dapat meninggalkan residu atau lapisan di dinding sambungan tidak boleh digunakan.

- c) Segera setelah penempatan batang pendukung (*backer rods*), bahan penutup sambungan harus ditempatkan dalam kondisi bersih dan kering, sambungan disusun seperti yang ditunjukkan pada rencana. Bahan penutup sambungan harus menggunakan perangkat mekanis dengan nozel agar sesuai dengan bagian dalam sambungan yang diisi bahan penutup.
- d) Tekanan harus digunakan dengan memadai untuk memastikan bahwa bahan penutup menyebar merata, kontak penuh dengan dinding sambungan dan berkesinambungan.
- e) Setiap kegagalan bahan penutup sambungan, baik adhesi atau kohesi bahan akan menyebabkan penolakan pada sambungan. Permukaan yang sudah selesai pada bahan penutup sambungan harus sesuai dengan dimensi dan toleransi yang diijinkan dan ditunjukkan dalam gambar rencana.
- f) Bahan penutup sambungan yang ditolak atau permukaan sambungan yang selesai tetapi tidak sesuai dengan dimensi yang ditunjukkan pada rencana harus diperbaiki atau diganti dengan bahan penutup sambungan yang sesuai.
- g) Setelah seluruh sambungan ditutup, semua bahan penutup yang berlebih pada permukaan perkerasan harus dihilangkan. Lalu lintas tidak boleh diijinkan melintasi sambungan sampai bahan penutup ini melekat kuat dan cukup kenyal untuk mencegah melesaknya puing bekas bongkaran ke bahan penutup.
- h) Selama pemanasan material harus dicegah pemanasan yang berlebihan dan pemanasan yang tidak merata. Waktu dituangkan, harus dicegah material tumpah pada permukaan beton yang terbuka.
- i) Kelebihan material pada permukaan beton harus segera dibersihkan. Penggunaan pasir atau material lain sebagai pelindung material penutup tidak diperbolehkan.
- j) Sebelum penuangan bahan penutup, bagian tepi celah sambungan harus dilindungi dengan isolasi.
- k) Permukaan bahan penutup harus terletak di bawah permukaan pelat beton sekitar 3 mm.

#### **9.8.8 Pemasangan bahan penutup sambungan dengan bahan terkompresi**

Ketentuan berikut harus dilakukan dalam pemasangan bahan penutup sambungan menggunakan bahan terkompresi.

- a) Lakukan langkah pada butir 10.17.8.1) sampai dengan butir 10.17.8.3).
- b) Bila digunakan material penutup fleksibel berbentuk pita yang terkompresi atau padat, bahan penutup tersebut harus disisipkan pada elevasi 2 mm di bawah permukaan pelat beton.

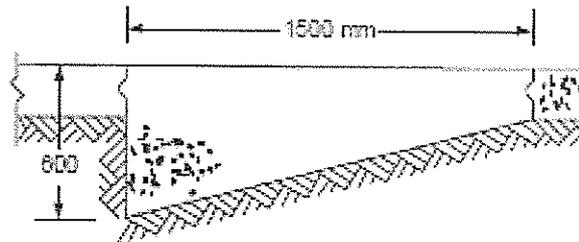
#### **9.8.9 Sambungan dengan perkerasan lama**

Ketentuan berikut harus dipenuhi pada pemasangan sambungan dengan perkerasan lama.

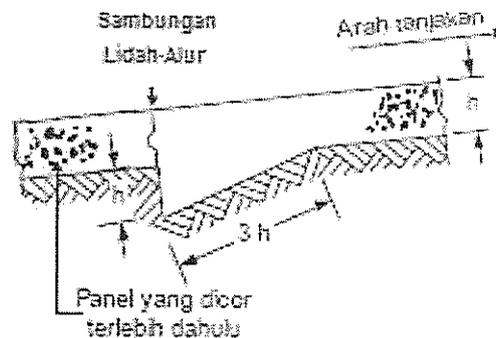
- a) Permukaan atas perkerasan beton harus tidak lebih dari 6,0 mm di atas atau di bawah perkerasan lama. Bila perbedaan elevasi lebih dari 6,0 mm, harus dilakukan *grinding* atau diberikan lapis aspal bila perkerasan lama adalah campuran beraspal, sehingga mencapai ketentuan tersebut.
- b) Untuk menyambung perkerasan beton dengan perkerasan lama dapat menggunakan angkur blok seperti ditunjukkan dalam Gambar 67. Bila kelandaianya relatif curam (>

6%), harus dibuat angkur panel seperti ditunjukkan dalam Gambar 68, sesuai dengan ketentuan dalam pedoman pelaksanaan Pd T-05-2004 B

- c) Bila digunakan perkerasan beton harus diperhatikan tebal minimum di sambungan sebesar 60 cm dan tebal minimum di ujung terjauh yang berbatasan dengan perkerasan beraspal lama setebal 30 cm yang harus dibuat rata dengan perkerasan lama.

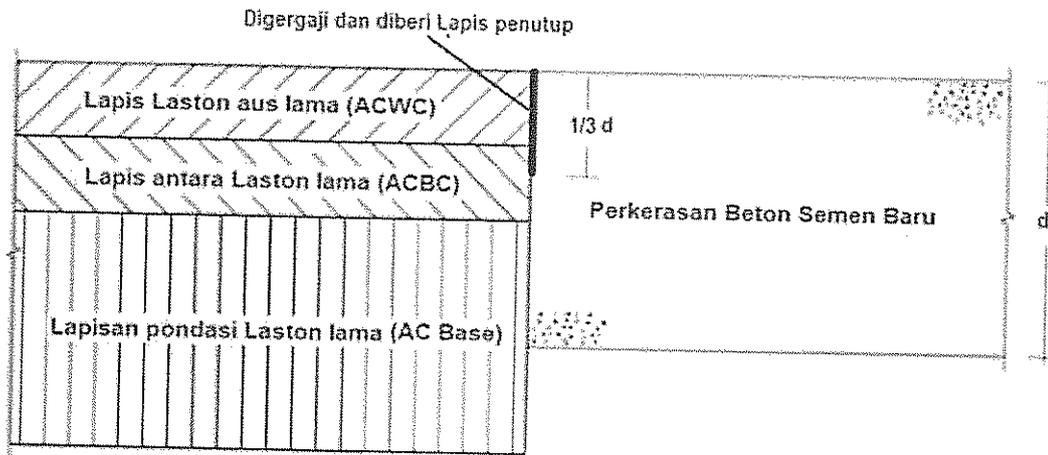


Gambar 67 Contoh alternatif sambungan mendatar menggunakan angkur blok pada perkerasan beton dengan perkerasan lama (Pd T-05-2004-B)

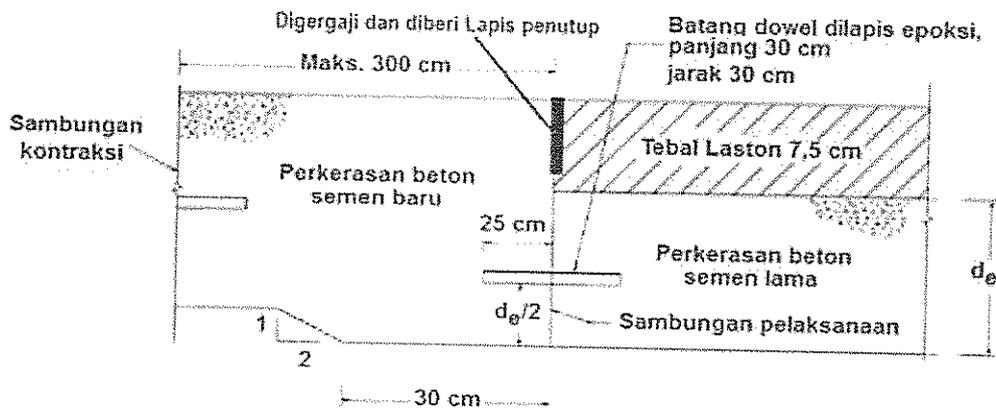


Gambar 68 Contoh alternatif sambungan panel menggunakan angkur panel pada perkerasan beton dengan perkerasan lama di daerah tanjakan atau penurunan (Pd T-05-2004-B)

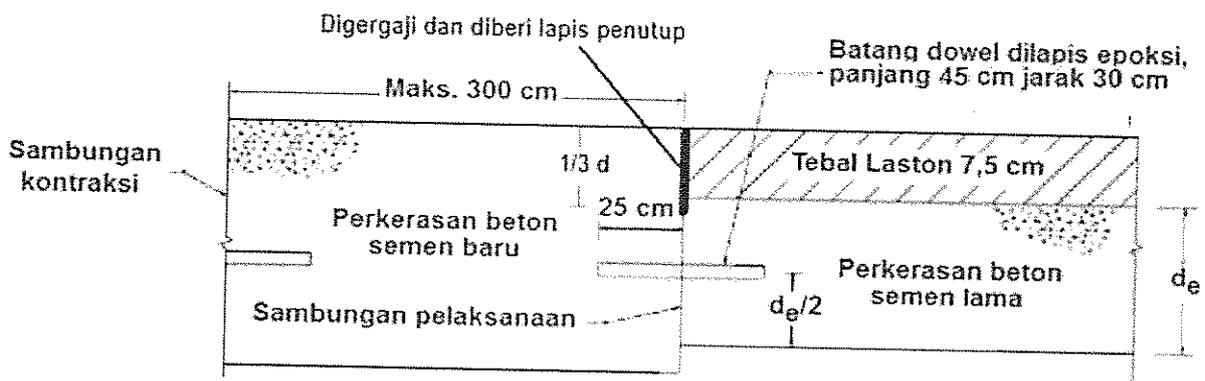
- d) Alternatif sambungan peralihan antara perkerasan beraspal lama dan perkerasan beton semen baru dapat menggunakan contoh dalam
- e) Gambar 69 sampai dengan **Gambar 72**.
- f) Sambungan-sambungan tersebut pada
- g) Gambar 69 sampai dengan **Gambar 72** harus digergaji sedalam 1/3 tebal pelat kemudian diisi dengan *sealant*.



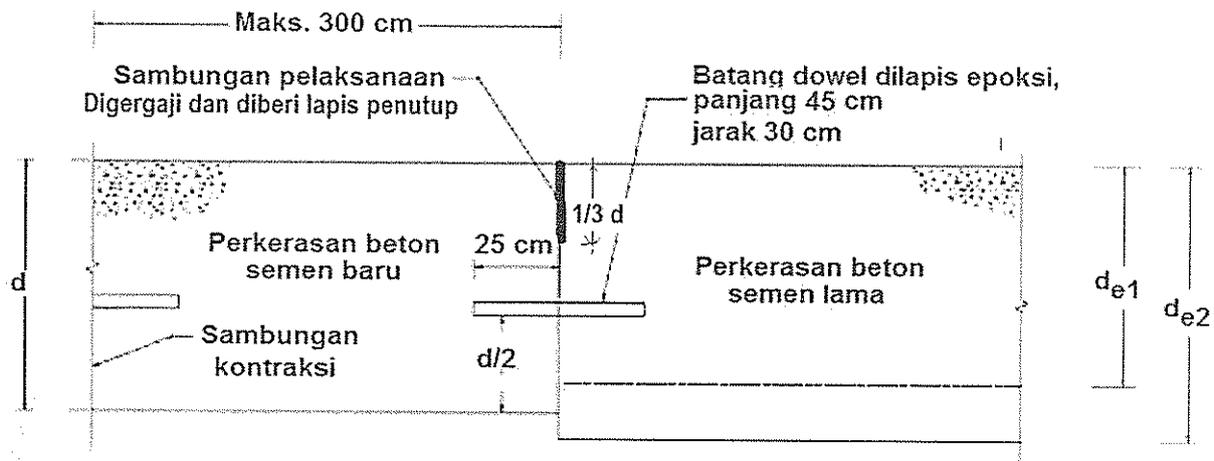
Gambar 69 Contoh alternatif sambungan peralihan memanjang laston lama terhadap perkerasan beton baru



Gambar 70 Contoh alternatif sambungan peralihan dengan penebalan slab. Tebal beton semen < (tebal Laston + tebal beton semen lama)



Gambar 71 Contoh alternatif sambungan peralihan. Tebal beton baru  $\geq$  (tebal Laston + tebal beton semen lama)



Gambar 72 Sambungan peralihan perkerasan beton semen baru dengan perkerasan beton semen lama. Tebal  $d > d_{e1}$  dan  $d < d_{e2}$ . (Indiana DoT, 2009).

#### 9.8.10 Koneksi ke segmen BBS sekitarnya

Prinsip dasar berikut harus dilakukan pada koneksi ke segmen BBS di sekitarnya.

- Transfer beban ke segmen BBS lama dan ikatan dengan segmen BBS beton yang ada di jalur atau bahu harus ditetapkan dengan membor dan memasang batang pengikat.
- Lubang-lubang batang pengikat harus dibor 2 mm lebih besar dari pada diameter batang pengikat, ke dalam segmen BBS sejauh 20 kali diameternya.
- Setelah pengeboran, lubang harus dibersihkan dari berbagai kotoran dengan blasting udara. Batang pengikat kemudian dimasukkan ke dalam lubang dengan caramemutar untuk memastikan bahwa bahan *grout* epoksi di dalam lubang tersebar merata pada batang pengikat.
- Bila diperlukan batang *dowel*, harus dipasang menggunakan prosedur yang sama seperti untuk batang pengikat, kecuali kedalamannya batang *dowel* harus setengah panjang batang *dowel*. Lubang-lubang *dowel* harus dibor 2 mm lebih besar dari pada diameter batang *dowel*.
- Diameter batang pengikat dan jarak batang pengikat yang sama harus tertanam di segmen BBS, kecuali bila pola sambungan dijalur / bahu yang berdekatan berbeda dengan segmen BBS.

#### 9.8.11 Pembukaan untuk lalu-lintas

Pembukaan untuk lalu lintas dapat dilakukan bila pemasangan *joint filler* dan/atau *joint sealant*, pengecoran sambungan dengan bahan anti susut serta pembuatan alur (*tinging*) pada permukaan sambungan yang telah dicor dengan bahan mortar anti susut sudah selesai dengan sempurna dalam waktu minimum 6 jam.

## 10. Pengendalian mutu

### 10.1 Umum

Contoh yang diserahkan harus mewakili jumlah bahan yang akan disediakan. Contoh untuk pengujian harus diuji dan hasilnya dapat diterima dengan baik sebelum pekerjaan pengecoran dijadualkan. Secara umum pengendalian mutu dapat mengikuti butir 8 dalam pedoman Pt T-05-2004 B.

## 10.2 Penerimaan bahan

Bahan yang diterima harus sesuai dengan ketentuan persyaratan bahan setelah mengecek dan/atau memeriksanya, dengan menunjukkan bukti tertulis.

## 10.3 Pengawasan

Tim khusus harus ditempatkan sekurang-kurangnya seorang ahli kepala, untuk memberi advis teknik yang diperlukan selama pelaksanaan pengecoran.

## 10.4 Perlindungan terhadap perkerasan

Perkerasan dan perlengkapannya harus dilindungi dari lalu lintas umum dan lalu lintas proyek. Perlindungan ini meliputi penyediaan tenaga pengatur lalu lintas, pemasangan dan pemeliharaan rambu peringatan, lampu penerangan, jembatan di atas perkerasan beton, atau jalan alih, dan sebagainya.

- a) Setiap kerusakan yang terjadi pada perkerasan harus diperbaiki atau diganti.
- b) Perkerasan beton tidak boleh dibuka untuk lalu lintas sebelum hasil pengujian terhadap benda uji yang dicetak dan dirawat sesuai dengan SNI 03-4810 mencapai kuat lentur minimum 3,5 MPa pada umur 28 hari. Bilamana pengujian belum dilakukan, perkerasan beton tidak boleh dibuka untuk lalu lintas sebelum 14 hari sejak beton dihamparkan. Sebelum dibuka untuk lalu lintas, perkerasan beton harus dibersihkan dan pemasangan bahan penutup (*sealant*) sambungan harus telah selesai dikerjakan.
- c) Bila lapis fondasi bawah menggunakan beton kurus (*lean concrete*), peralatan maupun lalu lintas, termasuk kendaraan proyek tidak diperkenankan melewati permukaan tersebut yang telah selesai, sampai beton tersebut mencapai paling sedikit 70% dari kekuatan yang disyaratkan. Setelah periode perawatan maka peralatan dan kendaraan yang diperlukan untuk pekerjaan lanjutan diperkenankan melewati permukaan beton kurus. Lapis Fondasi Bawah Beton Kurus harus dipelihara sebelum lapis perkerasan berikutnya dihampar. Setiap kerusakan sebagai akibat dari sebab apapun harus diperbaiki dan diganti.

## 10.5 Toleransi tebal perkerasan beton

- a) Toleransi ketebalan beton dapat mengikuti ketentuan dalam butir 8.2.b) pedoman Pt T-05-2004 B. Tebal perkerasan beton aktual umumnya ditentukan dengan perbedaan elevasi hasil survei sebelum dan sesudah perkerasan beton semen dicor. Bilamana setiap lokasi yang tebal betonnya berbeda dengan yang dihitung dari dua kali survei elevasi, pengambilan benda uji inti harus dilakukan untuk menetapkan tebal beton aktual pada lokasi tersebut. Bilamana pengambilan benda uji inti ini diperlukan, tebal perkerasan pada lokasi ini ditentukan dari hasil rata-rata pengukuran dengan sigmat terhadap benda uji inti yang diambil sesuai dengan SNI 03-6969.
- b) Dalam perhitungan tebal rata-rata perkerasan, pengukuran yang melampaui lebih dari 5 mm dari tebal yang disyaratkan akan dipandang sebagai tebal yang disyaratkan harus ditambah 5 mm.
- c) Lokasi yang kurang sempurna dengan kekurangan tebal yang lebih dari 12,5 mm dapat dievaluasi, dan jika keputusannya terhadap lokasi yang kurang sempurna ini memerlukan pembongkaran, maka perkerasan tersebut harus dibongkar dan diganti dengan beton yang tebalnya sesuai dengan yang ditunjukkan dalam gambar.

## 10.6 Pengambilan contoh (*sampling*)

Pengendalian mutu harus dilakukan untuk menjamin bahwa beton tersebut memenuhi persyaratan dalam spesifikasi. Jenis dan jumlah pengambilan contoh bahan tergantung pada keperluan dan kesepakatan, dan pada umumnya untuk memonitor kuat lentur beton. Sifat beton juga harus dimonitor untuk memverifikasi kualitas beton yang tiba di lokasi pelaksanaan

(ACI 325.1997). Program pengendalian mutu yang meliputi pembuatan benda uji silinder dan balok harus dilakukan sebagai berikut:

- a) Untuk tujuan kemudahan kerja, satu atau lebih uji slump harus dibuat, dengan ketentuan bila menggunakan acuan bergerak untuk setiap volume beton sampai 50 m<sup>3</sup>, dan sampai 30 m<sup>3</sup> untuk yang dibentuk dengan acuan tetap.
- b) Untuk setiap lot atau tumpukan bahan, dua pasang benda uji silinder harus dicetak untuk pengujian kuat tekan dan dua pasang benda uji balok untuk kuat tarik lentur, sepasang yang pertama masing-masing untuk 7 hari dan sepasang lainnya pada umur 28 hari.

#### **10.7 Pengujian untuk sifat kemudahan pengerjaan**

Satu atau lebih pengujian *slump*, harus dilaksanakan untuk setiap takaran atau bet (*batch*) beton yang dihasilkan.

#### **10.8 Pengujian kekuatan**

Pengujian kekuatan harus dilaksanakan tidak kurang dari satu pengujian kekuatan untuk setiap 20 meter kubik atau sebagian dari beton yang dicor. Setiap pengujian harus termasuk pembuatan tiga contoh untuk diuji pada umur 3 hari, 7 hari, dan 28 hari. Tetapi bila jumlah beton yang direncanakan untuk dicor dalam satu hari memberikan kurang dari 5 contoh uji, maka contoh-contoh harus diambil dari 5 takaran yang dipilih secara acak. Contoh pertama dari contoh-contoh ini harus diuji pada umur 3 hari disusul pengujian lebih lanjut pada umur 7 hari dan 28 hari.

#### **10.9 Penerimaan segmen BBS**

Ketinggian (*levelling*) dasar segmen beton diukur dengan mistar perata (*straight edge*) berukuran panjang (2,4 – 3,0) meter, atau dengan benang, atau kawat (*string*) yang direntangkan searah memanjang perkerasan dan diagonal segmen. Setiap segmen beton yang diukur paling sedikit pada tiga titik atau posisi yang berseberangan secara acak dan harus memenuhi toleransi sesuai dengan ketentuan dalam butir 9.3.1.

#### **10.10 Pengujian beton kering**

Pengujian yang bersifat tidak merusak, antara lain dengan cara penetrasi (*hammer test*), atau alat penguji lainnya. Pengambilan yang bersifat merusak seperti contoh inti (*core drill*) harus dilakukan secara hati-hati bila beton diperkuat dengan baja tulangan sehingga tidak mengenai perkuatan baja tulangan tersebut.

#### **10.11 Pengujian baja tulangan**

Bila digunakan perkuatan dengan baja tulangan, benda uji harus mempunyai panjang tidak kurang dari 1,00 meter atau disesuaikan dengan kebutuhan laboratorium penguji. Jumlah benda uji minimum 3 (tiga) buah atau sekurang-kurangnya 1 (satu) benda uji untuk setiap 20 ton berat bahan.

#### **10.12 Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi ketentuan**

Perbaikan termasuk penggantian komponen yang rusak atau hilang dan pemasangannya, pelurusan pelat yang bengkok, perbaikan pelapisan permukaan yang rusak atau hal-hal lainnya yang tidak sempurna harus diperbaiki. Perbaikan yang tidak sempurna serta rusak akibat penyimpanan dan penanganan yang keliru harus disingkirkan.

#### **10.13 Pembukaan untuk lalu lintas**

Sebelum dibuka untuk lalu lintas, perlu dilakukan hal-hal sebagai berikut:

- a) Persyaratan kekesatan permukaan harus diuji setelah beton mempunyai kekuatan minimum 85%.

- b) Bila dilakukan *grouting* di bawah segmen beton harus mencapai kuat tekan minimum 5,0 MPa.
- c) Harus dipastikan bahwa daerah transisi / daerah kerja sementara adalah lancar dan terlindungi secara memadai. Penurunan maksimum yang diijinkan di daerah jalur transisi sementara adalah 25 mm, dan celah maksimum yang diijinkan antara segmen dan perkerasan sekitarnya adalah 25 mm.
- d) Sepanjang daerah transisi permanen, penurunan maksimum yang diijinkan adalah 3 mm, dan celah maksimum yang diijinkan antara segmen beton dan perkerasan jalan di sekitarnya adalah 13 mm.

## Bibliografi

- AASHTO (1993). *The Guide of Pavement Design*. Subcommittee on Prestressed Concrete Pavement.
- AASHTO M 31M-90 Deformed and Plain Billet-Steel Bar for Concrete Reinforcement
- AASHTO M 54, Fabricated Deformed Steel Bar Mats for Concrete Reinforcement.
- AASHTO M 221, Welded deformed steel wire fabric for concrete reinforcement
- The American Concrete Institute (ACI544.1R-96)*. Report on Fiber Reinforced Concrete (Reapproved 2009). Year of Publication: 1996. Number of Pages: 66. This document is: Active
- The American Concrete Institute (ACI544.3R-08)*. Guide for Specifying, Proportioning, and Production of Fiber-Reinforced Concrete. Reported by ACI Committee 544.1998. ACI 544.3R-08
- The ACI Standard 211.1 is a "*Recommended Practice for Selecting Proportions for Concrete*". Concrete Technology (2010). Fibre Reinforced Concrete. <http://theconstructor.org/concrete/fibre-reinforced-concrete/150/>
- The ACI, 2006. *Reinforcement For Concrete- Materials And Applications*. ACI Education Bulletin E2-00. (Reapproved 2006). Developed by Committee E-701, Materials for Concrete Construction. Charles K. Nmai, Chairman David M. Suchorski, Secretary.
- ASTM C 138, Standard Method of Test for Density (Unit Weight), Yield, and Air Content [Gravimetric] of Concrete
- ASTM C 173, Standard Method of Test for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method
- ASTM C 231, Standard Method of Test for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Pressure Method
- ASTM D 792, Standard test methods for density and specific gravity (relative density) of plastics by displacement
- ASTM D 412, Standard test methods for vulcanized rubber and thermoplastic elastomers-tension
- Concrete manual 5-694.410 (2). September 1, 2003.
- Dept. P.U. (2003). *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*. Pedoman Konstruksi dan Bangunan. Pd T-14-2003. Departemen Pekerjaan Umum (dulu Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah).
- Dept. P.U. (2004). *Pelaksanaan perkerasan jalan beton semen (Pd T-05-2004-B)*. Kementerian Pekerjaan Umum (dulu Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah).
- Dachlan, A.T. *Laporan Akhir Tahun 2009, Kajian dan Pengawasan Uji Coba Skala Penuh Teknologi Perkerasan Jalan Beton Semen dengan Metoda Pracetak*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. 2009.
- Dachlan, A.T. *Laporan Akhir Tahun 2010, Monitoring dan Evaluasi Pemanfaatan Perkerasan Beton dan Beton Pracetak di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. 2010.
- Federal Highway Administration (February, 2007). *Precast Concrete Panel Systems for Full-Depth Pavement Repairs*. Field Trials. Publication No. FHWA-HIF-07-019. Washington DC 20590.
- Hedda Vikan, 2007. *Concrete workability and fibre content*. SBF BK A07029. SINTEF Building and Infrastructure. COIN – Concrete Innovation Centre. NO-7465 Trondheim. NORWAY. Richard Birkelands vei 3.
- NAHB Research Center. 2011. *Concrete Admixtures. Improving the properties of concrete*. The NAHB Research Center is a wholly-owned subsidiary of the National Association of Home Builders (NAHB). Copyright © 2001 All Rights Reserved. 400 Prince George's Boulevard Upper Marlboro, Maryland 20774. <http://www.toolbase.org/Technology-Inventory/Foundations/concrete-admixtures>. 9 Juli 2011

- Setiati, N.Retno. (Oktober 2009). *Laporan Hasil Pengujian Penggunaan Serat Sintetik Barchip<sup>R</sup>60 untuk Campuran Beton*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. 2010
- SNI 1743-2008, Cara uji kepadatan berat untuk tanah
- SNI 1966 : 2008, Cara uji penentuan batas plastis dan indeks plastisitas tanah
- SNI 1969 : 2008, Cara uji berat jenis penyerapan air agregat kasar
- SNI 1970 : 2008, Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus
- SNI 1974 : 2011, Cara uji kuat tekan betondengan benda uji silinder yag dicetak
- SNI 2417 : 2008, Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles
- SNI 2496 : 2008, Spesifikasi bahan tambahan pembentuk gelembung udara untuk beton
- SNI 03-2834, Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal
- SNI 03-2853, Tata cara pelaksanaan lapis fondasi jalan dengan batu pecah
- SNI 4431 : 2011, Cara uji kuat lentur beton normal dengan dua titik pembebanan
- SNI 03-4804, Metode pengujian berat isi dan rongga udara dalam agregat
- SNI 03-4810, Metode pembuatan dan perawatan benda uji beton di lapangan
- SNI 03-6388, Spesifikasi agregat lapis fondasi bawah, lapis fondasi atas dan lapis permukaan
- SNI 03-6969, Metode pengujian untuk pengukuran panjang beton inti hasil pengeboran
- SNI 03-6820, Spesifikasi agregat halus untuk pekerjaan adukan dan plesteran dengan bahan dasar semen
- State of Florida Department of Transportation (2006). *Rigid Pavement Design Manual*. Pavement Management Office 605 Suwannee Street, M.S.70 Tallahassee, Florida 32399-0450. Document No. 625-010-006-d. January 2006.
- University of Washington. 2010. *Fibre Reinforced Concrete (FRC)*. CM 425. Concrete Technology. Professor Kamran M. Nemat. Spring Quarter 2011