

PELAKSANAAN PERKERASAN KAKU COR DI TEMPAT

IR. A. TATANG DACHLAN, M.ENG.SC.



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

Jl.A.H Nasution No.264 P.O BOX 2 Bandung 40294 Indonesia Telp (022) 7802251 Fax (022) 7802726 email: pusjatan@pusjatan.pu.go.id

PELAKSANAAN PERKERASAN KAKU COR DI TEMPAT

Penulis:

Ir. A. Tatang Dachlan, M.Eng.Sc.

Cetakan Ke-1, Desember 2013

©Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-264-063-9
Kode Kegiatan : 02-PPK3-001-107-F13
Kode Publikasi : IRE-TR-123/ST/2013

Koordinator Penelitian
Ir. Nyoman, Suaryana. M.Sc.

Editor
Prof (R) Dr.Ir. Furqon Affandi, M.Sc
Ir. Nyoman Suaryana, M.Sc

Layout dan Design
Yosi Samsul Maarif, S.Sn

Penerbit:
ZipBooks (Anggota IKAPI)
Jl. Margacinta no.204 Bandung

Pemesanan melalui:
Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan
info@pusjatan.pu.go.id



KATA PENGANTAR

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2013, pada DIPA Puslitbang Jalan dan Jembatan. Pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini merupakan pandangan penulis dan tidak selalu menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum maupun institusi pemerintah lainnya. Penggunaan data dan informasi yang dibuat di dalam publikasi ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

Publikasi ini disusun berdasarkan studi literatur dan hasil monitoring pelaksanaan di beberapa lokasi perkerasan jalan beton semen cor di tempat yang pelaksanaannya menggunakan acuan tetap (fixed form) dan acuan bergerak (slip-form).

Dalam publikasi ini dijelaskan tentang pelaksanaan perkerasan beton menggunakan acuan tetap dan acuan bergerak (gelincir) sebagai informasi penting untuk pengembangan pedoman pelaksanaan perkerasan kaku (Pd.T-05-2004-B) yang masih berlaku dan telah ada di Indonesia.

Untuk mengukur kerataan permukaan digunakan alat ukur mistar perata (straight edge) yang menghasilkan suatu indeks profil (profile index, atau P_{rl}), dan dapat dikorelasikan terhadap nilai ketidakrataan (International Roughness Index atau IRI) yang diukur dengan alat walking profiler (WP). Beberapa permasalahan yang biasanya muncul pada pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton semen di lapangan, diuraikan, baik yang menggunakan acuan tetap (fixed form) atau menggunakan acuan bergerak atau acuan gelincir (slip-form).

Bandung, Desember 2013
Penulis,

Ir.A.Tatang Dachlan, M.Eng.Sc.
Peneliti Utama Bidang Perkerasan Jalan



DAFTAR ISI

		HAL
1	PENDAHULUAN	1
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Prinsip umum pelaksanaan perkerasan jalan beton	1
2	SISTEM PELAKSANAAN PERKERASAN BETON SEMEN	3
2.1	Sistem acuan tetap (fixed form paving system)	3
2.1.1	Prinsip kerja	3
2.1.2	American Concrete Pavement Association (ACPA, 1995)	3
2.1.2.1	Keuntungan acuan tetap	3
2.1.2.2	Kegunaan	4
2.1.3	Apollo Fixed Form Concrete Paver, India. (2012)	5
2.1.4	Peralatan penghampar beton jenis acuan tetap	6
2.1.4.1	Mesin Penghampar dan Penempa (Spreading and finishing machines)	6
2.1.4.2	Penggetar (Vibrator)	6
2.1.4.3	Acuan tepi	7
2.1.5	Pelaksanaan	10
2.1.5.1	Penempatan dan pemadatan beton pada cetakan	10
2.1.5.2	Batang penempa (screed)	11
2.1.5.3	Pemadatan	13
2.1.5.4	Penyelesaian Akhir (Finishing)	14
2.1.6	Pembongkaran acuan	15
2.2	Sistem acuan gelincir (slip-form paving system)	15
2.2.1	Prinsip kerja-1	15
2.2.2	Prinsip kerja-2 (ACPA 1995)	16
2.2.2.1	Placer / Spreader	16
2.2.2.2	Penghampar (Paver)	17
2.2.2.3	Konsolidasi	18
2.2.2.4	Penyelesaian awal (initial finishing)	18
2.2.2.5	Texturing dan Curing Machine	20
2.2.3	Publikasi U. S. Bureau of Public Roads	20
2.2.3.1	Kenapa memilih acuan bergerak	21
2.2.3.2	Keuntungan memilih acuan bergerak (American Concrete Pavement Association, ACPA, 1995)	21
2.2.4	Jagvir Goyal (India, 2007)	22
2.2.5	Campuran beton untuk acuan bergerak	23
2.2.6	Jenis-jenis alat penghampar acuan bergerak	24

2.2.7	Alat penghampar perkerasan beton semen jenis acuan bergerak	25
2.2.7.1	Penyebar (placer/spreader)	25
2.2.7.2	Penghampar (paver)	25
2.2.7.3	Batang mengambang (tube float)	25
2.2.7.4	Alat tining	26
2.2.8	Kombinasi penghampar beton acuan bergerak	26
2.2.9	Pelaksanaan	27
2.2.9.1	Persiapan yang diperlukan pada acuan bergerak	27
2.2.9.2	Alinyemen dan kerataan	27
2.2.9.3	Kontrol alinyemen vertikal	28
2.2.9.4	Alinyemen Horizontal	29
2.2.9.5	Kecepatan Penghampar	29
2.2.9.6	Augers	29
2.2.9.7	Vibrator	30
2.2.9.8	Pelepa perata (floating pan)	31
2.2.9.9	Penyelesaian akhir (finishing)	32
2.2.10	Perawatan beton dengan curing membrane	36
2.3	Perkerasan beton pracetak	36
2.3.1	Umum	36
2.3.2	Peralatan	36
2.3.2.1	Cetakan panel beton semen	36
2.3.2.2	Peralatan lainnya	36
2.3.3	Pembuatan panel pracetak	37
2.3.4	Pemasangan dan perakitan perkerasan beton pracetak	37
3	Kajian pelaksanaan perkerasan beton semen	38
3.1	Pedoman pelaksanaan perkerasan jalan beton semen nomor Pd.T-05-2004-B	38
3.1.1	Peralatan	39
3.1.2	Pelaksanaan	42
3.2	Pedoman pelaksanaan perkerasan jalan beton semen menurut ACPA	50
3.3	Pelaksanaan dengan slip form di JORR, Akses Meruya	51
3.4	Pelaksanaan di beberapa lokasi di Jawa Barat dalam gambar	55
3.4.1	Jalan Golf Raya, Arcamanik, Bandung	55
3.4.2	Gekbrong, Kabupaten Cianjur	56
3.4.3	Jalan Cijambe, Ujungberung, Kota Bandung	56
3.4.4	Jalan Damri, Cisaranten Wetan, Kota Bandung	57
4	Uji kerataan permukaan	58
4.1	Alat uji kerataan permukaan	58
4.1.1	Walking Profiler (WP)	58
4.1.2	Straight Edge	58
4.2	Hasil uji lapangan	59

	4.2.1	Pengukuran kerataan permukaan	59
	4.2.2	Pengukuran ketidakrataan permukaan (IRI)	60
	4.2.3	Hasil uji kerataan memanjang dan ketidakrataan permukaan	60
5		Masalah umum terjadi pada pelaksanaan lapangan	62
6		Penutup	64
	6.1	Keberhasilan pelaksanaan perkerasan beton semen	64
	6.2	Keuntungan dan kerugian penggunaan acuan	65
		DAFTAR PUSTAKA	66



DAFTAR GAMBAR

		HAL
Gambar 1	Penghampar beton semen jenis acuan tetap (fixed form)	4
Gambar 2	Apollo Fixed Form Concrete Paver di India (Sumber: http://www.youtube.com/watch?v=ms0mcTxMAHo)	5
Gambar 3	Sistem acuan tetap pada pelaksanaan JRCP dan CRCP di Jalan Tol Tangerang-Merak	6
Gambar 4	Acuan tetap siap dirakit	6
Gambar 5	Acuan tetap dari kayu untuk pekerjaan kecil	7
Gambar 6	Pemancangan pin menggunakan jackhammer dan pin yang sudah terpancang	9
Gambar 7	Acuan tepi	9
Gambar 8	Foto lengkungan/belokan jalan	10
Gambar 9	Roller screed	11
Gambar 10	Roller screed sedang beroperasi	11
Gambar 11	Self-propelled roller screed	11
Gambar 12	Tie bar dipasang manua	11
Gambar 13	Vibrating screed	12
Gambar 14	A Clary or Roller Screed	12
Gambar 15	Transversing roller tube paver	12
Gambar 16	Sistem acuan tetap pada pelaksanaan JRCP dan CRCP di Jalan Tol Tangerang-Merak	13
Gambar 17	Apollo Fixed Form Concrete Paver di India (http://www.youtube.com/watch?v=ms0mcTxMAHo)	13
Gambar 18	Hand operated vibrator	14
Gambar 19	Pelepa terbuat dari besi kanal (C) untuk finishing (floating)	14
Gambar 20	Straightedge	14
Gambar 21	Pelepa (floating) sedang dioperasikan	15
Gambar 22	Tining secara manual	15
Gambar 23	Skema diagram pengoperasian secata tipikal pada acuan gelincir	16
Gambar 24	Placer / spreader besar	16
Gambar 25	Placer/spreader kecil	16
Gambar 26	Placer/spreader menerima beton segar dari dump truk dan menempatkannya di depan penghampar (paver)	17
Gambar 27	Skema tipikal operasi acuan bergerak. (ACPA 1995)	17
Gambar 28	Vibrator beton terletak di bawah mesin penghampar	18
Gambar 29	Acuan tepi dan profile pan	19
Gambar 30	Penyelesaian akhir dengan manual (hand finishing) di belakang penghampar	19

Gambar 31	Burlap yang ditarik	19
Gambar 32	Artificial turf yang ditarik	19
Gambar 33	Instrumen pembuat tekstur (tined texturing carriage)	20
Gambar 34	Penyemprotan curing membrane	20
Gambar 35	Penyemprotan curing membrane	20
Gambar 36	Acuan bergerak untuk perkerasan jalan beton	24
Gambar 37	Acuan bergerak untuk perkerasan jalan beton ukuran sedang	24
Gambar 38	Acuan bergerak untuk pagar pengaman	24
Gambar 39	Acuan bergerak untuk separator	24
Gambar 40	Acuan bergerak untuk parapet	24
Gambar 41	Acuan bergerak dengan satu auger	26
Gambar 42	Acuan bergerak dengan dua auger	26
Gambar 43	Acuan bergerak pada trek	26
Gambar 44	Lajur trek	26
Gambar 45	Sensor elektronik pada acuan bergerak	28
Gambar 46	Sensor horizontal dan vertikal	28
Gambar 47	Tampak samping mesin acuan bergerak	28
Gambar 48	Panduan Kawat pengendali	29
Gambar 49	Kawat pengendali tampak dari sisi lain	29
Gambar 50	Auger	30
Gambar 51	Auger dan penyebaran beton	30
Gambar 52	Vibrator terbenam (Immersion Vibrators)	30
Gambar 53	Bagian bawah acuan bergerak	30
Gambar 54	Posisi Vibrator yang disarankan.	31
Gambar 55	Zona vibrasi dalam beton	31
Gambar 56	Goresan vibrator yang tidak bekerja dengan benar	31
Gambar 57	Pelepa perata di bawah mesin penghampar acuan bergerak	32
Gambar 58	Pelepa silinder (Tube Floats)	32
Gambar 59	Pelepa memanjang	32
Gambar 60	Pelepa bentuk "V" yang ditarik mesin	33
Gambar 61	Roskam tangan (Hand Trowel) untuk yang sulit dijangkau mesin	33
Gambar 62	Penekanan alat pelepa (Bull float)	33
Gambar 63	Straightedge Finishing	34
Gambar 64	Pulling the straightedge – keeping the handle high	34
Gambar 65	Pushing the straightedge – keeping the handle low	34
Gambar 66	Straightedging behind a longitudinal float	34
Gambar 67	Karpet Astroturf yang jatuh bebas di atas beton	35
Gambar 68	Karpet Astroturf yang dipasang pada mesin.	35
Gambar 69	Karpet Astroturf yang terlipat.	35
Gambar 70	Permukaan yang ditekstur dengan alat Tining	35
Gambar 71	Mechanical Tining Device.	35
Gambar 72	Perkerasan beton pracetak yang di pasang secara melintang (atas) dan memanjang (bawah)	37

Gambar 73	Operasi penyimpanan panel beton pracetak dan pemasangannya	38
Gambar 74	Pelaksanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd.T-05-2004-B)	39
Gambar 75	Pedoman pelaksanaan perkerasan jalan beton semen menurut ACPA	51
Gambar 76	Jalan tol JORR di akses Meruya	52
Gambar 77	Lean concrete tebal 10 cm	52
Gambar 78	Kabel pengendali (stringline)	52
Gambar 79	Instrumen vibrator	52
Gambar 80	Perakitan dowe	53
Gambar 81	Pelepa untuk meratakan permukaan beton segar	53
Gambar 82	Truck mixer menumpahkan beton segar	53
Gambar 83	Beton segar didorong auger untuk disebarkan selebar lajur	53
Gambar 84	Truck mixer berikutnya menumpahkan beton segar	53
Gambar 85	Beton segar selanjutnya didorong auger untuk disebarkan selebar lajur	53
Gambar 86	Beton segar telah tercetak melewati proses pemadatan dilanjutkan dengan perataan	54
Gambar 87	Perataan dan pemasangan tie bar secara manual	54
Gambar 88	Perataan dengan tangan (manual)	54
Gambar 89	Persiapan pembuatan tekstur	54
Gambar 90	Acuan tepi menggunakan pelat baja dengan tebal 1 mm	55
Gambar 91	Pemasangan acuan tepi	55
Gambar 92	Acuan tepi pada potongan memanjang yang tidak menerus	55
Gambar 93	Retak memanjang	55
Gambar 94	Jalan beton semen dan perawatan beton yang tidak sempurna di jalan Golf Raya – Kota Bandung	56
Gambar 95	Jalan beton semen cor di tempat, Gekbrong – Kabupaten Cianju	56
Gambar 96	Jalan Cijambe – Kota Bandung	57
Gambar 97	Pemasangan acuan tepi	57
Gambar 98	Jalan Tengah (Gedebage) Kota Bandung	57
Gambar 99	Alat Walking Profiler	58
Gambar 100	Straight edge 3 m dan wedges	59
Gambar 101	Pengukuran kerataan permukaan memanjang	59
Gambar 102	Pengukuran kedalaman profil memanjang di bawah straight edge 3 m	60
Gambar 103	Pengukuran ketidakrataan dengan alat walking profiler (WP)	60
Gambar 104	Hasil uji kerataan memanjang dengan straight edge 3 m	61
Gambar 105	Hasil uji ketidakrataan dengan alat walking profiler (WP)	61
Gambar 106	Kerataan profil memanjang (mm) dan ketidakrataan (IRI, m/km)	62

DAFTAR TABEL

		HAL
Tabel 1	Permasalahan umum yang sering terjadi di lapangan	62
Tabel 2	Keuntungan dan kerugian penggunaan acuan tetap dan acuan bergerak	65





1. PENDAHULUAN

.....

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan beton di Indonesia sudah mulai diterapkan sejak tahun 1980-an yang pada umumnya menggunakan acuan tetap (fixed form). Perkembangan pembangunan jalan beton tidak sebanyak perkerasan beraspal karena masalah biaya awal yang relatif lebih tinggi. Walaupun tata cara pelaksanaan perkerasan beton semen di Indonesia sudah ada yaitu dalam (Pd.T-05-2004-B), namun informasi tentang pelaksanaan penghamparan perkerasan beton semen menggunakan jenis acuan gelincir acuan bergerak (slip-form) belum diuraikan lebih rinci dan belum banyak dikembangkan.

Untuk meningkatkan kemudahan kerja (workability) dan meningkatkan kekuatan, rancangan bahan beton dapat dicampur dengan suatu bahan tambah (admixtures) tertentu atau dilakukan suatu perkuatan dengan baja tulangan atau dengan baja prategang. Jalan beton semen konvensional cor di tempat atau cast in place (CIP) pada umumnya dilaksanakan di jalan kabupaten, jalan kota, jalan nasional, dan bahkan di jalan tol. Pelaksanaan di lapangan pada umumnya menggunakan acuan tetap (fixed form), sedang penggunaan acuan gelincir atau dikenal dengan acuan bergerak (slip-form) relatif jarang digunakan karena peralatannya lebih banyak dan dioperasikan secara otomatis. Saat ini penggunaan acuan gelincir sering digunakan untuk pembangunan jalan tol. Acuan tetap digunakan pula di jalan tol terutama untuk bahu jalan dan di beberapa lokasi yang tidak memungkinkan menggunakan acuan bergerak. Hasil pengamatan yang dapat diidentifikasi dari kajian dan monitoring di beberapa lokasi pelaksanaan perkerasan beton semen menunjukkan nilai ketidakrataan yang relatif tinggi karena dilaksanakan menggunakan acuan tetap (fixed form). (Dachlan A.T., 2011)). Nilai ketidakrataan (roughness) permukaan perkerasan jalan beton rata-rata antara 5,63 dan 6,07. Walaupun sudah diperbaiki, hasil uji ketidakrataan menunjukkan penurunan namun tidak terlalu besar.

1.2 Prinsip umum pelaksanaan perkerasan jalan beton

Beberapa prinsip dasar pada pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton semen antara lain sebagai berikut:

- a) Petugas lapangan terutama pengawas adalah bertanggung jawab terhadap pelaksanaan, mutu campuran beton, dan lingkungan.
- b) Penakaran dan pencampuran bahan beton harus konsisten dan seragam.

- c) Penyebab utama kegagalan perkerasan jalan adalah tanah dasar atau fondasi yang tidak stabil. Tanah dasar dan atau fondasi harus terdiri atas bahan yang seragam dan harus mempunyai sistem drainase yang baik.
- d) Batang dowel penting untuk transfer beban pada sambungan melintang perkerasan jalan beton terutama pada lokasi atau ruas jalan dengan volume truk yang tinggi. Posisi dowel harus sejajar satu sama lain, horizontal dan vertikal, untuk mencegah kerusakan perkerasan pada sambungan.
- e) Pada acuan tetap (fixed form), acuan tepi merupakan rel untuk proses konsolidasi dan finishing sehingga diperlukan acuan yang kokoh dan kuat menahan beban mesin atau instrumen yang akan menyelesaikan kerataan permukaan perkerasan beton.
- f) Pada acuan bergerak (slip-form), kabel pengendali atau kapel panduan (stringlines) yaitu instrumen berupa rentangan kawat baja atau sutra yang dipasang dengan jarak yang sama dengan jarak sambungan, berfungsi untuk mengontrol gerakan horisontal dan vertikal dari mesin penghampar (paver) dan memastikan posisi permukaan tetap dan rata pada ketinggian yang direncanakan. Kabel panduan (stringlines) harus sering diperiksa karena acapkali terganggu.
- g) Permukaan perkerasan yang baru dilakukan finishing dan akibat penambahan air ke permukaan dapat menyebabkan masalah permukaan perkerasan.
- h) Curing beton yang tepat sangat penting untuk mencegah kerusakan perkerasan dari hilangnya kelembaban pada permukaan perkerasan beton semen .
- i) Sistem jarak sambungan yang baik adalah penting untuk mencegah retak acak.
- j) Jarak sambungan harus terkendali dengan cara digergaji untuk mengarahkan retak pada waktu yang tepat setelah perkerasan beton semen memperoleh kekuatan yang cukup.
- k) Variasi cuaca dan musim mempengaruhi pengaturan waktu dan variabel lain dalam pelaksanaan pekerjaan perkerasan beton semen yang baru karena harus disesuaikan dengan tepat.

Untuk mewujudkan pengetahuan tentang sistem pelaksanaan perkerasan beton menggunakan acuan tetap dan acuan bergerak, tinjauan pelaksanaan dikembangkan dengan beberapa pertanyaan berikut:

- Apakah pelaksanaan perkerasan beton semen menggunakan acuan tetap dan acuan bergerak memberikan efektifitas dan kinerja perkerasan beton yang berbeda secara signifikan.
- Bagaimana keuntungan dan kerugian penggunaan alat penghampar perkerasan beton semen dengan sistem acuan tetap dan acuan gelincir.

2. SISTEM PELAKSANAAN PERKERASAN BETON SEMEN

.....

Sistem pelaksanaan perkerasan beton semen pada umumnya dilakukan cor di tempat, baik menggunakan acuan tetap atau acuan bergerak (acuan gelincir). Pelaksanaan perkerasan beton ada pula menggunakan beton pracetak, yaitu beton dengan ukuran dan tebal tertentu dicetak di pabrik atau tempat tertentu kemudian setelah dilakukan finishing dan perawatan yang cukup, diangkut ke lokasi pekerjaan untuk dirakit atau dipasang.

2.1 Sistem acuan tetap (*fixed form paving system*)

2.1.1 Prinsip kerja

Pada pelaksanaan penghamparan beton dengan system acuan tetap (*fixed form paving system*), pada umumnya mesin penghampar untuk menyebarkan beton, pemadatan dan penyelesaian akhir yang digunakan masing-masing adalah terpisah. Mesin penghampar menyebarkan beton segar merata melalui *auger reversibel* (ulir berputar yang dapat membalik) ke level yang diinginkan. Pemangkasan permukaan hamparan beton dengan alat perata sesuai dengan kemiringan yang ada. Pemadatan dengan balok yang digetarkan dirancang dengan amplitudo dan frekuensi tertentu sesuai dengan rencana.

Alur untuk sambungan basah dibentuk dengan menyelipkan besi strip secara tegak segera setelah pemadatan selesai. Sebagai alternatif, gergaji dapat digunakan untuk membentuk alur sambungan tersebut setelah beton cukup mengeras dan tepi hasil gergajian terbentuk dengan kompak.

Finishing permukaan beton umumnya diratakan dengan sepasang balok. Balok terdepan bergetar dan melicinkan permukaan, dan balok bagian belakang mengapung menyempurnakan kerataan permukaan.

2.1.2 *American Concrete Pavement Association (ACPA, 1995)*

2.1.2.1 Keuntungan acuan tetap

Keuntungan penggunaan penghampar beton acuan tetap menurut *American Concrete Pavement Association (ACPA, 1995)*. adalah sebagai berikut:

- Toleransi dan kebebasan samping yang ketat. Kerb yang ada dapat digunakan sebagai dinding acuan.

- Acuan dapat ditempatkan di hampir semua bentuk geometri perkerasan, yang memungkinkan untuk mengikuti bentuk dan lebar perkerasan yang berubah, tikungan, dan bentuk lainnya.
- Acuan tetap dapat digunakan pada konstruksi bertahap,
- Untuk pelaksanaan penghamparan beton di persimpangan.
- Biaya peralatan dan mobilisasi relatif murah dibandingkan dengan acuan bergerak (*slip-form*).

2.1.2.2 Kegunaan

Dinding tepi sebagai perancah pada penghampar beton jenis acuan tetap, digunakan untuk menahan beton segar tetap di tempat pada ketinggian yang tepat sampai beton mengeras. Bagian atas acuan ini juga dapat berfungsi sebagai dudukan untuk menempatkan peralatan perata dan pekerjaan penyelesaian akhir. Penghampar beton acuan tetap cocok untuk pekerjaan yang relatif kecil, untuk bentuk perkerasan dengan geometri yang rumit, atau untuk lebar perkerasan yang bervariasi, walaupun dapat digunakan pula untuk pekerjaan besar. Lihat Gambar 1.



Gambar 1 Penghampar beton semen jenis acuan tetap (*fixed form*)

2.1.3 Apollo Fixed Form Concrete Paver, India. (2012)

Dalam Gambar 2 diperlihatkan secara sederhana pekerjaan penghamparan beton tanpa tulangan.



Gambar 2 *Apollo Fixed Form Concrete Paver* di India
(Sumber: <http://www.youtube.com/watch?v=ms0mcTxMAHo>)

Dalam Gambar 3 diilustrasikan pekerjaan beton cor di tempat di Tangerang – Merak, menggunakan CRCP dan JRCP.





Gambar 3 Sistem acuan tetap pada pelaksanaan JRCP dan CRCP di Jalan Tol Tangerang-Merak

2.1.4 Peralatan penghampar beton jenis acuan tetap

Peralatan untuk menghampar beton menggunakan acuan tetap dalam Gambar 1, meliputi alat-alat sebagai berikut:

- Penyebar atau penghampar
- penggetar (*vibrator*)
- Batang penempa (*screed*)
- acuan tepi

2.1.4.1 Mesin Penghampar dan Penempa (*Spreading and finishing machines*)

Jenis mesin penghampar harus diatur agar dapat memperkecil kemungkinan terjadinya segregasi campuran beton. Alat penempa (*screed* atau *finishing machines*) harus dilengkapi dengan *transverse screeds* yang dapat bergerak bolak-balik (*oscillating type*) atau alat lain yang serupa.

2.1.4.2 Penggetar (*Vibrator*)

Vibrator, alat untuk menggetarkan perkerasan beton ke seluruh lebar pekerasan, dapat berupa *surface pan type* atau *internal type* dengan tabung celup (*immersed tube*) atau *multiple spuds*. *Vibrator* dapat di pasang pada mesin penghampar atau alat penempa (*screed*). *Vibrator* tidak boleh menyentuh *dowel* atau *load transfer devices*, *subgrade* dan acuan tepi.

Frekuensi *vibrator surface pan* tidak boleh kurang dari 3500 impuls per menit (58 Hz). Frekuensi *internal vibrator* tidak boleh kurang dari 5000 impuls per menit (83 Hz) untuk *vibrator* jenis tabung dan tidak kurang dari 7000 impuls per menit (117 Hz) untuk *spud vibrator*. *Spud vibrator*, dapat dipasang pada mesin penghampar (*spreader*) atau alat penempa (*finishing*), dengan frekwensi tidak boleh kurang dari 3500 impuls per menit (58 Hz). penggetaran di lokasi dekat acuan dapat dioperasikan dengan tangan.

2.1.4.3 Acuan tepi

Penghampar acuan tetap menggunakan serangkaian cetakan yang dapat distel atau dirangkai untuk membentuk cetakan suatu perkerasan yang kaku. Penyetelan cetakan pada acuan tetap menjadi suatu proses yang harus dilaksanakan secara hati-hati sebelum penempatan beton segar. Penyetelan cukup mudah dilakukan sebelum beton segar ditempatkan. Penyetelan setelah beton segar ditempatkan merupakan hal tidak mungkin dilakukan karena akan mendapatkan kesulitan. Penyetelan ini penting karena bagian atas cetakan akan menjadi suatu rel untuk melaksanakan penyelesaian akhir (*finishing*) menggunakan peralatan lainnya.

Pedoman umum untuk merangkai acuan tetap adalah sebagai berikut:

- a) Acuan ini harus ditempatkan pada dasar atau fondasi agregat sesuai dengan bentuk yang diinginkan.
- b) Bahan acuan sebagai cetakan dapat dibuat dari pelat baja dan rangka baja yang dilas atau papan dan rangka kayu yang diperkuat. Untuk pekerjaan berskala besar, harus digunakan acuan pelat baja tebal minimum 5 mm dengan panjang 3 m yang disambung dan diperkuat dengan pen sehingga kaku (Gambar 4), sedangkan untuk pekerjaan kecil dapat menggunakan papan kayu tebal minimum 3 cm (Gambar 5.).



Gambar 4 Acuan tetap siap dirakit



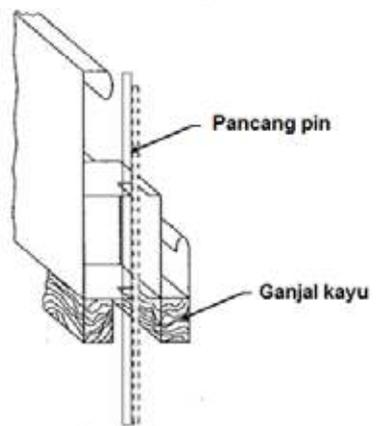
Gambar 5 Acuan tetap dari kayu untuk pekerjaan kecil

- c) Kedalaman cetakan harus sama dengan tebal slab. Dengan cara ini elevasi slab beton dan bagian tepinya dapat dikontrol dengan ketat.
- d) Dinding cetakan harus memiliki lebar dasar flens (*flange braces*) yang cukup untuk menjaga kestabilan. Jika tidak stabil, mungkin bisa bergeser atau berubah pada saat beton segar ditempatkan yang akan membebaninya.
- e) Batang flens (*flange braces*) harus dilebihkan keluar dari dasar tidak kurang dari $\frac{2}{3}$ tinggi acuan. Bagian dasar cetakan harus melekat pada dasar atau fondasi dengan cara dipasak pada setiap jarak (1 – 2) m, untuk mencegah kemungkinan bagian dasar bergerak dari tempatnya.
- f) Bagian atas cetakan harus lurus dan rata. Kerataan bagian atas tidak boleh berbeda lebih dari 3 mm untuk setiap panjang 3 m cetakan, dan pada kaki tegaknya tidak boleh lebih dari 6 mm. Acuan ini harus dilengkapi juga dengan pengunci di ujung-ujung bagian yang bersambungan.
- g) Bagian ujung cetakan harus terkunci bersama cetakan lainnya sehingga kaku, untuk mencegah agar cetakan tidak terpisah ketika beton segar ditempatkan.
- h) Acuan harus dilengkapi dengan sarana yang memadai untuk keperluan pemasangan, sehingga bila telah terpasang acuan tersebut dapat menahan benturan dan getaran dari alat pemadat dan pembentuk, tanpa adanya lentingan atau penurunan.
- i) Acuan dan alat pengendali elevasi jenis kawat atau lainnya harus dipasang di muka yang akan dicor beton. Acuan harus dipasang pada tempatnya menggunakan sekurang-kurangnya 3 paku untuk setiap 3 m bagian panjang acuan. Paku pemancang (*pin*) ini harus diletakkan di setiap sisi sambungan. Lihat Gambar 6..
- j) Dalam Gambar 7 ditunjukkan tipikal acuan tepi. Kedalaman acuan tepi harus sama dengan ketebalan perkerasan beton yang dibutuhkan. Acuan dengan kedalaman lebih besar atau kurang daripada ketebalan perkerasan beton yang diperlukan dapat digunakan jika perbedaan antara kedalaman form dan kedalaman perkerasan desain tidak lebih besar dari 5 cm (2 inci). Penggunaannya adalah sebagai berikut:
 - Acuan dengan kedalaman lebih besar dari ketebalan tepi perkerasan dapat digunakan jika direncanakan untuk membentuk parit tepi.
 - Acuan dengan kedalaman kurang dari ketebalan tepi perkerasan harus disesuaikan dengan ketebalan tepi yang dibutuhkan dengan aman, yaitu dengan memasang pelat logam atau kayu ganjal (*shims*) di bagian yang disetujui sesuai

dengan lebar dan panjang dasar acuan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Gunakan ganjal kayu di bawah acuan yang belum terisi agar dicapai ketinggian perkerasan beton yang direncanakan.



Gambar 6 Pemancangan pin menggunakan *jackhammer* dan pin yang sudah terpancang



Gambar 7 Acuan tepi

- k) Acuan harus kokoh dan tidak goyah. Toleransi acuan dari garis yang sebenarnya maksimum 5 mm. Alat pengendali elevasi harus dipasang dengan toleransi ± 10 mm terhadap rencana elevasi.
- l) Permukaan cetakan yang berhubungan dengan beton segar harus dibersihkan dan diminyaki sebelum digunakan. Permukaan yang kotor dan tidak diminyaki akan menyebabkan cacat permukaan di sisi slab dan dapat menempel pada slab selama pembongkaran acuan.
- m) Lengkungan atau tikungan dengan jari-jari kurang dari 30 m harus menggunakan cetakan yang fleksibel, misalnya kayu, atau pelat logam yang dirangkai dengan rangka dan dilas melengkung. Untuk jari-jari tikungan lebih dari 30 m, cetakan panjang 3 m yang terbuat

dari baja dapat disusun sesuai dengan bentuk lengkungan yang diperlukan. Lihat Gambar 8.



Gambar 8 Foto lengkungan/belokan jalan

- n) Acuan samping terbuat dari baja harus digunakan untuk membentuk lidah alur (*shear key* atau *key-way*) sepanjang sambungan memanjang.
- o) Bagian atas acuan harus tetap bersih dan gerakan mesin di atas acuan harus hati-hati agar tidak goyah pada acuan yang akan mempengaruhi presisi akhir.

2.1.5 Pelaksanaan

Pelaksanaan meliputi penempatan dan pemadatan, penyelesaian akhir (*finishing*), dan pembongkaran acuan

2.1.5.1 Penempatan dan pemadatan beton pada cetakan

Berikut ini pedoman umum bila menggunakan mesin penghampar beton jenis acuan tetap:

- a) Konsistensi beton (*slump*) harus diukur sesuai dengan SNI 1972: 2008. Rentang *slump* adalah (50 – 75) mm untuk jalan umum, dan sekitar (40 – 60) mm untuk jalan tol. Toleransi yang diijinkan untuk campuran beton manapun adalah ± 13 mm.
- b) Rasio air-semen (*W/C ratio*) untuk agregat permukaan kering, ditentukan berdasarkan ketentuan kekuatan tetapi tidak boleh melampaui 0,48 terhadap berat.
- c) Pemadatan dengan vibrator tidak boleh menyentuh langsung perlengkapan sambungan atau sisi acuan. Vibrator tidak boleh digunakan lebih dari 5 detik pada setiap tempat.

2.1.5.2 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:

- *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.
- Penempa berputar (*roller screed / paver*) (Gambar 8 sampai dengan Gambar 10), 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. (Gambar 11). *Tie bar* dipasang secara manual (Gambar 12).



Gambar 9 *Roller screed*



Gambar 10 *Roller screed* sedang beroperasi



Gambar 11 *Self-propelled roller screed*



Gambar 12 *Tie bar* dipasang manual

- Penempa jenis rangka batang (*truss screed*) (Gambar 13), terdiri atas sebuah pisau baja atau aluminium yang dipasang pada bingkai rangka batang. Perata jenis rangka batang dapat menjangkau sampai sekitar 22,9 m. Biasanya, perata jenis rangka

batang dipasang alat penggetar oleh suatu mesin kecil atau dengan kompresor. Lihat Gambar 14).



Gambar 13 *Vibrating screed*



Gambar 14 *A Clary or Roller Screed*

- Penggilas tabung bergerak (*transversing roller tube paver*), (Gambar 15), terdiri atas penggilas dan perata tabung bergerak yang dipasang pada bingkai rangka batang. Perata jenis ini bergerak melintas dari satu ujung ke ujung lain, dengan mesin penggerak. Biasanya, perata ini meratakan dan selesai dalam satu lintasan saja. Bingkai rangka batang dilengkapi dengan pengatur permukaan berbentuk datar (*flat*), lengkungan parabola, punggung jalan (*crown*), bentuk super elevasi, dan bentuk lancip (*taper*).



Gambar 15 *Transversing roller tube paver*

Dalam Gambar 16 diilustrasikan pekerjaan beton cor di tempat di Tangerang – Merak, menggunakan CRCP dan JRCP. Dalam Gambar 17 diperlihatkan secara sederhana pekerjaan penghamparan beton tanpa tulangan.



Gambar 16 Sistem acuan tetap pada pelaksanaan JRCP dan CRCP di Jalan Tol Tangerang-Merak



Gambar 17 Apollo Fixed Form Concrete Paver di India (<http://www.youtube.com/watch?v=ms0mcTxMAHo>)

2.1.5.3 Pemasakan

Ada tiga pilihan cara pematatan untuk penggunaan acuan tetap:

- 1) Bila tidak dilakukan pematatan dengan getaran (*vibrator*), hal ini akan ada risiko meninggalkan kekosongan besar dalam masa beton segar, yang mengakibatkan struktur seperti sarang lebah (*honey-comb*).

- 2) *Vibrator* yang dioperasikan dengan tangan (*Hand-operated vibrators* atau dikenal dengan nama *vibrator spud*) adalah batang panjang yang bergetar dan dioperasikan oleh kompresor udara atau motor listrik dengan daya kecil sekitar (1,5 -- 3,0) kW, dan dengan kekuatan sekitar (2 -- 4) tenaga kuda. (Lihat Gambar 18).
- 3) Penempa bergetar (*screed vibration*), adalah peralatan seperti rangka batang yang bergetar yang akan menggetarkan beton segar yang sudah dituangkan dan ditempatkan. Getaran biasanya dioperasikan dengan tenaga mekanis atau kompresor udara.



Gambar 18 *Hand operated vibrator*

2.1.5.4 Penyelesaian Akhir (Finishing)

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 19 dan Gambar 21). Untuk menghilangkan tonjolan yang tersisa setelah dilakukan *floating* yaitu dikontrol dengan *straightedge* (Gambar 20), untuk membenamkan partikel agregat yang besar. Terakhir adalah *texturing* menggunakan alat *tinig* (Gambar 22) dengan tangan atau alat bersekala besar menggunakan rangka batang yang dilengkapi alat *tinig* dan digerakkan secara mekanis.



Gambar 19 Pelepa terbuat dari besi kanal (C) untuk finishing (*floating*)



Gambar 20 *Straightedge*



Gambar 21 Pelepa (*floating*) sedang dioperasikan



Gambar 22 *Tining* secara manual

Perawatan beton yang telah dicetak dalam acuan tetap dapat menggunakan *curing* basah dan *curing* tertutup. *Curing* basah biasanya terbatas pada pekerjaan kecil, sementara *curing* tertutup dapat digunakan pada setiap ukuran permukaan beton. *Curing* tertutup dapat didistribusikan menggunakan mesin penyemprot kompon yang mengangkang di atas permukaan beton basah, atau menggunakan penyemprot kompon secara manual.

2.1.6 Pembongkaran acuan

Acuan tetap dapat dibongkar segera setelah antara 8 jam dan 12 jam sejak penempatan beton. Bagian yang keropos harus dibersihkan dan diperbaiki segera menggunakan campuran dengan komposisi satu bagian semen dan dua bagian pasir halus, dalam waktu 24 jam.

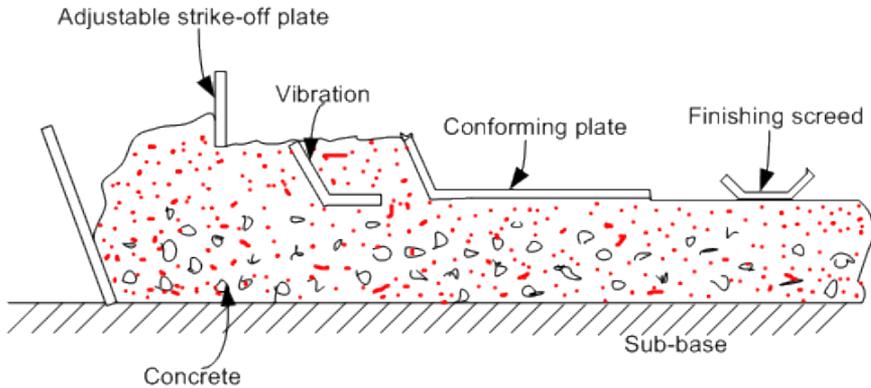
2.2 Sistem acuan gelincir (*slip-form paving system*)

2.2.1 Prinsip kerja-1

Sistem acuan gelincir adalah acuan pembentuk menggunakan mesin, dengan tenaga mesin yang bergerak secara otomatis, dapat menyebarkan, meratakan, memadatkan dan menyelesaikan permukaan beton semen dengan cara yang disinkronkan melalui sensor umpan balik, yang terdapat pada mesin penghampar. Penempatan ruji dan batang pengikat dapat dirancang dilakukan oleh sistem acuan gelincir. Alur yang sudah terbentuk berupa tekstur permukaan dapat dirawat dengan penyemprotan *curing compound* dengan alat yang terpasang pada mesin penghampar tersebut.

Pada acuan gelincir diperlukan sepasang kabel di kedua sisi sebagai panduan, yang dipasang sejajar dengan tepi permukaan rencana, dan dipertahankan pada ketinggian rencana. Keselarasan penghampar beton acuan gelincir ini dikontrol secara otomatis dengan panduan kabel tersebut. Keselarasan yang benar dan tepat dari kabel sangat penting. *Hopper* penyebar beton dapat mempertahankan level dan ketinggian permukaan sesuai dengan rencana perkerasan beton.

Pelat penyesuain ketinggian, penggetar, paddle dan penyetrika menyelesaikan bentuk permukaan akhir dari perkerasan beton. Gambar 23 memperlihatkan skema pengoperasian acuan gelincir.



Gambar 23 Skema diagram pengoperasian secara tipikal pada acuan gelincir

2.2.2 Prinsip kerja-2 (ACPA 1995)

2.2.2.1 Placer / Spreader

Meskipun *placer / spreader* tidak selalu digunakan untuk menyebarkan beton segar. Alat tersebut menempatkan pasokan beton segar di depan penghampar (*paver*) menggunakan serangkaian ban berjalan, augers, bajak dan perangkat strikeoff (lihat Gambar 24 dan Gambar 25). Dengan *placer / spreader*, pelaksana lapangan menerima bahan beton segar dari kendaraan pengangkut dan menempatkan beton segar secara seragam di depan seluruh lebar *paver*, dengan meminimalkan kemungkinan terjadinya segregasi.



Gambar 24 *Placer / spreader* besar



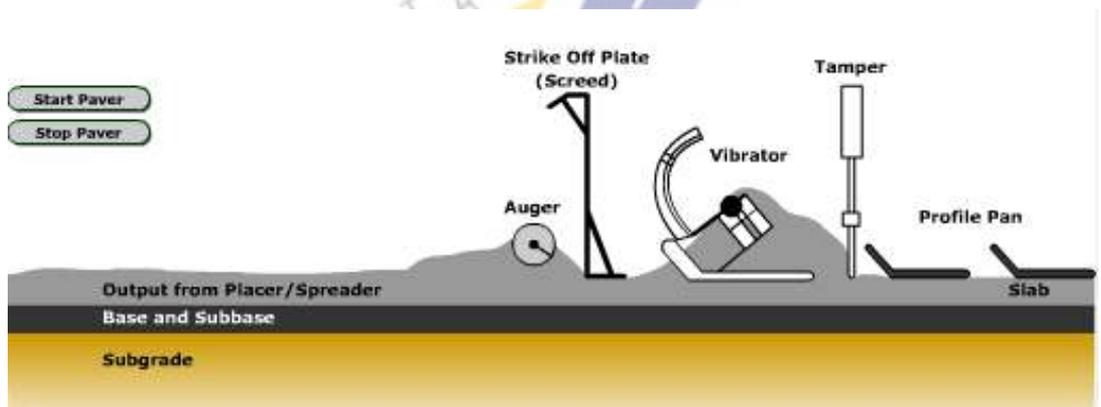
Gambar 25 *Placer/spreader* kecil



Gambar 26 *Placer/spreader* menerima beton segar dari dump truk dan menempatkannya di depan penghampar (*paver*).

2.2.2.2 Penghampar (*Paver*)

Alat pembuat perkerasan jalan beton jenis acuan bergerak, terdiri atas mesin yang bergerak maju pada suatu jalur, umumnya dikenal sebagai mesin penghampar, dengan kecepatan (1 -- 2,5) m/menit (ACPA, 1995). Beberapa mesin penghampar dilengkapi alat untuk menempatkan tulangan baja bila diperlukan, batang ruji dan batang pengikat. Dalam Gambar 27 ditunjukkan acuan bergerak dasar yang memproses batang-batang tersebut di bawah *paver*. Pertama, auger menyebarkan beton di depan piringan strikeoff. Kedua, piringan strike-off (*screed*) menghilangkan kelebihan beton segar yang telah disebari auger dan membawa slab mendekati elevasi akhir. Ketiga, beton segar dikonsolidasikan oleh sekelompok vibrator. Keempat, tamper (biasanya beroperasi antara 0 dan 150 stroke per menit), mendorong partikel agregat yang lebih besar di bawah permukaan slab. Profil-pan mendatarkan slab pada elevasi yang tepat dan melakukan penyelesaian awal.



Gambar 27 Skema tipikal operasi acuan bergerak. (ACPA 1995)

2.2.2.3 Konsolidasi

Setelah beton segar melalui pelat screeding, alat penyebar beton (*paver*) mengkonsolidasi beton segar dengan rangkaian vibrator (**Gambar 28**). Posisi vibrator yang paling efektif adalah setelah mekanisme melalui pelat screeding atau piringan strike-off dan pada elevasi slab akhir. Tergantung pada rancangan campuran dan kedalaman slab, getaran vibrator biasanya ditetapkan dalam rentang sekitar (7.000 - 9.000) getaran per menit (VPM). Vibrator diposisikan satu sama lain sehingga zona pengaruh tersebut tumpang tindih sekitar (50-75) mm pada kecepatan *paver* normal (ACPA, 1995). Kesenjangan yang disebabkan oleh pengaturan vibrator yang salah atau operasi *paver* yang berlebihan atau cepat dapat menyebabkan segregasi (ACPA, 1995). Kebanyakan *paver* menggunakan jarak vibrator yang disesuaikan untuk memperhitungkan kondisi campuran dan jenis yang berbeda, dan disediakan jarak yang tumpang tindih pada zona yang memadai.



Gambar 28 Vibrator beton terletak di bawah mesin penghampar.

2.2.2.4 Penyelesaian awal (initial finishing)

Finishing awal dilakukan dengan mengekstrusi massa beton segar melalui mesin penyebar bergerak terdiri atas fondasi atas (dasar), acuan tepi (tepi *paver* tegak) dan pan profil (*paver* mendatar yang dipasang di belakang vibrator) (Gambar 29). Ekstrusi beton segar menghasilkan bentuk persegi panjang sesuai dengan dimensi akhir slab dan juga berfungsi untuk membenamkan partikel agregat yang lebih besar di bawah permukaan, sehingga menghasilkan permukaan akhir yang rata. Beberapa jenis *pavers* juga dilengkapi dengan batang tamper hidrolik, terletak tepat di belakang vibrator. Dengan gerakan naik-turun, batang tamper dapat berfungsi sebagai berikut (ACPA, 1995):

- a) Membantu memadatkan (consolidation) dan membenamkan partikel agregat besar di bawah permukaan slab.
- b) Memelihara agregat besar tetap atau bergerak di tempatnya.
- c) Memelihara bahan yang bergerak di sekitar vibrator agar tidak berkumpul dan menyebabkan masalah lelehan beton segar.

Tamper mungkin tidak diperlukan pada pekerjaan seperti ini. Meskipun agregat kasar dipaksa terbenam dari permukaan sehingga lebih mudah penyelesaian, hal ini tetapi juga dapat menciptakan lapisan permukaan yang kaya mortar sehingga bisa dapat terkelupas (*spalls*) dengan kondisi yang parah (USACE 1995).

Biasanya penggunaan batang tamper tidak diperlukan untuk beton segar yang dirancang dengan baik, namun demikian mungkin dapat membantu ketika melakukan finishing pada kondisi *slump* yang rendah.

Tambahan finishing, bila diperlukan tepat di belakang profil-pan dan biasanya dilakukan menggunakan penggantung sederhana (Gambar 30). Microtexturing biasanya dilakukan dengan karung goni yang ditarik (Gambar 31) atau turf sintesis (Gambar 32) di belakang *paver* tersebut.



Gambar 29. Acuan tepi dan profile pan



Gambar 30 Penyelesaian akhir dengan manual (hand finishing) di belakang penghampar



Gambar 31 *Burlap* yang ditarik



Gambar 32 *Artificial turf* yang ditarik

2.2.2.5 Texturing dan Curing Machine

Alat untuk membuat tekstur dan mesin *curing* mengikuti *paver* dan digunakan untuk memberikan *macrotexture* (biasanya dengan menarik instrumen tined di perkerasan baru, lihat Gambar 33) dan menyemprotkan *curing* membran di atas perkerasan beton segar. *Paver* ini kadang-kadang dilengkapi dengan mesin tining, sementara mesin yang terpisah digunakan

untuk menyebarkan *curing* membran. Gambar 34 dan Gambar 35 menunjukkan mesin *curing* sedang beroperasi.



Gambar 33 Instrumen pembuat tekstur (*tined texturing carriage*)



Gambar 34 Penyemprotan *curing* membrane



Gambar 35 Penyemprotan *curing* membrane

2.2.3 Publikasi U. S. Bureau of Public Roads

Informasi dari The Aberdeen Group, All rights reserved. U. S. Bureau of Public Road, publication #C64038 Copyright © 1964,5.

- a) Sekitar tahun 1950, penghampar perkerasan beton semen jenis acuan bergerak merupakan hal yang baru di Amerika. Didorong oleh sejumlah faktor-termasuk kebutuhan untuk tenaga kerja yang lebih rendah, ekonomi, dan dorongan yang diberikan oleh Sistem *Interstate Highway* pada konstruksi perkerasan, acuan bergerak telah berkembang menjadi sebuah metode yang diterima secara luas. Kecepatan perkembangan ekonomi dapat diperoleh dari perkerasan beton menggunakan acuan bergerak, dan penggunaan alat tersebut telah menyebar di 25 negara. Tidak diragukan lagi bahwa untuk saat ini (tahun 2013) penggunaannya menjadi biasa di hampir setiap negara.
- b) Kapasitas mesin acuan bergerak yaitu sekitar 550 m²/jam (600 yards persegi per jam). Kelicinan permukaan perkerasan beton

dengan acuan bergerak ini sangat baik. Hasil penelitian pada perkerasan beton tanpa tulangan yang ditempatkan pada pondasi bawah tanah-semen di Colorado mengindikasikan nilai ketidakrataan yang baik, yaitu 1,26 m/km (80 inci per mil) diukur oleh alat *roughometer*.

- c) Perkerasan beton pertama dibangun dengan perkuatan baja secara konvensional menggunakan acuan bergerak dilakukan pada tahun 1958 di Colorado. Pada tahun 1962 perkerasan beton bertulang menerus pertama menggunakan teknik acuan bergerak dibangun di Rhode Island

2.2.3.1 Kenapa memilih acuan bergerak

Di banyak kegiatan pekerjaan konstruksi, kondisi cuaca di lokasi selama operasi memerlukan pertimbangan penting. Pada temperatur rendah atau cuaca dingin, pengerasan beton adalah paling lambat, dan dapat menunda pembongkaran acuan bekisting tersebut. Cuaca dingin juga dapat mempengaruhi kekuatan beton. Dalam cuaca panas, beton rentan terhadap penurunan *slump*, kadar udara berkurang, pengerasan dini, dan retak termal. Dengan acuan bergerak, masalah tersebut semaksimal mungkin dapat dihindari.

Acuan bergerak bisa lebih cepat dan lebih ekonomis daripada acuan konvensional, dan ini sering menjadi alasan kenapa digunakan acuan bergerak.

2.2.3.2 Keuntungan memilih acuan bergerak (*American Concrete Pavement Association, ACPA, 1995*)

Beberapa keuntungan penggunaan acuan bergerak untuk pekerjaan beton menurut ACPA (1995) adalah sebagai berikut:

- Selama pekerjaan berlangsung tidak memerlukan acuan tepi slab.
- Kontrol garis ketinggian dan alinyemen menggunakan *string* diikuti dengan sensor elektronik yang dipasang pada mesin penghampar.
- Karyawan yang mengoperasikan mesin atau beberapa mesin adalah tunggal, untuk menempatkan dan menyebarkan beton, membentuk, memadatkan, dan *finishing*.
- Peralatan dapat dirancang secara otomatis untuk memasang batang dowel dan menyelipkan batang pengikat yang panjang.
- Penyelesaian akhir minimal memerlukan bantuan tenaga manusia secara manual untuk menghilangkan benjolan yang tidak diperlukan.

- *Texturing* otomatis atau manual menggunakan *tines* baja untuk membentuk alur melintang pada perkerasan.
- Waktu pengaturan awal acuan bergerak biasanya lebih lama daripada yang diperlukan untuk acuan tetap yang konvensional, tapi begitu sistem beroperasi, penghamparan dan waktu penyelesaian menjadi cepat secara signifikan.

2.2.4 Jagvir Goyal (India, 2007)

Jagvir Goyal (*Construction World* - Indian Edition, August 2007), seorang praktisi dari India menginformasikan bahwa bagaimana penghampar jenis acuan bergerak dapat melakukan pekerjaan dengan cepat dan akurat. <http://www.constructionupdate.Com/products/constructionworld/2007/cw-aug07/011.html>

Alat penghampar merupakan bagian utama dari suatu pekerjaan pelaksanaan perkerasan beton semen, baik acuan tetap maupun acuan bergerak. Selanjutnya, alat penghampar tersebut dapat dibagi atas penghampar dengan lebar penuh (*full width*) dan lebar parsial (*partial width*). Semua jenis alat penghampar perkerasan beton semen sudah dicoba di India, dan kinerjanya dibandingkan. Meskipun alat penempa (*super screed*) pada acuan tetap yang digunakan di Madhya Pradesh dan Bangalore telah menunjukkan kecepatan yang memadai, tetapi penghampar perkerasan beton jenis acuan bergerak (*slip-form*) telah terbukti lebih cepat dan lebih baik daripada acuan tetap (*fixed-form*).

Slip-form berbentuk *pavers* terdiri atas rangka utama, hopper penerima beton, silinder untuk meratakan dan menghaluskan termasuk sensor untuk meratakan, vibrator, sensor ketinggian (*level*) dan pengendali lereng tepi yang dapat melepaskan beton dari hopper, dan menyelesaikannya dengan lancar dalam satu operasi. Pekerjaan tersebut dijalankan dengan akurasi yang tinggi dalam mengontrol secara elektronik, memantau ketebalan, dan kemiringan perkerasan. Tidak perlu ada sokongan samping untuk mendukung perkerasan beton karena beton diletakkan oleh *slip-form* secara otomatis..

Bukti dalam angka menunjukkan bahwa penghampar perkerasan beton semen jenis *slip-form* dapat menghampar perkerasan dengan laju yang cepat mulai 1 km per hari. Oleh karena itu, jika lama jam kerja 12 jam, kecepatan menghampar menjadi sekitar 1,5 m per menit dengan operasi secara terus menerus. Alat penghampar tersebut dapat menangani hingga 300 m² beton per jam untuk ketebalan perkerasan 30 cm. *Pavers* yang diproduksi di India dapat mengerjakan pada lebar jalan yang bervariasi, mulai dari 2 m sampai 17 m dalam satu lintasan (*single pass*). Alat penghampar jenis acuan bergerak di India sangat fleksibel dan jenisnya banyak pilihan. Selanjutnya, variasi model dapat disesuaikan, karena kemampuan jenis penghampar yang terpasang (*crawler-mounted*) ini sangat cocok untuk lebar jalan yang besar.

2.2.5 Campuran beton untuk acuan bergerak

Campuran beton untuk acuan bergerak harus memenuhi hal-hal seperti berikut:

a) Konsistensi beton (*slump*)

Konsistensi campuran beton segar harus ditentukan dengan mengukur *slump* sesuai dengan SNI 1972: 2008. 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 ± 13 mm.

b) Kuat awal beton

Kuat tekan beton diperlukan dengan kuat awal tinggi pada penggunaan acuan bergerak, yaitu harus dapat dicapai dalam waktu 12 jam, dibandingkan dengan beton konvensional yang membutuhkan waktu sekitar (5 -- 14) hari.

c) Kadar air

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.

2.2.6 Jenis-jenis alat penghampar acuan bergerak

Mesin ini tersedia khusus untuk perkerasan jalan beton, membuat median beton (*median barriers*), atau kerb beton, saluran tepi, atau kombinasinya. Lihat Gambar 36 sampai dengan Gambar 40. <http://buildipedia.com/knowledgebase/division-03-concrete/03-10-00-concrete-forming-and-accessories/03-11-1313-concrete-slip-forming/concrete-slip-forming>.



Gambar 36 Acuan bergerak untuk perkerasan jalan beton



Gambar 37 Acuan bergerak untuk perkerasan jalan beton ukuran sedang



Gambar 38 Acuan bergerak untuk pagar pengaman



Gambar 39 Acuan bergerak untuk separator



Gambar 40 Acuan bergerak untuk parapet

2.2.7 Alat penghampar perkerasan beton semen jenis acuan bergerak

2.2.7.1 Penyebar (*placer/ spreader*)

Mesin di baris pertama adalah untuk yang menempatkan beton, mesin ini 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.

2.2.7.2 Penghampar (*paver*)

Kadangkala mesin pertama dihilangkan jika beton dapat disimpan langsung di depan acuan bergerak dari unit pengiriman beton atau jika beton dipasang di depan penghampar beton acuan bergerak.

Penghampar acuan bergerak menyebarkan beton secara seragam dengan suatu auger, memadatkan beton dengan vibrator spud, dan menempa beton pada elevasi yang sesuai, mengisi beton ke dalam cetakan yang membentuk perkerasan beton dalam konfigurasi geometris yang tepat. Beberapa jenis penghampar beton acuan bergerak juga menggunakan batang pemadat (*tamping bar*). Batang pemadat melesakkan agregat besar menjadi rata untuk mencegah cetakan tersangkut agregat dan menyebabkan robekan pada bagian atas slab.

2.2.7.3 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 dihilangkan 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.

2.2.7.4 Alat *tinig*

Mesin terakhir adalah kombinasi alat *tinig* (alat pembuat tekstur) dan perawatan beton. Mesin ini membuat *tinig* 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. Baik 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 dan sebelum pembuatan tekstur dilakukan.

2.2.8 Kombinasi penghampar beton acuan bergerak

Penghampar beton acuan bergerak meliputi berbagai kombinasi semua atau beberapa komponen berikut: penyebar *auger*, *vibrator spud*,

screed berosilasi, *screed clary*, *tamping bar* (*tamping rod*), dan pan mengapung (*floating pan*). Pemhampar beton jenis acuan bergerak ditunjukkan pada Gambar 41.

Penghampar acuan bergerak dilengkapi untuk menyebarkan beton secara seragam dan memotong beton segar dan meratakan ke bagian yang dibutuhkan, menggunakan pendorong, baik berupa pisau bolak balik, konveyor sekrup (*auger*), atau ban berjalan, tanpa kehilangan tarikan. Penghampar beton acuan bergerak dengan dua *auger* ditunjukkan pada Gambar 42.



Gambar 41 Acuan bergerak dengan satu *auger*



Gambar 42 Acuan bergerak dengan dua *auger*

Sebuah mesin penghampar dengan dua trek dikemudikan dengan memvariasikan kecepatan trek dari satu sisi ke sisi lain. Mesin yang lebih besar dengan empat trek, dua trek di setiap sisi, digerakan dengan memutar setiap trek, seperti roda depan pada mobil. Trek dapat naik di dasar atau di atas perkerasan yang sebelumnya ditempatkan. Gambar 43 menunjukkan mesin *paver* pada trek.



Gambar 43 Acuan bergerak pada trek



Gambar 44 Lajur trek

Fondasi harus diperlebar keluar, melewati trek lebar jalan, untuk memberikan dukungan yang cukup untuk alat. Hal ini diilustrasikan pada Gambar 44. Jalur trek harus sejajar dan bersih agar diperoleh permukaan beton yang merata dan halus.

2.2.9 Pelaksanaan

2.2.9.1 Persiapan yang diperlukan pada acuan bergerak

Seperti semua jenis acuan bergerak untuk perkerasan beton semen, seluruh komponen dari sistem harus diperiksa dengan hati-hati untuk memastikan bahwa bentuk permukaan, garis ketinggian telah lengkap. Sebelum pemasangan alat, permukaan acuan bergerak harus disemprot dengan pelumas. Aplikasi pelumasan perlu diulang selama operasi penghamparan beton segar.

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. 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.

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.

2.2.9.2 Alinyemen dan kerataan

Tali string atau tali kawat yang dosokong oleh pasak atau patok yang kokoh, dikencangkan cukup kuat untuk mengurangi lenturan antar pasak. Sensor pada mesin penghampar beton akan mengikuti garis tali, dan setiap ada lenturan, akan menyebabkan permukaan yang ber gelombang yang dapat menghasilkan kualitas perjalanan yang tidak nyaman.

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. Penampang kayu yang digunakan untuk patok sekitar (16 – 25) cm², ditanamkan ke dalam tanah. Ketinggian alinyemen tersebut pada patok kemudian dipasang paku payung di atas patok. Penggunaan garis ketinggian ini digunakan untuk mengontrol ketinggian dan alinyemen secara elektronis.

2.2.9.3 Kontrol alinyemen vertikal

Biasanya penghampar beton acuan bergerak memiliki sistem sensor elektronik atau sensor hidrolik untuk memberikan kontrol level, lihat **Gambar 45**. Sensor elektronik biasanya bekerja lebih baik.



Gambar 45 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 46 menunjukkan sensor vertikal dan horisontal. Kabel panduan dikencangkan untuk mencegah agar tidak melengkung. Gambar 47, menunjukkan tampak samping sebuah penghampar beton. Perhatikan dua silinder hidrolik di sisi *paver* (sisi kanan Gambar 48). Gambar 49 menunjukkan kontrol kawat panduan.



Gambar 46 Sensor horizontal dan vertikal



Gambar 47 Tampak samping mesin acuan bergerak



Gambar 48 Panduan Kawat pengendali



Gambar 49 Kawat pengendali tampak dari sisi lain

2.2.9.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen ahorizontal dapat dikontrol oleh sensor atau dikendalikan oleh operator.

2.2.9.5 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.

2.2.9.6 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 50 menunjukkan jarak dekat dari auger.



Gambar 50 Auger



Gambar 51 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 pematatan beton yang tepat. Gambar 51 menunjukkan auger dan penyebaran beton.

2.2.9.7 Vibrator

Frekuensi vibrator dengan tekanan udara yang berada dalam beton harus tidak kurang dari 8.000 siklus per menit. Gambar 52 dan Gambar 53 menunjukkan vibrator yang terendam dan digerakkan oleh motor listrik.

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



Gambar 52 Vibrator terbenam (*Immersion Vibrators*).



Gambar 53 Bagian bawah acuan bergerak



Gambar 54 Posisi Vibrator yang disarankan.



Gambar 55 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 54 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 55 menunjukkan zona yang bergetar pada beton. Goresan vibrator atau jejak yang terlihat di belakang mesin penghampar beton dalam Gambar 56 menunjukkan adanya noda vibrator. Hal ini karena vibrator tidak bergetar dengan benar.



Gambar 56 Goresan vibrator yang tidak bekerja dengan benar.

2.2.9.8 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 57 menunjukkan pelepa perata pada alat penghampar yang sedang tidak beroperasi.



Gambar 57 Pelepa perata di bawah mesin penghampar acuan bergerak

2.2.9.9 Penyelesaian akhir (*finishing*)

1) 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 58** dan **Gambar 59** 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 pelepah silinder. Pelepah memanjang dan berpola “V” akan menghasilkan permukaan yang lebih baik (Gambar 60). Untuk bagian yang sulit dijangkau oleh alat pelepah, dapat digunakan roskam tangan (*hand trowel*) seperti ditunjukkan dalam Gambar 61. Gambar 62 menunjukkan alat pelepah yang ditekan sambil ditarik untuk meratakan bagian-bagian tertentu yang perlu diratakan.



Gambar 58 Pelepah silinder (*Tube Floats*).



Gambar 59 Pelepah memanjang



Gambar 60 Pelepah bentuk “V” yang ditarik mesin



Gambar 61 Roskam tangan (*Hand Trowel*) untuk yang sulit dijangkau mesin



Gambar 62 Penekanan alat pelepah (*Bull float*)

2) Air di permukaan Beton

Setiap pekerjaan *finishing* mungkin muncul air di permukaan yang akan menghasilkan kekuatan beton yang rendah. Sejak tahun 2004,

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.

3) 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 63 dan Gambar 66. 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 63 *Straightedge Finishing*



Gambar 64 *Pulling the straightedge – keeping the handle high*



Gambar 65 *Pushing the straightedge – keeping the handle low*



Gambar 66 *Straightedging behind a longitudinal float*

4) 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 meter. Dalam Gambar 67 dan Gambar 68 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 68 dan Gambar 69 diperlihatkan masing-masing karpet yang dipasang pada mesin dan karpet yang terlipat dan tidak boleh dilaksanakan.



Gambar 67 Karpet *Astroturf* yang jatuh bebas di atas beton



Gambar 68 Karpet *Astroturf* yang dipasang pada mesin.



Gambar 69 Karpet *Astroturf* yang terlipat.

5) *Tining*

Tujuan utama dari *tinging* adalah agar permukaan perkerasan beton semen dapat memberikan perlawanan terhadap *hydroplaning*. Dalam **Gambar 70** dan **Gambar 71** menunjukkan permukaan yang ditekstur dengan alat *tinging*. Alat *tinging* 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 70 Permukaan yang ditekstur dengan alat *Tining*



Gambar 71 *Mechanical Tining Device*.

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

2.2.10 Perawatan beton dengan *curing membrane*

Curing biasanya dilakukan bila finishing suatu area telah selesai dan permukaan beton yang masih basah sudah menghilang. Pada perkerasan yang telah diberi tekstur (*tined*), bahan *curing membrane* biasanya disemprotkan dalam dua lintasan, satu lintasan ke depan dan satu lintasan sebaliknya, untuk memastikan bahwa kedua sisi tekstur terlapisi dengan *curing* membran.

2.3 Perkerasan beton pracetak

2.3.1 Umum

Yang dimaksud dengan perkerasan beton semen pracetak (*precast*) adalah struktur yang terdiri atas pelat beton semen yang bersambung (tidak menerus) dilakukan prategang (*pre-stressed*) atau tanpa prategang, dibuat menggunakan cetakan berukuran tertentu di tempat atau di unit produksi beton, yang setelah mencapai kekuatan tertentu diangkat atau dipindahkan ke tempat penyimpanan atau dipasang di atas permukaan yang sudah disiapkan rata, tanpa atau dengan pengaspalan.

2.3.2 Peralatan

2.3.2.1 Cetakan panel beton semen

Cetakan untuk mencetak panel beton semen harus kaku dan terbuat dari besi dengan tebal yang cukup (minimum 5 mm) sehingga tidak terjadi deformasi serta mempunyai tinggi sesuai dengan tebal panel yang direncanakan. Dinding cetakan harus dilengkapi dengan penyangga besi yang dilaskan pada dinding luar cetakan. Tepi cetakan bagian atas harus rata dan memudahkan untuk meratakan permukaan panel beton semen. Bentuk lidah-alur, penirusan, dan bentuk lainnya harus disesuaikan dengan cetakkannya.

2.3.2.2 Peralatan lainnya

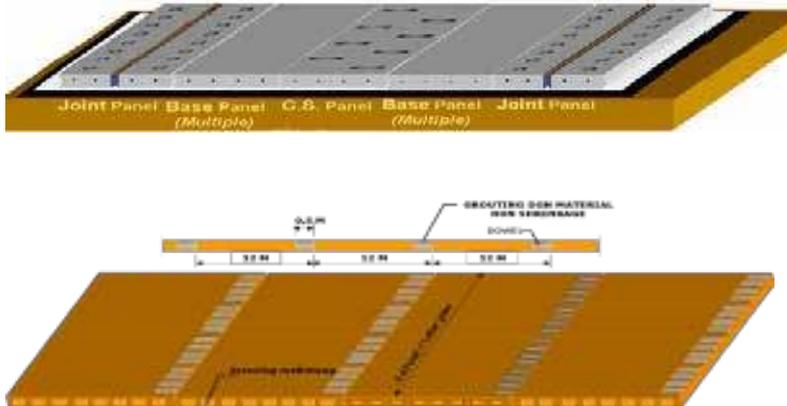
- a) Perlengkapan alat prategang
- b) Alat pengangkat panel beton semen (crane)
- c) Pengangkut adukan beton semen untuk pembuatan panel pracetak-prategang
- d) Alat pemadat :
 - d.1 Vibrator yang dioperasikan dengan tangan (Hand-operated vibrators atau dikenal
 - d.2 Penempa bergetar (screed vibration), adalah peralatan seperti rangka batang yang
- e) Pemadat lapis perata
- f) Alat pengukur kerataan
- g) Peralatan pembuat tekstur (texturing)
- h) Alat perawatan beton semen
- i) Alat pembongkar cetakan dan pemotong pipa plastik penyalur grouting
- j) Alat penandaan
- k) Pengangkut panel beton semen
- l) Penyimpanan panel beton semen
- m) Peralatan grouting
- n) Peralatan-peralatan lain
- o) Alat kompresi dan sandblasting

2.3.3 Pembuatan panel pracetak

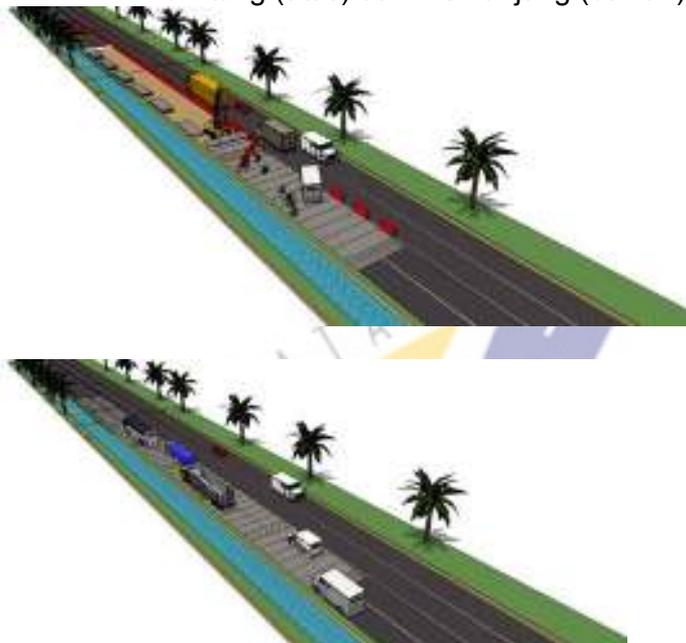
Pembuatan panel pracetak pada prinsipnya beton segar yang telah memenuhi persyaratan dituangkan langsung ke dalam cetakan diratakan dan dipadatkan seperti pembuatan segmen perkerasan beton cor di tempat, dilakukan finishing termasuk pembuatan tekstur dan dirawat sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

2.3.4 Pemasangan dan perakitan perkerasan beton pracetak

Penyimpanan panel pracetak di lapangan dan pemasangannya secara singkat ditunjukkan dalam Gambar 72 dan Gambar 73.



Gambar 72 Perkerasan beton pracetak yang di pasang secara melintang (atas) dan memanjang (bawah)

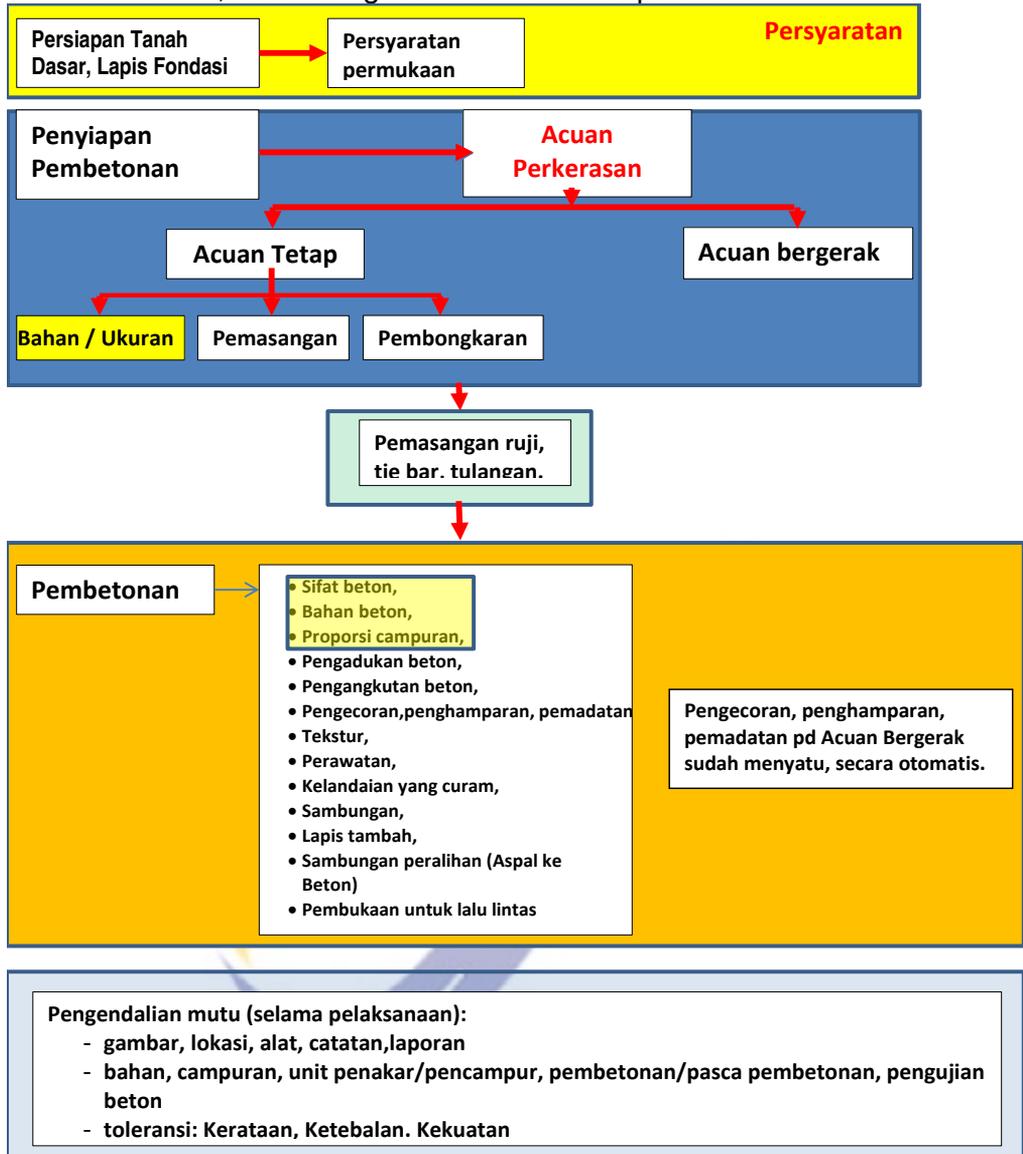


Gambar 73 Operasi penyimpanan panel beton pracetak dan pemasangannya

3. KAJIAN PELAKSANAAN PERKERASAN BETON SEMEN

3.1 Pedoman pelaksanaan perkerasan jalan beton semen nomor Pd.T-05-2004-B

Pada pedoman pelaksanaan perkerasan jalan beton semen nomor Pd.T-05-2004-B, secara ringkas didefinisikan seperti dalam Gambar 74.



Gambar 74 Pelaksanaan Perkerasan Jalan Beton Semen (Pd.T-05-2004-B)

Pedoman pelaksanaan perkerasan beton semen dalam Gambar 74 terlihat bahwa uraian mengenai pelaksanaan menggunakan acuan bergerak tidak dirinci secara lengkap.

3.1.1 Peralatan

a) Umum

Penghamparan dapat dilakukan baik dengan menggunakan acuan bergerak (*slip-form*) maupun acuan tetap (*fixed form*).

b) Mesin Penghampar dan pembentuk (*spreading and finishing machines*)

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 memadatkan (*stricking off*) beton.

c) Penghantar

Penghantar jenis agitator (penggoyang bolak-balik) atau pencampur harus mampu menuangkan beton dengan *slump* yang disyaratkan. Beton untuk yang dibentuk dengan acuan bergerak dapat diangkut dengan *dump truck* sesuai persetujuan Direksi Pekerjaan. Campuran beton yang diangkut dengan *dump truck* harus dirancang khusus untuk tujuan ini.

d) Pencampuran Beton

Pemasokan Beton Siap Pakai diijinkan untuk penghamparan dengan acuan tetap (*fixed form*) sesuai dengan hasil demonstrasi yang dilakukan oleh Penyedia Jasa bahwa kecepatan penghantaran, mutu, dan kesinambungan yang disyaratkan dapat dipenuhi oleh pemasok beton siap pakai. Pencampur-pencampur tetap (*stationary mixer*) yang mempunyai kapasitas gabungan tidak kurang dari 60 meter kubik per jam harus dilengkapi penghampar dengan acuan bergerak kecuali jika dapat ditunjukkan bahwa kecepatan penghantaran, mutu, dan kesinambungan yang disyaratkan dapat dipenuhi oleh pemasok beton siap pakai.

e) Vibrator (Penggetar)

Vibrator, untuk menggetarkan seluruh lebar perkerasan beton, dapat berupa jenis "*surface pan*" atau jenis "*internal*" dengan tabung celup (*immersed tube*) atau "*multiple spuds*". 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*".

Bila *vibrator spud*, baik 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).

f) Gergaji Beton

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

g) Acuan

Acuan samping yang lurus harus terbuat dari logam dengan ketebalan tidak kurang dari 5 mm dan harus disediakan dalam ruas-ruas dengan panjang tidak kurang dari 3 m. Acuan ini sekurang-kurangnya mempunyai kedalaman sama dengan ketebalan perkerasan jalan tanpa adanya sambungan horisontal, dan lebar dasar acuan tidak kurang dari kedalamannya. Acuan yang dapat disesuaikan (fleksibel) atau lengkung dengan radius yang sesuai harus digunakan untuk tikungan dengan radius 30,0 m atau kurang. Acuan yang dapat disesuaikan (fleksibel) atau lengkung harus dirancang sedemikian hingga dapat diterima oleh Direksi Pekerjaan. Acuan harus dilengkapi dengan sarana yang memadai untuk keperluan pemasangan, sehingga bila telah terpasang acuan tersebut dapat menahan, tanpa adanya lentingan atau penurunan, segala benturan dan getaran dari alat pemadat dan pembentuk. Batang flens (*flange braces*) harus dilebihkan keluar dari dasar tidak kurang dari 2/3 tinggi acuan. Acuan yang permukaan atasnya miring, bengkok, terpuntir atau patah harus

disingkirkan dari tempat pekerjaan. Acuan bekas yang diperbaiki tidak boleh digunakan sebelum diperiksa dan disetujui oleh Direksi Pekerjaan. Permukaan atas acuan tidak boleh berbeda lebih dari 3 mm dalam 3 meter dan pada kaki tegaknya tidak boleh lebih dari 6 mm. Acuan ini harus dilengkapi juga dengan pengunci ujung-ujung bagian yang bersambungan.

3.1.2 Pelaksanaan

a) Umum

Sebelum mulai pekerjaan beton semua pekerjaan lapis pondasi bawah, selongsong (*ducting*) dan kerb yang berdekatan harus sudah selesai dan disetujui Direksi Pekerjaan.

Survei elevasi harus dilakukan pada lapis pondasi bawah dan setiap lokasi yang lebih tinggi 5 mm dari elevasi rancangan harus diperbaiki sebelum dilakukannya setiap pekerjaan berikutnya.

b) Acuan dan alat pengendali elevasi

Acuan dan alat pengendali elevasi (jenis kawat atau lainnya) harus dipasang secukupnya di muka bagian perkerasan yang sedang dilaksanakan agar diperoleh kinerja dan persetujuan atas semua operasi yang diperlukan pada atau berdekatan dengan garis-garis acuan. Acuan harus dipasang pada tempatnya dengan menggunakan sekurang-kurangnya 3 paku untuk setiap ruas sepanjang 3 m. Sebuah paku harus diletakkan pada setiap ujung sambungan. Bagian-bagian acuan harus kokoh dan tidak goyah. Perbedaan permukaan acuan dari garis yang sebenarnya tidak boleh lebih dari 5 mm. Acuan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tahan, tanpa terlihat adanya lentingan atau penurunan, terhadap benturan dan getaran dari peralatan pemadat dan penyelesaian. Acuan harus bersih dan dilapisi pelumas sebelum beton dihamparkan. Ceceran beton yang tertumpah pada permukaan beton yang telah selesai dihampar harus disingkirkan dengan cara yang disetujui.

Alinyemen dan elevasi kelandaian acuan harus diperiksa dan bila perlu diperbaiki oleh Penyedia Jasa segera sebelum beton dicor. Bilamana acuan berubah posisinya atau kelandaianya tidak stabil, maka harus diperbaiki dan diperiksa ulang.

Bagaian atas acuan dan alat pengendali elevasi harus dipasang dengan toleransi elevasi tidak melampaui -10 mm sampai + 10 mm relatif terhadap rancangan elevasi permukaan yang telah selesai. Lagipula, acuan dan alat pengendali elevasi

harus dipasang sedemikian hingga tidak ada satu titikpun pada ketebalan pelat beton yang setelah pengecoran dan pemadatan akan kurang dari tebal rancangan.

c) Pengecoran Beton

Beton harus dicor dengan ketebalan sedemikian rupa sehingga pekerjaan pemindahan sedapat mungkin dihindari. Kecuali truk pencampur, truk pengaduk, atau alat angkutan lainnya yang dilengkapi dengan alat penumpah beton tanpa menimbulkan segregasi bahan, beton harus dituangkan ke dalam alat penghampar dan dihamparkan secara mekanis sedemikian rupa untuk mencegah segregasi. Penghamparan harus dilakukan secara menerus di antara sambungan melintang tanpa sekatan sementara. Penghamparan secara manual diperlukan harus dilakukan dengan memakai sekop bukan perlengkapan perata (*rakes*). Pekerja tidak boleh menginjak hamparan beton yang masih baru dengan memakai sepatu yang dilekati oleh tanah atau kotoran lainnya.

Bilamana beton yang dicor bersambungan dengan lajur perkerasan yang telah selesai terlebih dahulu, dan peralatan mekanik harus dioperasikan di atas lajur tersebut, kekuatan beton 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.

Beton harus dipadatkan secara merata pada tepi dan sepanjang acuan, sepanjang dan pada kedua sisi setiap sambungan, dengan menggunakan vibrator 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.

Beton harus dituangkan sedekat mungkin dengan sambungan ekspansi dan sambungan kontraksi tanpa merusaknya, tetapi tidak dituangkan langsung dari corong curah atau penampung (*hopper*) ke arah perlengkapan sambungan kecuali jika penampung (*hopper*) tersebut telah ditempatkan sedemikian rupa sehingga penumpahan beton tidak menggeser posisi sambungan.

Ceceran beton yang tertumpah pada permukaan beton yang telah selesai dihampar harus disingkirkan dengan cara yang disetujui.

d) Pemasangan Baja Tulangan

Setelah beton dituangkan, beton harus dibentuk agar memenuhi penampang melintang yang ditunjukkan dalam Gambar. Bilamana perkerasan beton bertulang dihampar dalam dua lapis, lapis bawah harus digetar dan dipadatkan sampai panjang dan kedalaman tertentu sehingga anyaman kawat baja atau hamparan baja tulangan dapat diletakkan di atas beton dengan tepat. Baja tulangan harus langsung diletakkan di atas hamparan beton tersebut, sebelum lapisan atasnya dituangkan, digetar dan dihampar. Lapis bawah beton yang sudah dituang lebih dari 30 menit tanpa diikuti penghamparan lapis atas harus dibongkar dan diganti dengan beton yang baru atas biaya Penyedia Jasa. Bilamana perkerasan beton dibuat langsung dalam satu lapisan, baja tulangan harus diletakkan dengan kaku sebelum pengecoran beton, atau dapat dihampar pada kedalaman sesuai dengan yang ditunjukkan dalam Gambar pada beton yang masih dalam tahap plastis, setelah terhampar, dengan memakai peralatan mekanik atau vibrator.

Sambungan antara anyaman kawat baja, kawat baja pertama dari anyaman kawat baja harus berada pada anyaman kawat baja yang lengkap sebelumnya, dan bagian yang tumpang tindih (*overlap*) tidak kurang dari 450 mm.

Baja tulangan harus bebas dari kotoran, minyak, cat, gemuk, dan karat yang akan mengganggu kelekatan baja dengan beton.

e) Penyelesaian dengan Mesin

Beton harus didistribusi atau disebar sesegera mungkin setelah beton dicor, dibentuk dan diratakan dengan mesin pembentuk (*finishing machine*). Mesin harus melintas setiap bagian permukaan jalan beberapa kali dengan interval yang diperlukan untuk memperoleh kepadatan yang sebagaimana mestinya 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 getaran lainnya yang cenderung mempengaruhi presisi akhir.

Pada lintasan pertama mesin pembentuk (*finishing machine*), beton di depan screed harus dibuat rata pada keseluruhan jalur yang dikerjakan.

f) Penyelesaian Dengan Tangan

Bila perkerasan beton relatif kecil atau bentuknya tidak beraturan, atau dengan persetujuan Direksi Pekerjaan jika tempat kerja

sangat terbatas untuk dilaksanakan dengan metode seperti yang disebutkan dalam Pasal 5.3.5.5 di atas, beton harus didistribusi dan dihampar dengan tangan tanpa segregasi atau pra-pemadatan.

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 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. Bilamana ketebalan beton melebihi 200 mm, atau bila diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan, untuk menyempurnakan pemadatan dapat dilakukan vibrasi internal tambahan pada seluruh lebar perkerasan. Setelah setiap 1,5 m panjang perkerasan beton dipadatkan, balok vibrasi harus dikembalikan sejarak 1,5 m untuk mengulang lagi dengan pelan-pelan pada permukaan yang sudah dipadatkan itu untuk memperhalus permukaan.

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

Penghamparan perkerasan beton bertulang harus dilaksanakan dalam dua lapis, lapis pertama harus dihamparkan, dibentuk dan dipadatkan sampai level tertentu sehingga baja tulangan setelah terpasang mempunyai tebal pelindung yang cukup. Segera setelah pemasangan baja tulangan maka lapis atas beton harus dituangkan dan diselesaikan.

g) Penyetrika (Floating)

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

1) Metoda Manual

Penyetrika memanjang yang dioperasikan 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.

2) Metoda Mekanik

Penyetrika mekanik harus dari rancangan yang disetujui Direksi Pekerjaan dan harus dalam keadaan dapat dioperasikan dengan baik. Penyetrika harus disesuaikan dengan akurat terhadap punggung jalan yang dikehendaki dan disesuaikan dengan mesin penyelesaian melintang (*transverse finishing machine*).

Sebagai alternatif dari penyetrika mekanis yang disebutkan diatas, Penyedia Jasa 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.

Bilamana diperlukan, setelah penyetrikaan dengan salah satu metode di atas, 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 di atas. 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.

h) Memperbaiki Permukaan

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 diselesaikan (*finishing*) lagi. Perhatian khusus harus diberikan untuk memastikan bahwa permukaan sambungan memenuhi kerataan yang disyaratkan. Perbaikan permukaan harus dilanjutkan sampai seluruh permukaan didapati bebas dari perbedaan tinggi pada permukaan dan perkerasan beton memenuhi kelandaian dan penampang melintang yang diperlukan.

Perbedaan tinggi permukaan menurut pengujian mistar lurus (*straightedge*) tidak boleh melebihi toleransi yang ditentukan dalam Pasal 5.3.5.12 dari Spesifikasi ini.

i) Membentuk Tepian

Segera setelah beton dibentuk dan dipadatkan, tepi perkerasan beton di sepanjang acuan dan pada sambungan harus diselesaikan dengan perkakas (*edging tool*) untuk membentuk permukaan seperempat lingkaran yang halus dengan radius tertentu, bilamana tidak ditentukan lain pada Gambar, adalah 12 mm.

j) Penyelesaian Permukaan

Setelah sambungan dan tepian selesai dikerjakan, dan sebelum bahan perawat pada permukaan perkerasan beton digunakan, permukaan beton harus dikasarkan dengan disikat sejajar dengan garis sumbu (*centreline*) jalan.

Pengkasaran ini dilakukan dengan menggunakan sikat kawat dengan lebar tidak kurang dari 450 mm. Sikat tersebut harus terdiri dari dua baris kawat dengan panjang kawat 100 mm dan ukuran kawat 32 gauge serta jarak kawat as ke as adalah 25 mm. Kedua baris kawat harus mempunyai susunan berselang-seling sehingga jarak kawat pada baris kedua dengan kawat pada baris pertama adalah 12,5 mm. Masing-masing baris harus mempunyai 14 kawat dan harus diganti bila panjang kawat terpendek telah mencapai 90 mm. Kedalaman tekstur rata-rata tidak boleh kurang dari 0,75 mm.

k) Survei Elevasi Permukaan

Dalam 24 jam setelah pengecoran, Penyedia Jasa harus melakukan survei elevasi permukaan dari lapis permukaan dan tebal lapisan.

Elevasi setiap titik dari lapis permukaan Lapis Pondasi Bawah Beton Kurus tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm dibawah atau

10 mm diatas elevasi rancangan (-10, +10) mm, dan untuk Perkerasan Beton Semen juga tidak boleh berbeda lebih dari 10 mm dibawah atau 10 mm diatas elevasi rancangan (-10, +10) mm. Lapis Pondai Bawah Beton Kurus harus mempunyai lereng melintang sama dengan lereng melintang rancangan dengan toleransi $\pm 0,3 \%$.

l) Menguji Permukaan

Begitu beton mengeras, permukaan Lapis Pondasi 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 malampaui 12,5 mm, perkerasan beton harus dibongkar dan diganti oleh Penyedia Jasa atas biaya sendiri.

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.

m) Perawatan (*Curing*)

Permukaan Perkerasan Beton Semen yang terekspos harus segera dirawat dengan penyemprotan bahan perawat yang disetujui, sesuai dengan Pasal 5.3.2.8 dari Spesifikasi ini, disemprot segera setelah permukaan tersebut selesai dikasarkan dengan sikat sesuai dengan kondisi berikut ini :

- 1) Bahan perawatan harus dalam bentuk lapisan yang menerus dan tak terputus, dan disemprotkan dengan merata dalam 2 kali penyemprotan :
 - i) Pertama-tama dalam waktu 15 menit setelah kondisi air permukaan “tidak begitu mengkilap”, dan
 - ii) Yang kedua 10 sampai 30 menit setelah itu atau sebagaimana disarankan pabrik pembuatnya.
- 2) Pada permukaan dengan acuan tetap, penyemprotan pertama haruslah dalam 30 menit setelah penggarukan dan yang kedua haruslah 15 sampai 45 menit sesudahnya.
- 3) Alat penyemprot yang dapat beroperasi penuh merupakan prasyarat untuk penghamparan perkerasan.
- 4) Masing-masing penyemprotan harus dengan kadar yang

sesuai dengan sertifikat pengujian untuk perawatan yang efisien, harus memenuhi nilai minimum 0,20 ltr/m², kecuali bahwa: Untuk lokasi yang disemprot selain dengan alat penyemprot mekanik, kadar penyemprotan harus lebih tinggi 25% dari kadar yang disebutkan dalam sertifikat pengujian untuk perawatan yang efisien, harus memenuhi nilai minimum 0,20 ltr/m². Lokasi ini termasuk permukaan untuk sambungan dan ruas-ruas dengan tepi acuan bergerak yang ditunjang oleh acuan sementara pada saat penyemprotan awal.

- 5) Setiap ruas 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.
- 6) Lapisan perawatan harus dipertahankan utuh dalam bentuk selaput (membrane) yang menerus dan tidak patah sampai kekuatan lapangan sebesar 300 kg/cm² dicapai. Setiap kerusakan selaput perawatan (*curing membrane*) harus diperbaiki dengan penyemprotan manual pada lokasi yang cacat.

Lagi pula, setiap Perkerasan Beton Semen Portland yang telah mengeras dengan umur kurang dari 7 hari yang bersebelahan dengan perkerasan yang akan dihampar harus disemprot ulang dengan satu kali penyemprotan dengan panjang minimum 7 m dan diperluas ke lokasi yang sering dilalui orang selama pengecoran pada sambungan konstruksi.

Lapis Pondasi 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:

- 1) Penutupan dengan lembaran plastik yang kedap sampai lapis perkerasan berikutnya dihampar, tertambat kokoh terhadap tiupan pada permukaan dan mempunyai sambungan tumpang tindih sekurang-kurangnya 300 mm dan dipasang sedemikian hingga kadar air di bawahnya tidak menguap keluar.
- 2) Seluruh permukaan disemprot dengan merata dengan bahan perawatan berpigmen putih.
- 3) Pengabutan yang berkesinambungan menutup seluruh permukaan dan mempertahankan kondisi kadar air yang permanen selama seluruh durasi periode perawatan. Perawatan dengan pembasahan yang sebentar-sebentar tidak dapat diterima.

n) Membongkar Acuan

Kecuali bila ditentukan lain, acuan tidak boleh dibongkar dari beton yang baru dicor sebelum mencapai waktu paling sedikit 12 jam. Acuan harus dibongkar dengan hati-hati agar tidak rusak perkerasan beton. Setelah acuan dibongkar, bagian sisi perkerasan beton harus dirawat (*curing*) sesuai dengan Pasal 5.3.5.13 diatas.

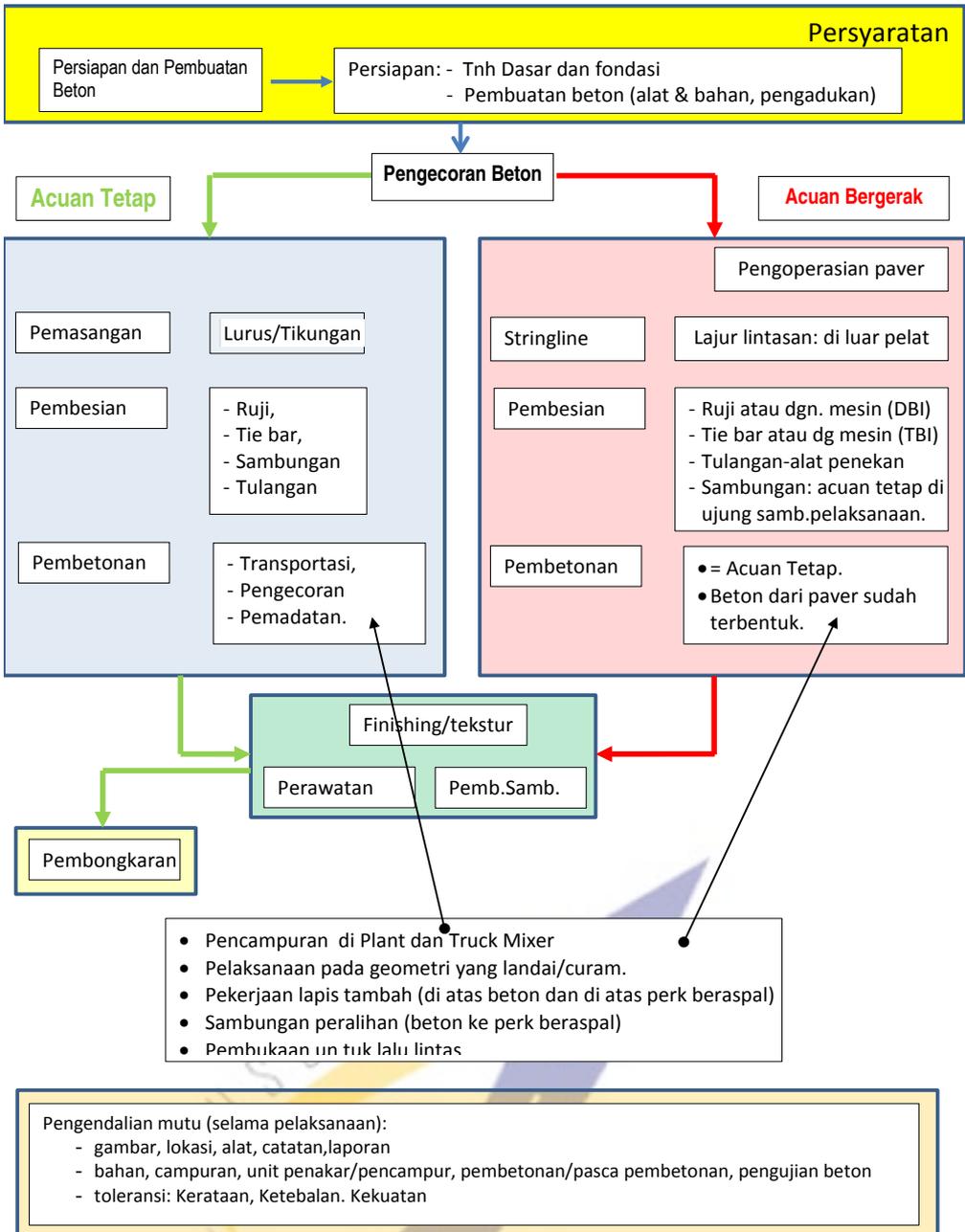
Lokasi keropos yang kecil harus dibersihkan, dibasahi dan ditambal dengan adukan semen kental dengan perbandingan 1 semen dan 2 agregat halus. Penambalan tidak boleh dilakukan sampai lokasi yang keropos diperiksa dan metoda penambalan disetujui Direksi Pekerjaan.

Lokasi yang banyak keroposnya dianggap pekerjaan yang cacat mutu dan harus dibongkar dan diganti. Setiap lokasi atau ruas yang dibongkar tidak boleh kurang dari 3,0 m panjangnya atau kurang dari lebar seluruh 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.

3.2 Pedoman pelaksanaan perkerasan jalan beton semen menurut ACPA

Pelaksanaan perkerasan jalan beton semen yang diuraikan dalam ACPA menunjukkan uraian pelaksanaan perkerasan jalan beton semen dirinci dengan lengkap. Lihat Gambar 75.





Gambar 75 Pedoman pelaksanaan perkerasan jalan beton semen menurut ACPA

3.3 Pelaksanaan dengan slip form di JORR, Akses Meruya

Pengamatan kegiatan penghamparan perkerasan beton semen di Jakarta *Outer Ring Road* (JORR) pada bulan Oktober 2013 tercatat

kemampuan pelaksanaan mesin penghampar jenis slip form adalah 30 m³ per jam, tebal 31 cm, lebar 3,75 m (merk GOMACO buatan USA) menggunakan *curing* compound transparan. Pelaksanaan di JORR ini dilakukan pada malam hari mulai jam 19.00 sampai sekitar jam 04.00 selama 8 jalm. Untuk lebar satu lajur 3,75 m, maka panjang yang dapat dikerjakan dalam satu jalur adalah 25,8 meter per jam atau sekitar (400 – 450) meter per malam.

Pengerjaan dilakukan malam hari untuk menghindari retak susut bila dilakukan pada siang hari yang temperatur perkerasannya rata-rata lebih dari 32 °C. Lihat Gambar 76 sampai dengan Gambar 89



Gambar 76 Jalan tol JORR di akses Meruya



Gambar 77 Lean concrete tebal 10 cm



Gambar 78 Kabel pengendali (*stringline*)



Gambar 79 Instrumen *vibrator*



Gambar 80 Perakitan dowel



Gambar 81 Pelepa untuk meratakan permukaan beton segar



Gambar 82 Truck mixer menumpahkan beton segar



Gambar 83 Beton segar didorong auger untuk disebarkan selebar lajur



Gambar 84 Truck mixer berikutnya menumpahkan beton segar



Gambar 85 Beton segar selanjutnya didorong auger untuk disebarkan selebar lajur



Gambar 86 Beton segar telah tercetak melewati proses pemadatan dilanjutkan dengan perataan



Gambar 87 Perataan dan pemasangan tie bar secara manual



Gambar 88 Perataan dengan tangan (manual)



Gambar 89 Persiapan pembuatan tekstur

3.4 Pelaksanaan di beberapa lokasi di Jawa Barat dalam gambar

3.4.1 Jalan Golf Raya, Arcamanik, Bandung

Pelaksanaan di daerah Bandung dan sekitarnya acapkali dilaksanakan pada malam hari dengan kecepatan sekitar (150 – 200) meter per hari, atau (18 – 25) m/jam.



Gambar 90 Acuan tepi menggunakan pelat baja dengan tebal 1 mm



Gambar 91 Pemasangan acuan tepi



Gambar 92 Acuan tepi pada potongan memanjang yang tidak menerus



Gambar 93 Retak memanjang



Gambar 94 Jalan beton semen dan perawatan beton yang tidak sempurna di jalan Golf Raya – Kota Bandung

3.4.2 Gekbrong, Kabupaten Cianjur



Gambar 95 Jalan beton semen cor di tempat, Gekbrong – Kabupaten Cianjur

3.4.3 Jalan Cijambe, Ujungberung, Kota Bandung

Pelaksanaan di jalan Cijambe tercatat dilaksanakan siang dan malam hari dengan kecepatan sekitar (120 – 200) meter per hari, atau (15 – 25) m/jam untuk lebar antara 4 m dan 4,5 m.



Gambar 96 Jalan Cijambe – Kota Bandung

3.4.4 Jalan Damri, Cisaranten Wetan, Kota Bandung



Gambar 97 Pemasangan acuan tepi



Gambar 98 Jalan Tengah (Gedebage) Kota Bandung

4. UJI KERATAAN PERMUKAAN

.....

4.1 Alat uji kerataan permukaan

Untuk menguji mutu permukaan atau kerataan permukaan perkerasan beton semen dapat digunakan alat *walking profiler* (WP) untuk ketidakrataan permukaan atau dikenal *International Roughness Index* (IRI) dengan satuan m/km, atau *straight edge* untuk mengukur beda tinggi kerataan permukaan menerus dengan alat *straight edge* panjang 3 meter.

4.1.1 *Walking Profiler* (WP)

Alat *Walking Profiler* (WP) sebagai alat untuk mengukur ketidakterataan permukaan dan menghasilkan output untuk profil perkerasan menerus atau dikenal dengan ketidakrataan atau *International Roughness Index* (IRI). Ketidakrataan permukaan dengan alat tersebut diukur di atas permukaan perkerasan pada kecepatan berjalan kaki. Pengambilan dan penyimpanan data ditampilkan secara nyata termasuk waktunya untuk analisis data dengan cepat. Alat tersebut telah diterima dan digunakan sebagai referensi oleh Bank Dunia dan PIARC (2002), FHWA (2000), dan TxDOT (2000) untuk kalibrasi peralatan ukur ketidakrataan (IRI). Lihat Gambar 99.



Gambar 99 Alat *Walking Profiler*

4.1.2 *Straight Edge*

Sesuai dengan spesifikasi umum tahun 2010 revisi ke-2, untuk menguji permukaan fondasi bawah beton kurus atau perkerasan beton semen, harus diuji dengan mistar lurus (*straight edge*) sepanjang 3 meter. Lokasi yang menunjukkan ketinggian antara 3 mm dan 12,5 mm sepanjang 3 m harus ditandai dan diturunkan elevasinya dengan gerinda yang sesuai,

sampai elevasinya tidak melebihi 3 mm sepanjang 3 m. Lihat Gambar 100. Bilamana penyimpangan penampang melintang melampaui 12,5 mm, perkerasan beton harus dibongkar dan diganti.

Setiap lokasi atau ruas jalan yang dibongkar tidak boleh kurang dari 3,0 m panjangnya atau dari lebar jalur yang terkena pembongkaran. Bilamana diperlukan pembongkaran dan penggantian 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.



Gambar 100 Straight edge 3 m dan wedges

4.2 Hasil uji lapangan

4.2.1 Pengukuran kerataan permukaan

Pada perkerasan jalan di lokasi percobaan skala penuh di Buntu-Kebumen, Jawa Tengah, jalan tol Kanci-Pejagan Jawa Barat, jalan tol dalam kota Jakarta, kerataan dipastikan akan tercapai sesuai dengan ketentuan karena pembuatan panel-panel beton pracetak dilakukan di pabrik dengan kondisi tertutup di bawah atap, dan mutu terkendali. Lain halnya di tempat-tempat yang menggunakan acuan tetap untuk jenis perkerasan beton cor di tempat, mutu perkerasan beton dan kerataan permukaan, mungkin akan menghasilkan hasil yang bervariasi.



Gambar 101 Pengukuran kerataan permukaan memanjang



Gambar 102 Pengukuran kedalaman profil memanjang di bawah straight edge 3 m

4.2.2 Pengukuran ketidakrataan permukaan (IRI)



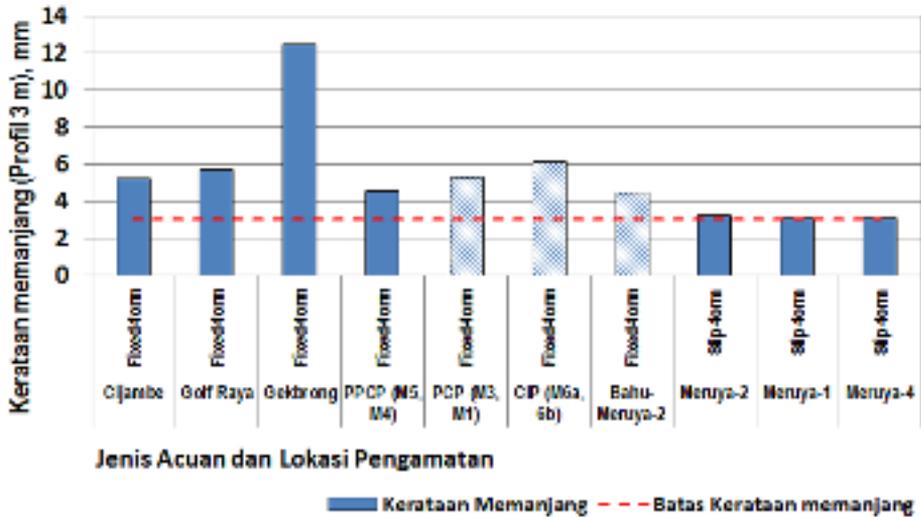
Gambar 103 Pengukuran ketidakrataan dengan alat walking profiler (WP)

4.2.3 Hasil uji kerataan memanjang dan ketidakrataan permukaan

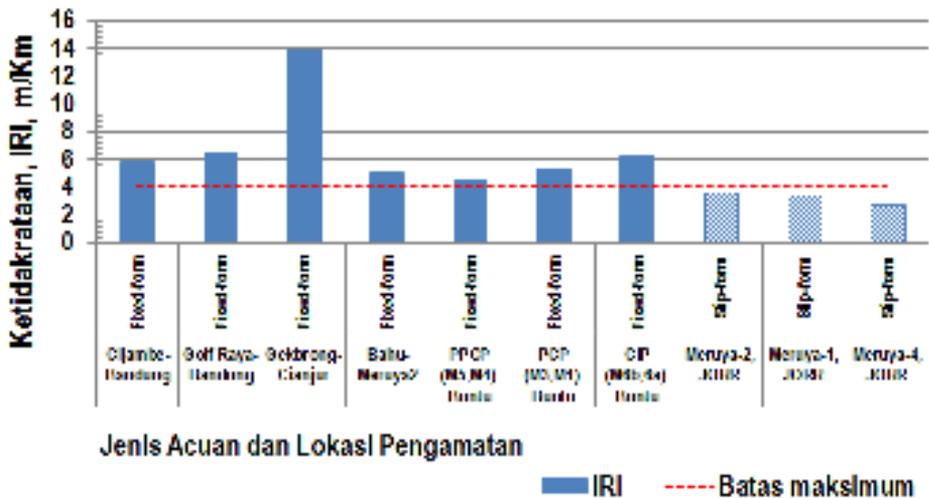
Dari hasil pengukuran di beberapa lokasi pekerjaan perkerasan beton untuk kedua jenis acuan dapat dilihat dalam Gambar 104 sampai dengan Gambar 106. Kerataan memanjang dengan profil 3 meter menunjukkan nilai di atas maksimum 3mm untuk seluruh pelaksanaan menggunakan acuan tetap dan beton pracetak, sedangkan perkerasan beton yang menggunakan acuan bergerak memiliki kerataan memanjang sekitar 3 mm. Lihat Gambar 104.

Dalam Gambar 102 menunjukkan nilai ketidakrataan diukur dengan walking profiler bahwa seluruh perkerasan menggunakan acuan tetap dan beton pracetak memiliki nilai ketidakrataan, IRI lebih besar dari pada 4 m/km, sedangkan perkerasan beton menggunakan acuan bergerak kurang dari 4 m/km.

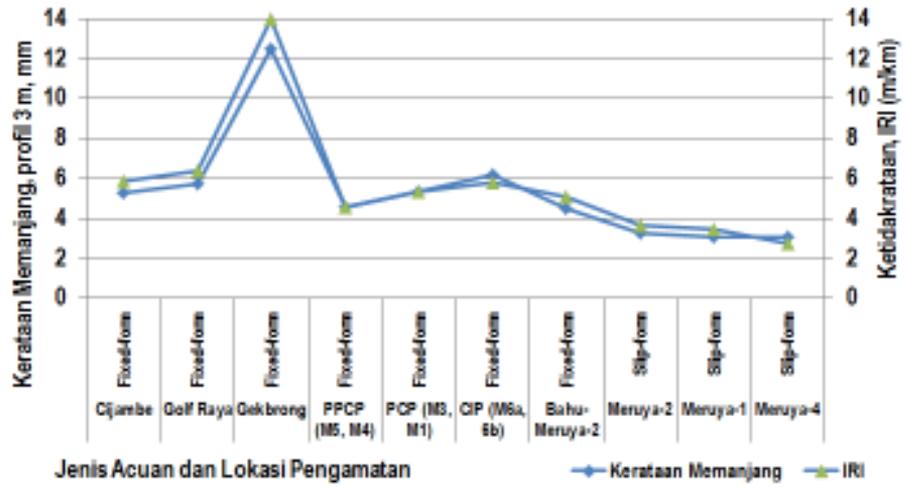
Dari kedua hasil pengukuran tampak adanya korelasi antara pengukuran dengan straight edge 3 meter dengan pengukuran dengan alat *walking profiler* (WP)



Gambar 104 Hasil uji kerataan memanjang dengan straight edge 3 m



Gambar 105 Hasil uji ketidakrataan dengan alat walking profiler (WP)



Gambar 106 Kerataan profil memanjang (mm) dan ketidakrataan (IRI, m/km)



5. MASALAH UMUM TERJADI PADA PELAKSANAAN LAPANGAN

Monitoring perkerasan beton semen yang sudah ada, yang dilaksanakan baik menggunakan acuan tetap atau acuan gelincir di beberapa lokasi di diidentifikasi permasalahan umum yang biasany terjadi, baik pada pelaksanaan menggunakan acuan tetap atau acuan gelincir. Dalam Tabel 1 berikut disajikan masalah yang terjadi dari sejak persiapan awal, persiapan peralatan, campuran beton, pengiriman beton segar, cuaca ekstim, dan kemampuan alat yang terjadi di lapangan.

Tabel 1 Permasalahan umum yang sering terjadi di lapangan

Permasalahan	Potensi kerusakan	Kemungkinan penyebab	Apa yang harus dilakukan
Campuran beton setting atau mengeras atau tidak tercampur rata	Campuran mengeras, tidak bisa dikerjakan	Komposisi campuran tidak sesuai dengan rancangan	Lakukan campuran beton dengan bahan tambah yang sesuai
Peralatan rusak	Produktivitas dan mutu perkerasan berkurang	Pemeliharaan peralatan buruk	Pelihara peralatan secara teratur
Rasio air-semen tinggi	Kuat tekan beton berkurang	Penambahan air di tempat pekerjaan	<ul style="list-style-type: none"> Atur jumlah air yang ditambahkan di pusat pencampur beton, Jangan menambahkan air di lokasi pekerjaan
Pemadatan dan kemudahan kerja yang tidak memadai	Kuat tekan dan keawetan berkurang	<ul style="list-style-type: none"> Masalah vibrator; Pencampuran tidak memadai 	<ul style="list-style-type: none"> Amati vibrator untuk pemenuhan dan perbaikan yang diperlukan, Lakukan pencampuran yang memadai
Rongga udara tidak memadai	<ul style="list-style-type: none"> Keawetan beton berkurang. 	<ul style="list-style-type: none"> Cuaca Waktu pencampuran pendek 	Amati secara konsisten, terutama pada cuaca ekstim
Kerataan permukaan perkerasan naik-turun	<ul style="list-style-type: none"> Kerataan permukaan memanjang berkurang. Tebal slab bervariasi 	<ul style="list-style-type: none"> Stringline bergerak atau terganggu Kerataan tidak beraturan pada permukaan fondasi bawah 	<ul style="list-style-type: none"> Pasang stringline serendah mungkin. Amati stringline secara teratur dan perhatikan gangguan pada stringline. Pastikan kelancaran, kerataan permukaan fondasi bawah memadai.
Jalan ke tempat pekerjaan bergelombang	<ul style="list-style-type: none"> Waktu pengiriman campuran beton bertambah; Penurunan produktivitas; 	Jalan ke tempat pekerjaan kurang terpelihara	Pelihara jalan ke tempat pekerjaan selama pembangunan
Cuaca tiba-tiba berubah: <ul style="list-style-type: none"> hujan 	<ul style="list-style-type: none"> Rasio air/semen bertambah pada permukaan. Keawetan permukaan berkurang. Tekstur permukaan hilang. 		<ul style="list-style-type: none"> Hentikan pekerjaan. Tutupi permukaan slab untuk menghindari kerusakan akibat hujan.
Cuaca tiba-tiba berubah: <ul style="list-style-type: none"> cuaca dingin 	Tekanan berubah karena perubahan suhu, dapat mengakibatkan retak acak bertambah		<ul style="list-style-type: none"> Lindungi beton segar dengan bahan tambah <i>curing</i>. Lakukan insulasi.

Permasalahan	Potensi kerusakan	Kemungkinan penyebab	Apa yang harus dilakukan
<p>Cuaca panas dan kering:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suhu tinggi di atas 32 °C. • Kelembaban rendah • Kecepatan angin tinggi. • Panas matahari 	<ul style="list-style-type: none"> • Penguapan tinggi, terutama beton segar di atas suhu 32 °C. • Timbunan bahan kering. • Kehilangan <i>slump</i> cepat. • Kehilangan kekuatan jangka panjang karena tambahan air. Seting cepat; waktu finishing kurang. 		<ul style="list-style-type: none"> • Jika mungkin, jangan membeton pada kondisi sangat panas/cuaca kering • Rencanakan sebelumnya (setelah melihat masalah, mungkin terlalu terlambat untuk memperbaikinya) • Pekerjaan pembetonan di pagi hari, sore, atau malam • Pertahankan kelembaban persediaan bahan • Jaga pondasi bawah dan / atau acuan tetap lembab dan dingin • Jaga peralatan tetap dingin • Peliharaan selama <i>curing</i>, • Gunakan tambahan <i>curing</i> kompon.
<p>Cuaca dingin:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Suhu rendah di bawah 10 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> • Panas hidrasi rendah, seting sangat lambat • Campuran beton beku • Kekuatan tekan rendah • Permeabilitas beton meningkat 		<ul style="list-style-type: none"> • Jika memungkinkan, jangan mencampur atau mencor beton dalam cuaca sangat dingin • Panaskan bahan • Tambahkan akselerator untuk campuran. • Tambah kadar portland semen dalam campuran
Retak sebelum digergaji	Retak acak tidak beraturan	Penggergajian terlambat	<ul style="list-style-type: none"> • Segera lakukan menggergaji sambungan: • Segera lakukan penggergajian ke sambungan berikutnya.
Retak selama penggergajian, di depan gergaji	<ul style="list-style-type: none"> • Jika penggergajian berlanjut di dekat retakan, sambungan yang digergaji tidak akan berfungsi dengan benar; • Dapat menyebabkan gompal (<i>spalling</i>) dan masalah kinerja lainnya. 	Penggergajian terlambat	<ul style="list-style-type: none"> • Segera lakukan menggergaji sambungan. • Segera lakukan penggergajian ke sambungan berikutnya.
Bidang gergajian berlepasan saat penggergajian	Sambungan gompal	Terlalu dini melakukan penggergajian.	Hentikan penggergajian dan tunggu sampai dicapai kekuatan beton yang memadai untuk digergaji.
Permukaan sambungan berlepasan atau gompal	Kinerja sambungan yang buruk dalam jangka panjang	<ul style="list-style-type: none"> • Penggergajian dilakukan terlalu dini; • Operasi penggergajian buruk; • Daerah tepi sambungan tidak dirawat dengan benar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tinjau ulang operasi penggergajian yang benar; • Tinjau ulang proses perawatan tepi sambungan.
<i>Sealant</i> yang dituangkan tidak menempel	Air atau bahan padat dapat masuk ke dalam sambungan, menyebabkan kinerja yang buruk pada sambungan	<ul style="list-style-type: none"> • Permukaan sambungan kotor; • Faktor bentuk sambungan tidak benar; • Beton terlalu muda atau lembab. 	<ul style="list-style-type: none"> • Periksa permukaan sambungan terhadap kebersihan dan kekeringan; • Periksa faktor bentuk sambungan; • Ganti <i>sealant</i>
<i>Sealant</i> yang dituangkan gagal (tidak mempunyai daya kohesivitas)		Mutu <i>sealant</i> buruk karena terlalu panas atau kurang panas.	<ul style="list-style-type: none"> • Kurangi pemanasan; • Terapkan panas yang tepat; • Gunakan selang terisolasi; • Ganti <i>sealant</i>
<i>Sealant</i> berbentuk padat hilang		<ul style="list-style-type: none"> • Ukuran <i>sealant</i> tidak sempurna, • Celah sambungan terlalu lebar. • <i>Sealant</i> meregang 	<ul style="list-style-type: none"> • Gunakan ukuran <i>sealant</i> yang sesuai (cek lebar celah sambungan). • Cek mutu <i>sealant</i>. • Kaji ulang prosedur pemasangan <i>sealant</i>.

6. PENUTUP

6.1 Keberhasilan pelaksanaan perkerasan beton semen

Keberhasilan pelaksanaan perkerasan beton semen sangat tergantung dari prinsip yang harus dipegang oleh pelaksana yaitu pengawasan langsung dari petugas pengawas agar sesuai dengan rancangan awal dan gambar pelaksanaan. Pengawasan menjadi faktor utama dalam mengendalikan mutu pelaksanaan, baik pelaksanaan menggunakan acuan tetap maupun acuan bergerak.

Pada pelaksanaan menggunakan acuan tetap (*fixed form*), acuan tepi merupakan rel untuk proses konsolidasi dan finishing sehingga diperlukan acuan yang kokoh dan kuat menahan beban mesin atau instrumen yang akan menyelesaikan kerataan permukaan perkerasan beton.

Pada pelaksanaan menggunakan acuan bergerak (*slip-form*), kabel pengendali atau kapel panduan (*stringlines*) yang berfungsi untuk mengontrol gerakan horisontal dan vertikal dari mesin penghampar (*paver*) dan memastikan posisi permukaan tetap dan rata pada ketinggian yang direncanakan. Kabel panduan (*stringlines*) harus sering diperiksa karena acapkali terganggu.

Faktor lainnya yang penting untuk keberhasilan pelaksanaan adalah komposisi campuran beton yang memadai, posisi dowel yang harus sejajar satu sama lain, curing beton, penggantian sambungan yang tepat, curing yang memadai, dan memperhatikan cuaca yang akan mempengaruhi mutu beton.

6.2 Keuntungan dan kerugian penggunaan acuan

Dalam Tabel 2 ditunjukkan keuntungan dan kerugian penggunaan jenis acuan tetap dan acuan bergerak, sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan sistem acuan untuk pelaksanaan lapangan.

Tabel 2 Keuntungan dan kerugian penggunaan acuan tetap dan acuan bergerak

Kriteria yang diukur	Acuan tetap		Acuan bergerak	
	+	-	+	-
Toleransi kebebasan samping		<ul style="list-style-type: none">• Gangguan lalu lintas.• Gangguan terhadap batang	Lajur track terjaga	<ul style="list-style-type: none">• Perlu lajur sekitar 80 cm untuk track.• Gangguan

Kriteria yang diukur	Acuan tetap		Acuan bergerak	
	+	-	+	-
		pengikat terpasang		terhadap stringline.
Persiapan		Perlu pemasangan acuan tepi.	Tidak perlu pemasangan acuan tepi	Perlu pemasangan kabel pengendali/stringline
Penggunaan acuan	<ul style="list-style-type: none"> Dapat ditempatkan di semua geometri. 	<ul style="list-style-type: none"> Perlu pembongkaran acuan 	<ul style="list-style-type: none"> Tidak perlu memasang dan membongkar acuan Mesin ditempatkan pada bagian yang lurus. 	<ul style="list-style-type: none"> Pada geometri lengkung perlu penyesuaian kedudukan kabel pengendali.
Biaya peralatan dan mobilisasi	Peralatan dan mobilisasi relatif murah	Perlu pemeliharaan kelurusan segmen acuan tepi	Peralatan lebih lengkap dalam satu operasi	Peralatan dan mobilisasi relatif mahal
Kecepatan penghamparan pada lebar 3,70 m tebal 0,3 m		Indonesia: 150 m/hari atau 18 m/jam	Bisa ditingkatkan kecepatan: USA: 550 m ² /jam atau 145 m/jam India: 1000 m/hari atau 130 m/jam	Indonesia: 30 m ³ /jam atau 27 m/jam
Kerataan memanjang, diukur dengan <i>straight edge</i> 3 m, maks 3 mm		Antara 4,3 mm dan 8 mm	Antara 2,8 mm dan 3,7 mm	

Data hasil pengamatan untuk mengetahui perbedaan kinerja tidak dilakukan sejak awal perkerasan beton semen dibuka, karena penggunaan acuan gelincir sampai saat ini jarang digunakan, terutama karena skala pekerjaan yang relatif kecil. Penggunaan acuan gelincir relatif tidak menguntungkan secara finansial bagi penyedia jasa yang tidak pernah mendapatkan pekerjaan menggunakan acuan gelincir..

DAFTAR PUSTAKA

.....

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 1993. *Guide for Design of Pavement Structures*. American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC.

American Concrete Pavement Association (ACPA, 1995). *Construction of Portland Cement Concrete Pavements*. National Highway Institute Course No. 13133. AASHTO/FHWA/Industry joint training. Federal Highway Administration, Department of Transportation. Washington, D.C. [<http://www.pavementinteractive.org/article/fixe-form-paving/>] 2 Nov 2012.:

American Concrete Pavement Association (ACPA). 1997. *The Concrete Pavement Restoration Guide*. Technical Bulletin TB020P. American Concrete Pavement Association, Skokie, IL

Apollo Fixed Form Concrete Paver, India. (2012), (<http://www.youtube.com/watch?v=ms0mcTxMAHo>)

Dachlan, A.T. *Laporan Akhir Tahun 2011. Pemanfaatan perkerasan jalan beton pracetak-prategang dan perkerasan beton*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. 2011.

State Of California Departemen Of Transportation (CALTRAN), 2008). *Maintenance Technical Advisory Guide - Rigid Pavement*, 2008

<http://buildipedia.com/knowledgebase/division-03-concrete/03-10-00-concrete-forming-and-accessories/03-11-1313-concrete-slip-forming/concrete-slip-forming>

