



PERENCANAAN PELAPI SAN ULANG JALAN BETON DI ATAS JALAN BETON



INFORMATIKA
Bandung

PERENCANAAN PELAPISAN ULANG JALAN BETON DI ATAS JALAN BETON

Desember 2012

Cetakan Ke-1, tahun 2012, (x + 60 Halaman)

@Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-1514-22-1
Kode Kegiatan : 04-PPK3-001107-R12
Kode Publikasi : IRE-TR-90/2012
Kata Kunci : *pelapisan ulang, Unbonded, bonded, modulus beton, tebal pelapisan*

Penulis :

Furqon Affandi

Editor :

Prof.(R) Dr. Ir. M. Sahdanulirwan, MSc
Ir. Nyoman Suaryana, MSc.

Diterbitkan oleh:

Penerbit Informatika - Bandung
Anggota IKAPI Jabar Nomor : 033/JBA/99

Pemesanan melalui:

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

Kata Pengantar

Perkerasan jalan beton di Indonesia terus berkembang dari tahun ke tahun, baik di jalan Kabupaten/Kota, Propinsi, Jalan Nasional maupun jalan bebas hambatan. Dilihat dari waktu perkembangan jalan beton di Indonesia sudah lebih dari 25 tahun, sehingga peningkatan konstruksi jalan beton sudah perlu dipertimbangkan bahkan sudah diperlukan pada beberapa daerah, baik peningkatan fungsional maupun peningkatan secara struktural.

Untuk menunjang keberhasilan pengembangan dan pembangunan peningkatan jalan beton yang sudah ada, baik perkerasan beton bersambung tanpa tulangan, perkerasan beton bersambung dengan tulangan dan perkerasan beton menerus dengan tulangan, diperlukan pemahaman parameter-parameter yang terkait dengan evaluasi struktur perkerasan jalan beton lama dan metoda peningkatan yang sesuai dengan keperluannya.

Lapisan ulang jalan beton dengan beton ini, tergantung kondisinya dapat dibedakan atas pelapisan ulang sistim “Bonded” dan pelapisan ulang sistim “Unbonded”, dimana untuk setiap sistim ini ada batasan-batasan penerapannya, sehingga akan memberikan hasil yang layak baik dari segi teknis maupun segi ekonomis.

Dari sisi teknis, pelapisan ulang jalan beton dengan beton juga harus memperhatikan jenis perkerasan lamanya apakah perkerasan bersambung ataukah perkerasan beton menerus, karena akan memerlukan sifat-sifat penanganan teknis yang berlainan pula.

Naskah ilmiah ini merupakan salah satu kontribusi Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan dalam penyediaan teknologi perencanaan pelapisan ulang perkerasan beton dengan beton. Semoga buku ini dapat bermanfaat bagi para praktisi, akademisi maupun pelaksana lapangan.

Bandung, Desember 2012



DAFTAR ISI

Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vii
Daftar Gambar	viii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Cakupan Pelapisan Ulang Beton Diatas Lapisan Beton	2
2 SISTEM PELAPISAN ULANG BETON DIATAS PERKERASAN BETON	4
2.1 Pelapisan ulang sistem bonded	4
2.2 Pelapisan ulang sistem unbonded	5
2.3 Penggunaan dan masalah masalah penting pada pelapisan ulang jalan beton	6
2.3.1 Pelapisan ulang dengan sistem bounded	6
2.3.2 Pelapisan ulang dengan sistem unbounded	7
2.4 Evaluasi kondisi perkerasan lama	8
2.5 Pemilihan kelayakan sistem pelapisan ulang	9
2.5.1 Ketebalan pelapisan ulang	9
2.5.2 Perencanaan Campuran	10
2.5.3 Perencanaan Sambungan	12
2.5.4 Pekerjaan Pendahuluan Sebelum Pelaksanaan	13
2.5.5 Persiapan permukaan perkerasan-perkerasan lama ...	14
2.6 Pelapisan Ulang Beton Unbonded Diatas Perkerasan Beton .	15
2.6.1 Evaluasi perkerasan lama	16
2.6.2 Perencanaan Pelapisan Ulang	16
2.6.2.1 Perencanaan lapisan pemisah	17
2.6.2.2 Perencanaan sambungan	18
2.6.2.3 Dukungan Tepi Perkerasan	19

2.6.2.4 Pekerjaan Pendahuluan Sebelum Pelapisan Ulang	19
3 SISTEM PELAPISAN ULANG PERKERASAN BETON DENGAN BETON	21
3.1 Pelapisan Ulang Sistem Bonded	21
3.1.1 Perbaikan sebelum pelapisan ulang.....	22
3.1.2 Pengendalian retak refleksi	22
3.1.3 Perancangan tebal	23
3.1.4 Perkerasan dengan kerusakan berupa retak “D” atau agregat reaktif.....	31
3.1.5 Sambungan	34
3.1.6 Prosedur dan bahan untuk bonding.....	34
3.2 Pelapisan Unbonded JPCP, JRCP, dan CRCP pada JPCP, JRCP, CRCP dan AC/PCC (Composite).....	35
3.2.1 Kelayakan dari penggunaan sistem unbonded.....	35
3.2.2 Perbaikan sebelum pelapisan ulang.....	35
3.2.3 Pencegahan retak refleksi dan langkah perencanaan..	37
3.2.4 Sambungan	43
3.2.5 Pemisah antar lapisan	43
3.2.6 Penulangan	44
4 EVALUASI KEKUATAN DAN MODULUS BETON	45
4.1 Pengujian Lapangan di Karawang	46
4.2 Pengujian Lapangan di Sumedang 1	54
4.3 Pengujian Lapangan di Sumedang 2	57
5 KESIMPULAN	58
DAFTAR PUSTAKA	60

DAFTAR TABEL

	Hal
Table 2. 1 Jenis Batasan Kerusakan & Pemilihan Tipe Pelapisan Ulang	9
Table 2.2 Kemungkinan perbaikan sebelum pelapisan ulang pada perkerasan beton lama dalam persiapan untuk pelapisan ulang sistem bonded.	14
Table 2.3 Rekomendasi jarak sambungan melintang	19
Table 2.4 Tindakan yang perlu dan tidak perlu dilakukan sebelum pelapisan ulang dengan sistem unbounded.....	20
Table 3.1 Jenis Perbaikan pada sistem Bonded	22
Table 3.2 Persen penyaluran beban	22
Table 3.3 Penentuan nilai F_{dur}	33
Table 3.4 Penentuan nilai F_{fat}	33
Table 3.5 Penentuan langkah perbaikan yang diperlukan	36
Table 3.6 Nilai koefisien termal perkerasan beton berdasarkan jenis agregat yang disarankan.....	44
Table 3.7 Nilai koefisien gesek yang disarankan	44
Table 4.1 Pengujian FWD di Karawang arah Cikampek	46
Table 4.2 Hasil Coredrill dan FWD	48
Table 4.3 Pengujian FWD di Karawang arah Jakarta	49
Table 4.4 Hasil Coredrill dan FWD	51
Table 4.5 Tebal Pelat Beton	53
Table 4.6 Pengujian FWD di Sumedang arah Sumedang	54
Table 4.7 Pengujian FWD di Sumedang	57

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1	Pemilihan pelapisan ulang sistem bonded dan unbounded. 5
Gambar 2.2	Faktor “A” konversi pengurangan ketebalan lapis perkerasan beton ke lapis aspal beton. 11
Gambar 2.3	Lebar sambungan melintang pada pelapisan ulang sistem bonded diatas perkerasan beton harus sama atau lebih besar dari lebar retak pada perkerasan lama. 12
Gambar 3.1	Grafik penentuan nilai “k” dinamis. 27
Gambar 3.2	Grafik penentuan nilai E beton. 28
Gambar 3.3	Perhitungan Tebal dengan Nomograp..... 32
Gambar 3.4	Grafik penentuan nilai F_{jc} 39
Gambar 3.5	Grafik penentuan nilai F_{ju} 42
Gambar 4.1	Grafik Nilai AREA Karawang arah Cikampek..... 46
Gambar 4.2	Grafik Nilai B Karawang arah Cikampek 47
Gambar 4.3	Grafik Nilai k statis Karawang arah Cikampek 47
Gambar 4.4	Grafik Nilai E (psi) Karawang arah Cikampek..... 47
Gambar 4.5	Nilai MR (psi) Karawang arah Cikampek..... 48
Gambar 4.6	Grafik Nilai AREA Karawang arah Jakarta..... 49
Gambar 4.7	Grafik Nilai B Karawang arah Jakarta 50
Gambar 4.8	Grafik Nilai k statis Karawang arah Jakarta 50
Gambar 4.9	Grafik Nilai E (psi) Karawang arah Jakarta..... 50
Gambar 4.10	Grafik Nilai MR (psi) Karawang arah Jakarta 51
Gambar 4.11	Pengujian lendutan dengan alat FWD..... 51
Gambar 4.12	Pengambilan contoh coredrill..... 52

Gambar 4.13 Grafik Nilai E Karawang arah Cikampek dan Jakarta.... 53

Gambar 4.14 Grafik Nilai AREA Sumedang arah Sumedang..... 54

Gambar 4.15 Grafik Nilai B Sumedang arah Sumedang..... 55

Gambar 4.16 Grafik Nilai k statis Sumedang arah Sumedang 55

Gambar 4.17 Grafik Nilai E (psi) Sumedang arah Sumedang..... 55

Gambar 4.18 Grafik Nilai MR (psi) Sumedang arah Sumedang 56

Gambar 5.19 Pengujian lendutan dengan alat FWD di Sumedang 1 . 56

Gambar 5.20 Kondisi Perkerasan di Sumedang 1 57





1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan jalan beton di Indonesia dibandingkan dengan jalan aspal relatif baru, dimana dimulai dari tahun 1985, sehingga panjang jalan yang diperkeras dengan beton baru sekitar 2% sedangkan yang diperkeras dengan aspal mencapai 98%. (Widayat.J 2009). Namun demikian pembangunan jalan beton di Indonesia ini berkembang dengan baik dari tahun ke tahun, baik untuk jalan Nasional, jalan Tol jalan Propinsi bahkan jalan Kabupaten. Hal ini ditunjang dengan ketersediaan bahan semen produksi nasional yang cukup memadai, dimana kapasitas pabrik terpasang sebesar 47 juta ton, sementara ini konsumsi domestik hanya sekitar 35 juta ton saja (Affandi,F. 2008). Pada tahun 2009/ 2010 saja di Sulawesi Selatan sampai Sulawesi Tengah, telah dan sedang dilakukan pelaksanaan perkerasan beton di atas perkerasan jalan aspal lama dan jalan beton baru di daerah pelebaran. Begitu juga di daerah lain rencana pembangunan jalan beton terus berkembang.

Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen yang kita punya sudah cukup lama, yaitu disusun tahun 2003 dengan nomor Pd T -14-2003 yang mengadopsi dari perencanaan perkerasan beton Austroad 1992.

Sementara itu metoda perencanaan perkerasan beton di luar negeri terus berkembang antara lain seperti metoda perkerasan beton Austroad 2010, AASHTO interim guide 1998 design method. Untuk menunjang keberhasilan pembangunan jalan beton ini, perlu tersedianya pedoman perencanaan jalan beton yang sesuai dengan kondisi Indonesia serta mudah dipahami dan dilaksanakan.

Dengan melihat umur jalan beton di Indonesia sampai saat ini sudah ada yang mencapai 27 tahun (sejak tahun 1985) tentunya perlu dipikirkan peningkatan kekuatan jalan beton tersebut, apalagi bila dikaitkan dengan beban lalu lintas yang semakin meningkat dan penurunan kemampuan jalan beton itu sendiri.

Peningkatan kekuatan jalan beton dengan memberikan pelapisan ulang dengan beton itu sendiri sudah dilakukan baru - baru ini di Indonesia, walaupun jumlahnya masih sangat terbatas, sedangkan di luar negeri telah dikembangkan melalui pelapisan ulang dengan cara bonded maupun cara unbonded. Pemilihan cara bonded maupun unbonded tergantung pada kondisi perkerasan lamanya.

Dengan cara pelapisan ulang ini jalan beton bisa bertahan sangat lama sampai mencapai 100 tahun (National Concrete Pavement Technology Center; 2008).

Sistem pelapisan ulang jalan beton dengan lapisan beton lagi banyak disukai oleh para institusi yang bergerak di bidang jalan di luar negeri karena mempunyai keuntungan antara lain penggunaan dana yang efektif, mempunyai kemampuan memikul beban lalu lintas yang dapat diandalkan disamping gangguan terhadap pengguna jalan yang lebih sedikit (*National Concrete Pavement Technology Center; 2008*).

1.2 Cakupan Pelapisan Ulang Beton Di Atas Lapisan Beton

Dalam pelapisan ulang beton di atas perkerasan beton, ada beberapa hal yang perlu dipahami, yaitu :

- Cara penentuan jenis pelapisan ulang dengan sistem bonded atau unbonded

- Perbandingan berbagai metoda pelapisan ulang (Bonded / Unbonded)
- Pengamatan dan evaluasi kondisi jalan beton lama
- Pengamatan kinerja lapis perkerasan beton baru hasil pelapisan ulang
- Penentuan batasan parameter kerusakan untuk pemilihan tipe pelapisan.
- Cara mengevaluasi kondisi dan kekuatan perkerasan jalan beton yang lama berkaitan dengan perencanaan pelapisan ulang dengan lapisan beton lagi.
- Perencanaan tebal pelat, pada pelapisan ulang dengan lapisan beton lagi, baik dengan sistem bonded maupun unbonded.



2

SI STEM PELAPI SAN ULANG BETON DI ATAS PERKERASAN BETON

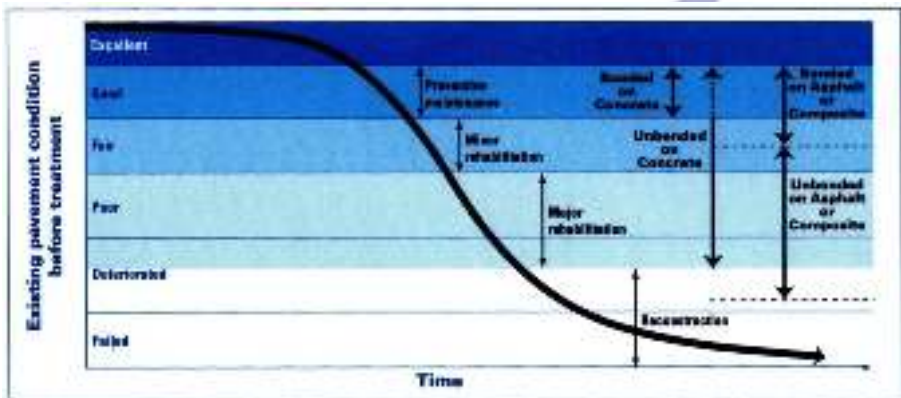
Pelapisan ulang dengan lapisan beton secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam dua tipe sistem yaitu tipe sistem “bonded” dan “unbonded” dimana kedua sistem tersebut dapat dilakukan pada perkerasan jalan beton lama, perkerasan beraspal ataupun pada perkerasan komposit, yaitu perkerasan beton lama yang sudah diberi lapisan aspal. Dengan demikian ada enam tipe pelapisan ulang dengan beton, dimana pengelola jalan bisa memilih tipe yang sesuai.

2.1 Pelapisan Ulang Sistem Bonded

Tujuan dari pelapisan ulang sistem bonded ialah untuk meningkatkan kekuatan struktur perkerasan jalan serta untuk mengeliminir kerusakan permukaan pada perkerasan lama yang berada dalam kondisi baik sampai sedang. Pelapisan ulang dengan sistem bonded umumnya merupakan solusi pelapisan ulang untuk jalan yang masih dalam taraf pemeliharaan rutin atau preventif maupun rehabilitasi minor sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1 (*National Concrete Pavement Technology Center 2008*).

Ikatan antara lapisan perkerasan lama dan baru sangat penting pada sistem bonded, guna menjamin ikatan kedua pelapisan tersebut sehingga akan berperilaku sebagai satu kesatuan struktur dimana perkerasan lama akan memikul beban secara “bersamaan” dengan pelapisan baru.

Faktor yang mempengaruhi kinerja perkerasan yang dilapis ulang dengan sistem bonded ialah kekuatan dan kestabilan dari perkerasan lama, efektifitas ikatan antara perkerasan lama dengan pelapisan baru, pergerakan dari struktur perkerasan yang menjadi kesatuan serta sambungan pada lapisan ulang dan teknik *curing*. Kunci utamanya ialah mengusahakan agar lapisan perkerasan lama dan baru selalu menjadi satu kesatuan. Karenanya perlu memahami sifat - sifat pergerakan pemuaian dan penyusutan dari lapisan perkerasan lama dan lapisan ulangnya. Pada pelapisan ulang jalan beton dengan lapisan beton dengan sistem bonded ini, diantaranya perlu memahami sifat agregat yang digunakan dimana koefisien pemuaian termalnya untuk bahan beton sebagai lapisan ulang harus sama atau lebih kecil dari bahan yang digunakan pada perkerasan beton lama (*National Concrete Pavement Technology Center ; 2008*)



Gambar 2.1 Pemilihan pelapisan ulang sistem bonded dan unbonded.

2.2 Pelapisan Ulang Sistem Unbonded

Tujuan dari pelapisan ulang dengan sistem unbonded ialah untuk mengembalikan kekuatan struktur perkerasan yang telah mengalami tingkat kerusakan moderat sampai tingkat kerusakan yang cukup berarti (signifikan). Pelapisan ulang dengan sistem unbonded ini ialah adalah merupakan tindakan yang bisa diambil pada rehabilitasi minor atau rehabilitasi utama sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.1. (*National Concrete Pavement Technology Center, 2008*)

Pengertian sederhana dari “unbonded” ialah tidak diperlukannya ikatan antara lapisan ulang dengan lapisan perkerasan lama guna mencapai kinerja perkerasan yang diinginkan.

Bilamana perkerasan lamanya aspal atau perkerasan komposit, ikatan sebagian atau ikatan penuh antara lapisan ulang beton dengan lapisan aspal lama tidak akan menyebabkan masalah. Jadi pelapisan ulang unbonded pada perkerasan lama aspal atau komposit tidak perlu direncanakan dan dilaksanakan dengan hati – hati berkaitan dengan permasalahan pencegahan ikatan antar dua lapisan. Akan tetapi bila perkerasan lamanya beton, pelapisan ulang sistem unbonded ini harus direncanakan dan dilaksanakan secara hati – hati untuk mencegah ikatan antara kedua lapisan tersebut. Hal ini disebabkan karena setiap ikatan antara diantara dua lapisan tersebut akan menimbulkan tegangan pada lapisan ulang yang menghasilkan retak refleksi.

2.3 Penggunaan Dan Masalah Masalah Penting Pada Pelapisan Ulang Jalan Beton

2.3.1 Pelapisan Ulang Dengan Sistem Bonded

Kondisi perkerasan lama harus dalam keadaan baik, bila ada sedikit kerusakan masih bisa ditolerir.

Adapun hal – hal yang harus diperhatikan untuk keberhasilan pelapisan ulang dengan sistem bonded ini, ialah :

- Permukaan perkerasan lama harus dipersiapkan agar meningkatkan dan mempunyai ikatan yang baik dengan lapisan baru
- Koefisien termal agregat dari lapisan baru harus sama atau lebih kecil dari pada koefisien termal agregat pada perkerasan lama guna meminimalkan tegangan geser pada ikatan kedua lapisan
- Retak (*working cracks*) pada perkerasan lama harus diperbaiki (atau pelapisan ulang harus digergaji dibagian atas retak tersebut) untuk mencegah retak refleksi ke lapisan ulangnya.
- Sambungan pada perkerasan lama harus dalam keadaan baik atau diperbaiki terlebih dahulu

- Sambungan melintang pada pelapisan ulang harus digergaji setebal lapisan yang baru ditambah 12 mm, sedangkan sambungan memanjang harus digergaji minimum setengah ketebalan lapisan ulang.
- Sambungan pada pelapisan ulang harus sama letaknya dengan perkerasan lama, karena perkerasan harus bergerak secara monolit.
- Lebar sambungan melintang pada lapisan ulang harus sama atau lebih besar dari lebar sambungan melintang pada perkerasan lama.
- Penggunaan *curing compound* atau metoda curing lainnya harus dikerjakan tepat pada waktunya dan menerus ke bagian tepi lapisan tersebut.

2.3.2 Pelapisan Ulang Dengan Sistem Unbonded

Untuk pelapisan ulang dengan sistem unbonded ini, bisa dilaksanakan pada perkerasan lama yang kondisinya tidak begitu baik, yang sudah mengalami beberapa kerusakan, tetapi masih stabil dan seragam.

Hal – hal yang harus diperhatikan untuk keberhasilan pelapisan ulang dengan sistem unbonded ini ialah :

- Perbaikan sampai kedalaman penuh (*full depth repair*) hanya dilakukan pada daerah terbatas dimana diperlukan peningkatan kekuatan
- Lapisan pemisah, umumnya lapisan beraspal sekitar 25 mm dibutuhkan untuk pemisah antara pelapisan baru dengan perkerasan lama dan juga menghilangkan retak refleksi.
- Bisa menggunakan *geotekstil* sebagai lapisan pemisah
- *Faulting* yang lebih kecil dari 10 mm pada perkerasan beton lama umumnya tidak akan menjadi masalah, bilamana ketebalan aspal pemisah nya sama atau lebih besar dari 25 mm.
- Sambungan harus digergaji secepat mungkin, sebab waktu untuk penggergajian yang baik bisa lebih singkat dari perkerasan beton yang normal.

- Jarak sambungan yang lebih pendek dari jarak normal pada lapisan ulang bisa membantu mengurangi *curling* dan *warping*
- Sambungan pada pelapisan ulang yang sama letaknya ataupun yang tidak sama letaknya dengan sambungan pada perkerasan lama, tidak akan menjadi masalah kritis

2.4 Evaluasi Kondisi Perkerasan Lama

Evaluasi kondisi perkerasan lama merupakan bagian yang penting dalam rangka pelapisan ulang ini. Secara umum proses evaluasi tersebut, dapat dibagi dalam beberapa langkah sebagai berikut:

- Pengumpulan sejarah data jalan serta proyeksi kedepan.
- Penilaian kondisi permukaan secara visual
- Analisa contoh pengambilan benda uji inti (*core drill*)
- Pengujian lainnya yang diperlukan seperti analisa bahan berkaitan dengan kerusakan perkerasan, *drainase*, ketidakrataan, kekesatan, dan pembatasan ketinggian (bila ada)
- Kondisi profil perkerasan

Selanjutnya perlu dilakukan evaluasi terhadap perkerasan lama tersebut, dimana proses evaluasi ini bertujuan untuk mengumpulkan semua jenis kerusakan dan mengevaluasi masalah kinerja perkerasan yang ada saat ini serta penyebabnya. Informasi ini sangat penting bagi pengelola jalan, apakah jalan tersebut layak untuk ditangani dengan cara memberikan pelapisan ulang atau tidak. Bilamana dipandang layak perlu dilanjutkan dengan pemeriksaan kerusakan setempat yang diperlukan sebelum pelapisan ulang dilaksanakan. Pengamatan tentang keperluan perbaikan merupakan faktor penting dalam menentukan apakah atau bilamana pelapisan ulang sistem bonded atau unbonded merupakan penanganan yang biayanya efektif. Penentuan alternatif pemilihan jenis pelapisan ulang berdasarkan kondisi perkerasan lama ditunjukkan pada tabel 2.1 dan gambar 2.1.

Tabel 2. 1 Jenis Batasan Kerusakan & Pemilihan Tipe Pelapisan Ulang

Load Related Criteria	Highway Classification	Current Condition Level		
		Distresses	Majority	Minority
Jointed plain concrete slabs and high-strength concrete slabs and longitudinal joints and corner cracking (1% slab)	Interstate/primary	all	0 to 10	0 to 5
	Primary	all	0 to 15	0 to 5
	Secondary	all	0 to 20	0 to 5
Jointed reinforced concrete slabs and high-strength concrete slabs and corner cracking (0.5% slab)	Interstate/primary	all	0 to 10	0 to 5
	Primary	all	0 to 15	0 to 5
	Secondary	all	0 to 20	0 to 5
Jointed plain concrete slabs and high-strength concrete slabs and corner cracking (0.5% slab)	Interstate/primary	all	0 to 10	0 to 5
	Primary	all	0 to 15	0 to 5
	Secondary	all	0 to 20	0 to 5
Jointed reinforced concrete slabs and high-strength concrete slabs and corner cracking (0.5% slab)	Interstate/primary	all	0 to 10	0 to 5
	Primary	all	0 to 15	0 to 5
	Secondary	all	0 to 20	0 to 5
Applicability of Bonded Concrete Overlay				
Applicability of Unbonded Concrete Overlay				

2.5 Pemilihan Kelayakan Sistem Pelapisan Ulang

Beberapa faktor harus dipertimbangkan sewaktu pemilihan sistem pelapisan ulang, dimana kondisi dari perkerasan lama merupakan faktor yang sangat penting. Secara umum bisa dikatakan bila kondisi perkerasan lama dalam keadaan baik atau bisa dipelihara dengan biaya yang efektif ke tingkat kondisi baik, merupakan pilihan untuk perkerasan beton yang dilapis ulang dengan cara bonded. Begitu juga bila kondisi perkerasan dalam keadaan tidak baik dan mempunyai beberapa kerusakan yang secara struktural cukup berarti, maka perkerasan seperti ini lebih cocok untuk dilapis ulang dengan cara unbonded. Lebih jauh bila perkerasan lama mengalami kerusakan berkaitan dengan bahan beton, seperti *Alkali Silica Reaction* atau *D cracking* juga disarankan untuk dilapis ulang dengan sistem unbonded atau bahkan rekonstruksi.

Pelapisan ulang dengan beton bisa memberikan solusi yang ekonomis baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Rekomendasi pemilihan sistem pelapisan ulang dengan beton untuk jangka panjang yaitu umur rencana 20 tahun atau lebih diberikan pada Gambar 2.2.

2.5.1 Ketebalan Pelapisan Ulang

Umumnya ketebalan lapisan ulang dengan sistem bonded ini berkisar antara 50 sampai 125 mm tergantung pada beban lalu lintas yang harus

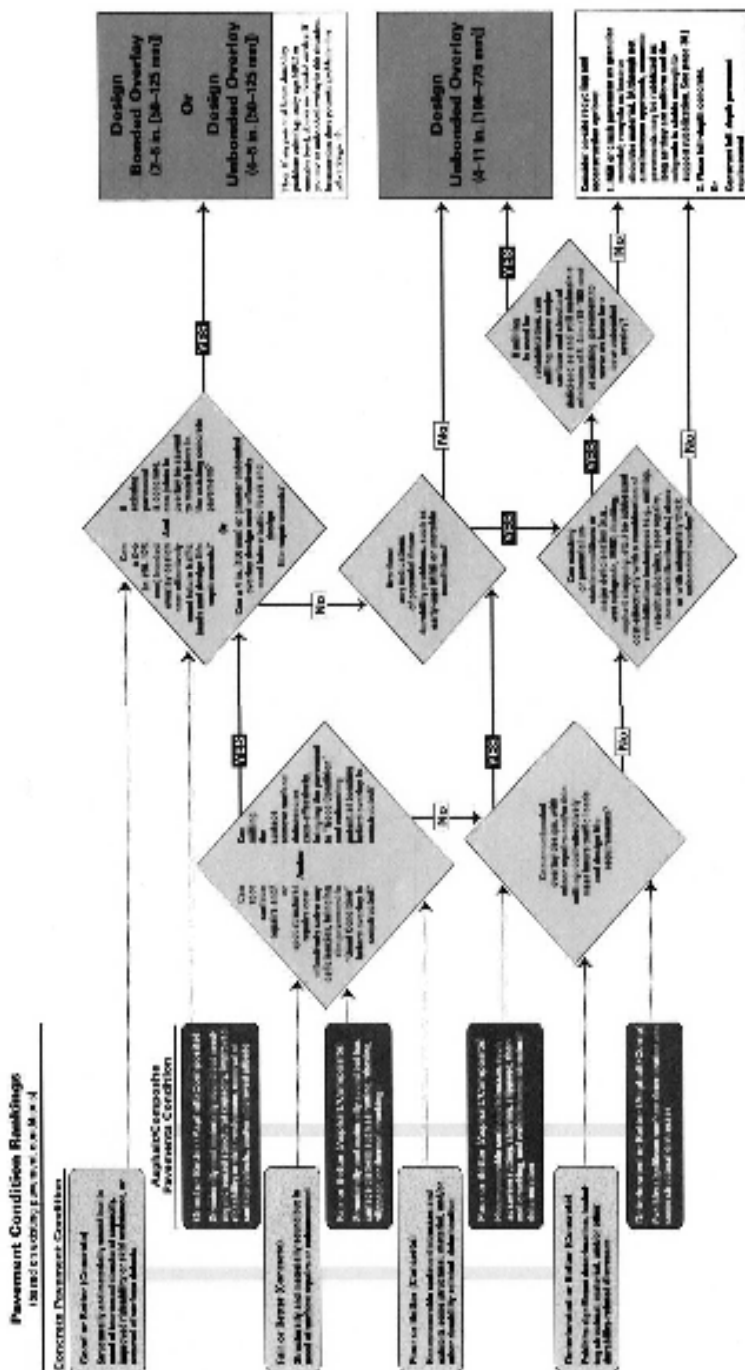
dilayani selama umur yang direncanakan, dan kekuatan struktur perkerasan lamanya. Beberapa Negara bagian di Amerika seperti Colorado menggunakan tebal pelapisan ulang 150 mm untuk beban lalu-lintas berat. Ketebalan lapisan umumnya dihitung dengan menggunakan prosedur metoda pada *AASHTO Guide for Design of Pavement Structures* (AASHTO Guide) (1993; 1998), atau dengan prosedur *Mechanistic Empirical Pavement Design* (M – EPDG).

2.5.2 Perencanaan Campuran

Campuran beton konvensional (normal) telah digunakan dengan berhasil pada pelapisan ulang perkerasan beton dengan sistem bonded. Penggunaan serat yang mempunyai modulus tinggi bisa meningkatkan kekakuan dan membantu pengendalian retak susut plastis.

Berkaitan dengan agregat untuk betonnya, ada beberapa hal yang harus mendapat perhatian, yaitu :

- Agregat yang bergradasi menerus (*well graded aggregate*) akan mengurangi kadar air dan pasta pada campuran, sehingga akan mereduksi potensi susut dan *curling*, begitu juga akan mengurangi risiko berkurangnya ikatan (*debonding*). Ukuran agregat maksimum ialah sepertiga dari tebal lapisan ulang beton.
- Agregat dengan koefisien pemuaian termal yang sama atau lebih kecil dari agregat pada perkerasan lama akan membantu kedua lapisan tersebut bergerak secara bersamaan, sehingga akan mengurangi tegangan pada bidang pertemuan antara perkerasan lama dan lapisan ulang.
- Agregat harus terlebih dahulu dibuat dalam kondisi *saturated Surface dry* (SSD) sesaat sebelum dilakukan pencampuran, jika tidak maka agregat cenderung akan menarik air dari campuran beton pada awal umur beton, yang akan meningkatkan susut yang akhirnya bisa menjadikan berkurangnya ikatan antar lapisan perkerasan lama dan baru (*debonding*).

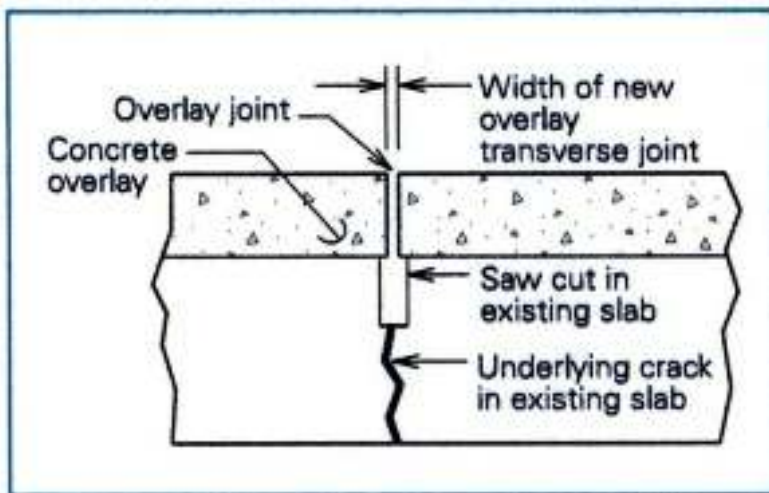


Gambar : 2-2 Faktor “A” konversi pengurangan ketebalan lapis perkerasan beton ke lapis aspal beton

2.5.3 Perencanaan Sambungan

Tipe sambungan pada sistem pelapisan ulang, lokasi, dan lebar harus sesuai dengan apa yang ada pada kondisi perkerasan lama agar membentuk kesatuan yang monolit. Sambungan yang sama pada pelapisan baru dengan perkerasan lama akan menghilangkan retak refleksi dan juga menjamin kedua lapisan tersebut akan bergerak secara bersamaan, dengan demikian akan membantu ikatan antar lapisan tersebut. Dalam usaha untuk mengurangi tegangan *warping* dan *curling*, penambahan penggergajian untuk sambungan melintang dan memanjang pada lapisan ulang, diantara sambungan melintang dan memanjang yang ada pada perkerasan lama, telah memberikan hasil yang baik.

Hal lain yang penting pada sambungan melintang ialah ukuran dari sambungan tersebut. Kedalaman sambungan harus setebal lapisan ulangnya ditambah 12 mm. Untuk mencegah terjadinya pengurangan ikatan antara perkerasan lama dan lapisan ulang, lebar dari sambungan melintang harus sama atau lebih besar dari lebar sambungan atau retak pada perkerasan lamanya, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 **Lebar sambungan melintang pada pelapisan ulang sistem bonded diatas perkerasan beton harus sama atau lebih besar dari lebar retak pada perkerasan lama**

Penggergajian sambungan memanjang oleh beberapa institusi bidang jalan dikatakan cukup setengah dari tebal lapisan ulangnya. Beberapa institusi lainnya menyarankan penggergajian pada sambungan memanjang dilakukan setebal lapisan ulangnya ditambah 13 mm menembus bidang ikatannya.

Batang pengikat dan ruji serta batang lainnya di dalam lapisan ulang beton tidak digunakan pada pelapisan ulang dengan sistem bonded, untuk meminimalkan gaya tahanan pada lapisan ikatan.

Selain perencanaan untuk sambungan, pelapisan ulang dengan sistem bonded di atas perkerasan beton menerus dengan tulangan, direncanakan, disiapkan dan dibangun dengan cara yang sama seperti pada perkerasan bersambung tanpa tulangan. Sambungan melintang tidak digergaji pada pelapisan ulang dengan sistem bonded di atas perkerasan beton menerus dengan tulangan. Retak yang masih bisa diterima, akan terjadi pada pelapisan ulang dengan sistem bonded, umumnya terjadi di atas retak yang ada pada perkerasan beton menerus dengan tulangan tersebut.

2.5.4 Pekerjaan Pendahuluan Sebelum Pelaksanaan

Perbaikan Sebelum Pelapisan Ulang

Perbaikan sebelum pelapisan ulang dari beberapa kerusakan perlu dilakukan guna mencapai kapasitas beban yang diinginkan serta keawetan jangka panjang. Permukaan perkerasan harus disurvei untuk menentukan kerusakan yang perlu ditangani. Beberapa jenis kerusakan yang perlu diperbaiki sebelum pelapisan ulang ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kemungkinan perbaikan sebelum pelapisan ulang pada perkerasan beton lama dalam persiapan untuk pelapisan ulang sistem bonded.

Kerusakan pada perkerasan lama	Perbaikan yang perlu dilakukan
Retak random	Gunakan <i>crack cages</i> atau perbaikan kedalaman penuh (<i>full depth repair</i>) untuk retak yang parah
<i>Faulting</i>	Stabilisasi pelat
<i>Pumping</i>	Stabilisasi pelat
Gompal pada sambungan (<i>Joint spalling</i>)	Perbaikan kedalaman sebagian (<i>partial depth repair</i>)
<i>Scalling</i>	Angkat dan dibersihkan

Bila ada rongga di bawah pelat perkerasan lama, maka harus dilakukan stabilisasi dengan jalan dilakukan *grouting*.

2.5.5 Persiapan Permukaan Perkerasan-perkerasan Lama

Persiapan permukaan dari perkerasan lama perlu dilakukan untuk menghasilkan kekasaran pada permukaan yang akan meningkatkan ikatan antara kedua lapisan. Prosedur persiapan permukaan bermacam macam, antara lain *shotblasting*, *milling* dan *sandblasting*.

Bahan pengikat berupa *grouting* atau *epoxy* tidak perlu dilakukan. Prosedur yang paling umum digunakan ialah *shotblasting*. Walaupun *milling* akan mengkasarkan permukaan perkerasan beton, *milling* jangan digunakan karena berpotensi akan mengakibatkan *microcracking* di permukaan dan pecahnya agregat di permukaan. Jika *milling* digunakan untuk menurunkan ketinggian permukaan perkerasan, maka setiap *microcracking* yang terjadi harus dihilangkan dengan menggunakan *shotblasting* atau dengan semprotan air yang bertekanan tinggi.

2.6 Pelapisan Ulang Beton Unbonded Diatas Perkerasan Beton

Penggunaan pelapisan ulang beton unbonded diatas perkerasan beton merupakan alternatif rehabilitasi yang sangat bagus untuk perkerasan beton yang telah mengalami beberapa kerusakan yang bersifat struktural. Tipe pelapisan ulang sistem unbonded ini, direncanakan sebagai perkerasan beton baru diatas lapisan pondasi yang distabilisasi, dengan anggapan tidak ada ikatan (unbounded) diantara dua lapisan tersebut. Umumnya tebal dari lapisan ulang dengan sistem unbounded ini ialah antara 100 sampai 275 mm tergantung pada beban lalu lintas yang akan dipikul serta kondisi dari perkerasan lamanya. Lapisan ulang dengan sistem unbounded ini bisa direncanakan sebagai perkerasan bersambung tanpa tulangan atau perkerasan menerus dengan tulangan. Perencanaan dan fungsi yang baik dari lapisan pemisah sangat penting dan besar pengaruhnya terhadap kinerja dari pelapisan ulangnya.

Pelapisan ulang dengan sistem unbonded ini umumnya tidak memerlukan perbaikan sebelum pelapisan yang ekstensif. Kalaupun ada, beberapa perbaikan yang diperlukan ialah pada daerah yang mengalami kerusakan guna meminimalkan risiko terjadinya keruntuhan setempat pada lapisan ulang.

Beberapa negara bagian di Amerika telah menggunakan sistem ini dengan berhasil, dimana umur rencananya lebih dari 30 tahun dengan kondisi baik sampai sangat baik. Faktor kritis yang akan mempengaruhi kinerja perkerasan ini ialah, perencanaan lapisan pemisah, tebal lapisan ulang, pola jarak sambungan, serta perencanaan penyaluran beban. Selain itu, tanah dasar yang lembek akan menghasilkan kerusakan permukaan, khususnya bila tanahnya dalam keadaan jenuh.

Pada proses pelapisan ulang ini, ada beberapa hal yang harus dicermati yaitu evaluasi perkerasan lama, perencanaan pelapisan ulang dan pekerjaan yang perlu dilakukan sebelum pelapisan ulang.

2.6.1 Evaluasi Perkerasan Lama

Evaluasi perkerasan lama merupakan hal penting yang perlu dilakukan untuk menentukan apakah perkerasan beton lama serta lapisan pondasi nya mempunyai daya dukung yang seragam dan kalau tidak, tindakan apa yang perlu dilakukan untuk mendapatkan daya dukung yang seragam bilamana pelapisan unbounded dilaksanakan. Evaluasi juga perlu dilakukan untuk mengetahui konstribusi struktur perkerasan lama sebagai lapisan base yang stabil.

Perkerasan lama yang mengalami *faulting* biasanya disebabkan oleh kombinasi dari hilangnya atau berkurangnya fungsi penyaluran beban antara pelat dan juga kehilangan daya dukung dari tanah dasar atau lapisan pondasi. Jika lapisan tanah dasar/lapisan pondasi stabil peningkatan kemampuan untuk memikul beban yang direncanakan dengan sistem unbounded telah terbukti cukup bisa mengatasi persoalan *faulting*, umumnya tidak akan menjadi masalah bila lapisan pemisah dengan tebal 25 mm atau lebih digunakan. Perbaikan saluran tepi telah terbukti berhasil digunakan untuk mengurangi peningkatan *faulting*. Pelat yang mengalami bentuk perubahan yang menandakan akan terjadi indikasi adanya rongga dibawah pelat. Pelat yang mengalami hal seperti di atas perlu diperbaiki untuk menghilangkan tegangan dan juga untuk membentuk daya dukung yang seragam sebelum pelapisan unbounded dilaksanakan.

2.6.2 Perencanaan Pelapisan Ulang

Pelapisan ulang dengan sistem unbounded direncanakan seperti perkerasan beton di atas lapisan pondasi yang distabilisasi dengan anggapan adanya pemisahan antara dua lapisan tersebut.

Pada jalan – jalan utama, ketebalan lapisan unbounded umumnya berkisar antara 100 - 275 mm, sedangkan pada jalan dengan volume lalu lintas yang lebih rendah ketebalan pelapisan ulang bisa sekitar 100 mm. Ketebalan lapisan ulang tergantung pada beban lalu lintas yang harus dipikul serta umur rencananya dan juga kondisi dari perkerasan jalan lamanya.

Kedua metoda yaitu pedoman AASHTO (1993, 1998) dan M-E PDG mempertimbangkan pengaruh dari lapisan pemisah.

2.6.2.1 Perencanaan lapisan pemisah

Perencanaan lapisan pemisah merupakan faktor penting yang akan mempengaruhi kinerja lapisan ulang unbounded dari beton.

Lapisan pemisah merupakan lapisan yang membantu mencegah retak refleksi dari lapisan perkerasan lama ke lapisan beton di atasnya. Selanjutnya, lapisan pemisah mencegah ikatan antara lapisan beton yang baru dengan perkerasan lama, sehingga keduanya bebas untuk bergerak secara terpisah. Lapisan pemisah yang umum dan berhasil ialah campuran beraspal untuk lapisan permukaan dengan sifat pengaliran air yang baik (*well – drained*) yang tebalnya 25 mm serta bisa membuat permukaan perkerasan lama menjadi rata. Ketebalan lapisan pemisah ini bisa ditingkatkan bila ketidakrataan perkerasan lamanya cukup besar yang akan mempengaruhi penghamparan lapisan beton. Lapisan pemisah tidak akan memberikan peningkatan struktural yang berarti, karenanya penggunaan tebal yang berlebihan harus dihindari.

Pada daerah dimana perkerasan akan mengalami *stripping* maka sebaiknya digunakan lapisan pemisah beraspal dari campuran yang lebih porus, dengan mengurangi bagian agregat yang berbutir halus dan meningkatkan persentase agregat kasarnya.

Beberapa Negara bagian di Amerika telah menggunakan beberapa jenis bahan lapis pemisah, termasuk campuran beraspal, lembaran *polyethylene*, *curing compound* berbahan dasar *wax*, aspal cair, campuran beraspal panas dengan hasil yang beragam :

- Lapisan pemisah dari campuran beraspal dengan tebal kurang dari 25 mm, seperti *slurry seal*, menunjukkan kinerja yang baik di beberapa tempat, tetapi secara umum tidak direkomendasikan karena bahan seperti ini tidak menghilangkan sifat saling kunci (*mechanical interlock*), mudah tererosi di daerah dekat sambungan, dan bahan tersebut tidak bekerja efektif sebagai lapis pemisah antara dua lapisan.

- Lembaran *polyethylene* dan *curing compound* juga tidak direkomendasikan. Bahan tersebut tidak mencegah retak refleksi dari retak yang dibawahnya ke lapisan atas (*ACI Committee 325 – 2006*), dan membuat air terperangkap pada lapisan beton, yang akan mempercepat kerusakan.

Jerman telah menggunakan geotekstil antara lapis pondasi berbahan semen dan perkerasan beton bahan dengan hasil yang memuaskan. Ketebalan geotekstil umumnya sekitar 6,3 mm.

Leykauf dan Birmann (2006) dari Universitas Teknologi Munich menyampaikan bahwa geotekstil mempunyai sifat yang seragam, bersifat elastis untuk lapisan dibawah perkerasan beton dan mereduksi *pumping* dan mencegah retak refleksi. Selanjutnya Leykauf dan Birmann menyampaikan juga bahwa “Perkerasan beton dengan bahan lapisan pemisah dari geotekstil khususnya direkomendasikan untuk pelapisan beton di atas perkerasan beton lama, di terowongan dan di atas lapisan base dari beton”.

2.6.2.2 Perencanaan sambungan

Penyaluran beban pada pelapisan ulang di atas beton lama dengan sistem unbounded lebih baik daripada penyaluran beban pada perkerasan beton bersambung yang baru, dikarenakan penyaluran beban dibantu oleh perkerasan lama.

Sambungan dengan dowel digunakan pada pelapisan ulang dengan sistem unbounded yang akan menerima beban lalu lintas berat, dengan tebal lapisan ulang 20 cm atau lebih. Jarak sambungan yang lebih pendek harus dipilih untuk mengurangi resiko retak dini akibat *curling* dikarenakan lapisan bawahnya yang cukup kaku. Jarak sambungan melintang yang disarankan ditunjukkan pada tabel 2.3

Tabel 2. 3 Rekomendasi jarak sambungan melintang

Tebal lapis ulang sistem unbounded	Jarak maksimum sambungan melintang
- Kurang dari 12,5 cm	- 1,8 m x 1,8 m
- 12,5 – 17,5 cm	- Jarak dalam ft = 2 x tebal pelat (in)
- Lebih dari 17,5 cm	- 4,6 m

Beberapa institusi bidang jalan di Amerika telah melaksanakan pekerjaan pelapisan ulang dengan sistem unbounded dengan tidak memperhatikan “*mismatch joint*” yang ternyata tidak memberikan pengaruh yang merugikan, tetapi beberapa institusi lainnya tetap memperhatikan masalah *mismatch joint* guna memanfaatkan keuntungan dari penyaluran beban. Pelapisan ulang sistem unbounded dengan perkerasan beton bersambung tanpa tulangan di atas perkerasan beton menerus dengan tulangan direncanakan dan dilaksanakan sama seperti pelapisan ulang unbounded di atas perkerasan beton bersambung.

2.6.2.3 Dukungan Tepi Perkerasan

Jika bahu jalan akan diperkeras, bahu beton yang terikat lebih baik untuk memperlebar pelapisan ulang sistem unbounded, karena akan meningkatkan penyaluran beban. Pelebaran pelat pada sistem unbounded berisiko terjadinya retak memanjang dikarenakan tegangan curling yang tinggi sebagai akibat dari kekakuan lapisan di bawahnya yang tinggi.

2.6.2.4 Pekerjaan Pendahuluan Sebelum Pelapisan Ulang

Umumnya perbaikan yang perlu dilakukan hanya pada tempat - tempat yang mengalami kerusakan yang bersifat hilangnya kesatuan struktur. Pekerjaan yang perlu dan tidak perlu dilakukan pada perkerasan lama sebelum pelapisan ulang dengan sistem unbounded diperlihatkan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Tindakan yang perlu dan tidak perlu dilakukan sebelum pelapisan ulang dengan sistem unbounded.

Kondisi perkerasan lama	Kemungkinan perbaikan yang perlu dilakukan
<i>Faulting</i> antara 6 – 10 mm	Tidak perlu
Faulting lebih besar dari 10 mm	Penebalan lapisan pemisah
“ <i>Tenting</i> ” cukup besar	Perbaikan dengan ketebalan total (<i>full depth repair</i>)
<i>Pumping</i> yang parah	Perbaikan dengan ketebalan total (<i>full depth repair</i>)
<i>Spalling</i> di sambungan cukup parah	Dibersihkan
Perkerasan beton menerus dengan tulangan mengalami <i>punchout</i> atau kerusakan lain yang cukup parah	Perbaikan dengan ketebalan total (<i>full depth repair</i>)

Sebagai alternatif mengatasi terhadap berbagai kerusakan, dilakukan pelapisan ulang dengan sistem unbounded yang lebih tebal guna menambah kekuatan dan sekaligus meningkatkan kemampuan melayani lalu lintas.

3

SI STEM PELAPI SAN ULANG BETON DENGAN BETON

3.1 Pelapisan Ulang Sistem Bonded

Pelapisan ulang sistem bonded diatas perkerasan bersambung tanpa tulangan, bersambung dengan tulangan dan menerus dengan tulangan.

Langkah yang perlu dilakukan pada pelapisan ulang sistem ini, ialah :

- a) Perbaikan tempat yang mengalami kerusakan dan perbaikan subdrain (jika diperlukan)
- b) Pelebaran (jika diinginkan)
- c) Penyiapan permukaan, agar terjadi ikatan yang baik dengan lapisan diatasnya.
- d) Pelapisan ulang lapisan beton baru
- e) Penggergajian dan pembuatan *joint sealant*

Metoda pelapisan ulang dengan cara bonded ini, tidak cocok untuk :

- Perkerasan lama yang mengalami retak dan gompal di sambungan yang begitu banyak.

- Terdapat masalah *durability* (misal *D crack*) atau akibat agregat yang reaktif, yang cukup signifikan.
- Ruang bebas antara permukaan perkerasan dan jembatan di atasnya terbatas (umumnya hal ini tidak jadi masalah, karena tebal pelapisan ulang dengan cara ini relatif tipis).

3.1.1 Perbaikan sebelum pelapisan ulang

Perbaikan yang perlu dilakukan sebelum pelapisan ulang dengan sistem bonded, ialah sebagai ditunjukkan pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3. 1 **Jenis Perbaikan pada sistem Bonded**

Jenis kerusakan	Tipe perbaikan
<i>Working cracks</i>	Perbaikan <i>full depth</i> atau penggantian pelat
<i>Punchouts</i>	Perbaikan <i>full depth</i>
Gompal di sambungan	Perbaikan <i>full depth</i> atau sebagian kedalam (<i>partial depth repair</i>)
Tambalan yang rusak	Perbaikan <i>full depth</i>
<i>Pumping / faulting</i>	Saluran tepi
Amblas	Pengangkatan pelat (<i>slab jack</i>) atau rekonstruksi

Perbaikan *full depth* dan penggantian pelat pada perkerasan bersambung tanpa tulangan dan perkerasan bersambung dengan tulangan haruslah pelat beton kembali, yang dilengkapi *dowel* atau *tie bar* sesuai keperluannya. Tidak boleh menggunakan perbaikan dengan aspal beton. perbaikan pada perkerasan menerus dengan tulangan, haruslah berupa pelat beton kembali dengan tulangan yang menerus.

3.1.2 Pengendalian retak refleksi

Retak refleksi pada pelapisan ulang dengan sistem bonded, bisa dikendalikan dengan cara perbaikan *full depth* di daerah retak pada perkerasan lamanya. Pada perkerasan bersambung tanpa atau dengan tulangan, hal ini diatasi dengan penggergajian dan pemberian lapisan penutup pada perkerasan baru di atas sambungan perkerasan lama.

Retak yang lebarnya kecil dan masih terlihat rapat pada perkerasan lama tidak perlu dilakukan perbaikan, karena akan tetap rapat. Retak pada perkerasan beton menerus dengan tulangan, tidak perlu dilakukan perbaikan, karena umumnya akan tetap rapat dan perkerasannya masih kokoh.

3.1.3 Perancangan tebal

Tebal lapisan untuk memenuhi keperluan beban lalu lintas dimasa yang akan datang, dihitung dengan cara :

$$D_{ol} = D_f - D_{eff}$$

Dengan

D_{ol} = Tebal lapis tambah, dari beton

D_f = Tebal perkerasan untuk memikul beban lalu lintas sesuai umur rencana

D_{eff} = Tebal efektif lapisan perkerasan lama

Umumnya tebal lapisan ulang 4", tetapi tebal minimum ialah 2" dan maksimum umumnya 6". Untuk keperluan peningkatan fungsional, tebal yang umum ialah 3".

Hal hal yang perlu dilakukan pada perencanaan bonded ini ialah:

Langkah 1. Identifikasi Perencanaan dari perkerasan lama

- Tebal pelat
- Tipe penyaluran beban (dowel, agregat *interlock*, atau CRCP)
- Tipe bahu (terikat / tidak dengan bahu beton , beton atau lainnya)

Langkah 2. Analisa lalu lintas

- Jumlah komulatif beban yang telah melalui perkerasan sampai saat ini (N_p)
- Jumlah beban lalu lintas kedepan pada lajur rencana selama umur rencana (N_f)

Langkah 3. Survai kondisi jalan

- a) Perkerasan bersambung tanpa atau dengan tulangan
 - 1) Jumlah sambungan yang rusak per mil
 - 2) Jumlah retak melintang per mil
 - 3) Jumlah sambungan muai pada perkerasan lama
 - 4) Keberadaan masalah durability pada perkerasan lama
 - a) “D” *cracking* : Tingkat rendah (hanya retak); medium (beberapa gompal) dan sangat parah (banyak sekali terjadi gompal)
 - b) Retak akibat agregat yang reaktif : tingkatnya rendah, sedang dan tinggi.
 - 5) Keberadaan *faulting*, *pumping*, retak dan kerusakan tepi
- b) Perkerasan beton menerus dengan tulangan
 - 1. Jumlah *punchout* per mil
 - 2. Jumlah retak melintang per mil
 - 3. Jumlah sambungan muai pada perkerasan lama
 - 4. Jumlah perbaikan yang lama dan baru sebelum pelapisan ulang
 - 5. Masalah *durability*
 - a. D *cracking* : tingkat rendah, sedang dan tinggi
 - b. Retak akibat agregat reaktif: tingkat rendah, sedang dan tinggi
 - 6. *Pumping*

Langkah 4. Pengujian lendutan.

Pengujian ini, biasa dilakukan misalnya dengan *Falling Weight Deflectometer* (FWD) dengan jarak antara 100 – 1000 ft (30 – 300 meter) dari pengujian ini bisa didapat nilai “k”: dan modulus elastis beton, dengan menggunakan Gambar 3.1 dan 3.2. Perhitungan AREA didapat melalui rumus sebagai berikut :

$$AREA = 6 * [1 + 2 (\frac{d_{12}}{d_0}) + 2 (\frac{d_{24}}{d_0}) + (\frac{d_{36}}{d_0})]$$

Umumnya AREA berkisar antara 29 - 32

Dengan :

d_0 = lendutan di pusat beban, inchi

d_i = lendutan pada 12, 24, dan 36 in dari pusat beban,(in)

Nilai Efektif dinamis “k” didapat dengan menggunakan Gambar 3.1 melalui nilai d_0 dan AREA, maka didapat nilai “k” dibagian bawah pelat untuk pelat dengan ukuran jari – jari 5,9 in dan beban 9000 pounds. Untuk beban sekitar 2000 pounds, lendutannya bisa dihitung secara linier terhadap lendutan dengan beban 9000 pounds.

Nilai “k” efektif statis = nilai “ k “ efektif dinamis/2

Nilai “k” efektif statis mungkin perlu disesuaikan terhadap pengaruh musim. Akan tetapi walaupun nilai “k” bisa berubah dengan sangat drastis namun hanya akan memberikan pengaruh yang kecil terhadap tebal pelapisan ulang.

Modulus elastisitas dari pelat perkerasan beton (E) didapat dengan menggunakan Gambar 3.2 dan menempatkan nilai AREA serta nilai “k” dinamis yang sesuai, didapat nilai ED^3 , dengan D ialah tebal pelat dalam inchi, yang akhirnya didapat nilai E. Umumnya nilai E antara 3 juta sampai 8 juta psi. Jika nilai E keluar dari nilai umum di atas, maka ada kesalahan yang terjadi, bisa dari ketebalan pelat, pengukuran cekung lendutan melalui retakan, atau perkerasan beton mengalami kerusakan yang cukup parah.

Sambungan Penyaluran beban (*joint load transfer*). Untuk JPCP dan JRCP pengukuran sambungan penyaluran beban dilakukan pada jejak roda luar di beberapa tempat yang mewakili. Jangan melakukan hal ini bila temperatur lebih besar dari 80°F (37° C) Pengujian dilakukan dengan meletakkan pelat beban sedemikian rupa sehingga bagian luarnya menyentuh bagian sambungan dan pembacaan lendutan dilakukan pada pusat beban serta titik sejauh 12” dari pusat beban. Hitung lendutan penyaluran beban dari rumus di bawah ini :

$$\Delta LT = 100 * \left(\frac{\Delta_{ul}}{\Delta l} \right) * B$$

Dengan

- ΔLT = lendutan penyalur beban, (%)
- Δ_{ul} = lendutan, bagian yang tidak dibebani, (in)
- Δl = lendutan, bagian yang dibebani, (in)
- B = faktor koreksi lendutan pelat

Faktor koreksi beban, B, diperlukan karena pengujian lendutan d_0 dan d_{12} , berjarak 12 in, tidak akan sama jika diukur dibagian tengah pelat. Faktor koreksi B ini, nilainya antara 1,05 sampai 1,15

$$B = \frac{d_{0 \text{ tengah pelat}}}{d_{12 \text{ tengah pelat}}}$$

Untuk JPCP dan JRCP, nilai J pada penyaluran beban dapat diambil dari pedoman berikut :

Tabel 3.2 **Persen penyaluran beban**

Persen penyaluran beban	J
- Lebih besar dari 70	3,2
- Antara 50 – 70	3,5
- Lebih kecil dari 50	4,0

Jika rehabilitasi akan memasukkan penambahan bahan beton yang diikatkan, maka nilai faktor J yang lebih rendah dapat digunakan. Untuk perkerasan, CRCP gunakan $J = 2,2$ sampai $2,6$ bagi pelapisan ulang, dengan menganggap bahwa semua *working cracks* diperbaiki.

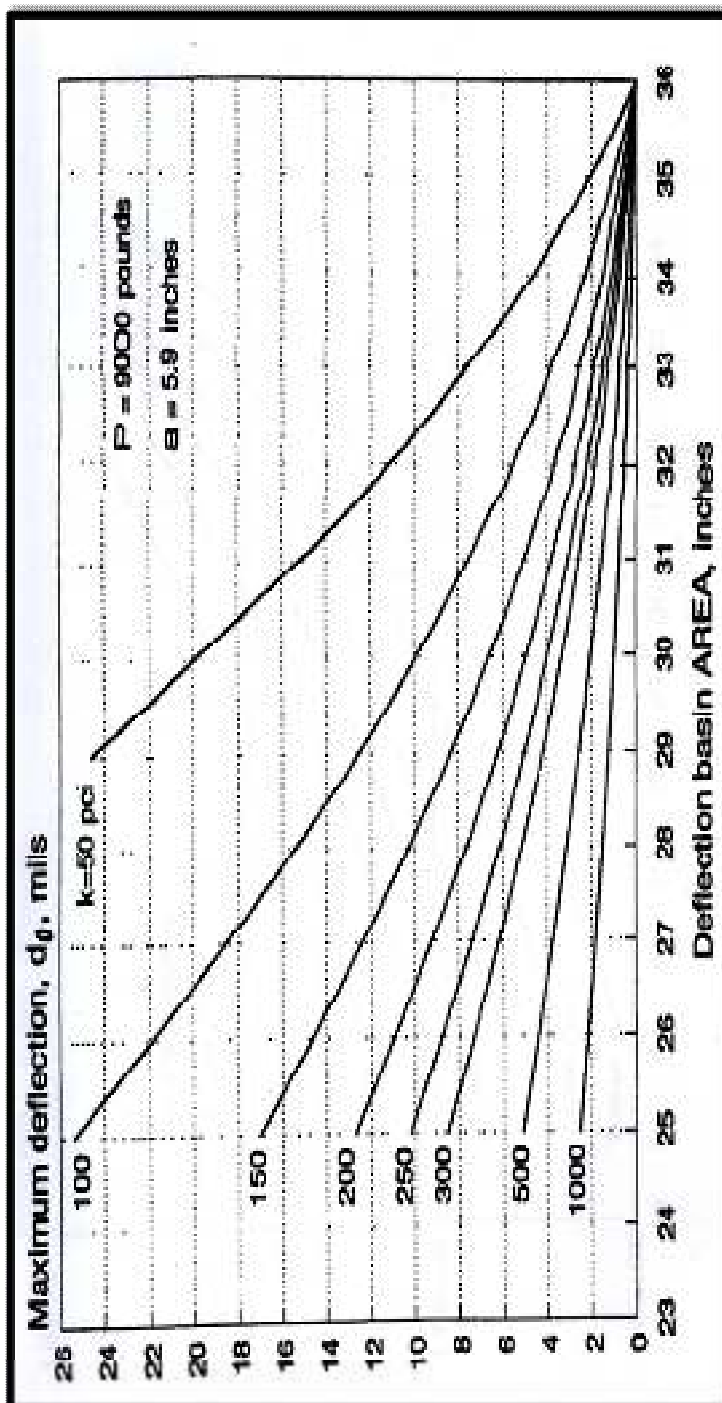
Langkah 5. Pengujian bor inti dan bahan

Modulus of rupture (S_c). Pengujian bor inti dengan melakukan pengambilan benda uji dengan *core drill* 6" dari bagian tengah pelat dan kemudian diuji kuat tarik tidak langsung (ASTM C 496). *Modulus of rupture*, dihitung dengan rumus berikut :

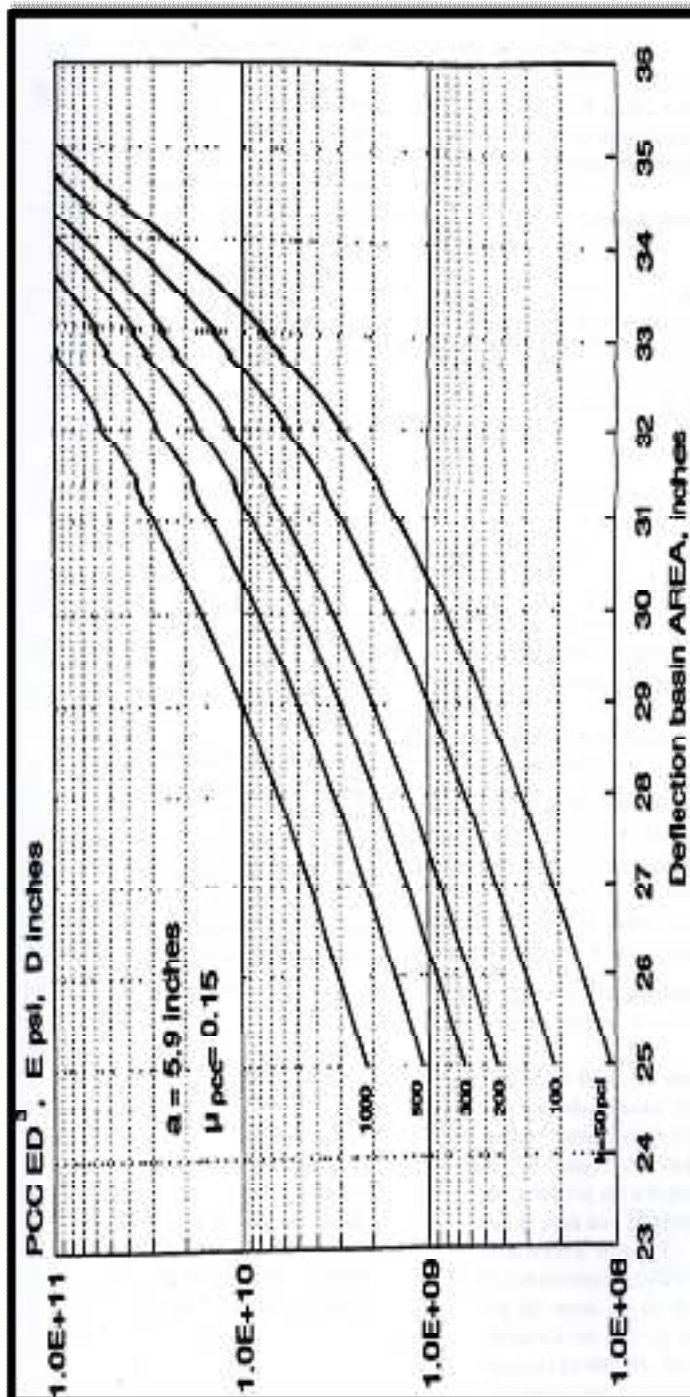
$$S_c = 210 + 1,021 T$$

Dengan :

- S_c = *modulus of rupture*, (psi)
- IT = kuat tarik tak langsung (dari *coring* diameter 6 in), (psi)



Gambar 3. 1 Grafik penentuan nilai "k" dinamis



Gambar 3. 2 Grafik penentuan nilai E beton

Langkah 6. Perhitungan tebal pelat untuk melayani lalu lintas dimasa datang sesuai umur rencana (D_i)

- 1) Tentukan nilai efektif statis “k”, dari langkah sebelumnya atau dengan menggunakan pengujian *plate bearing*, ataupun dari data tanah dan tipe subbase yang ada
- 2) Loss PSI (PSI saat jalan baru dibuka sampai PSI dimana rehabilitasi diperlukan)
- 3) J, faktor penyaluran beban, yang didapat dari perhitungan sebelumnya
- 4) Tentukan *modulus of rupture* dari beton,
 - a) Melalui hasil pengujian *indirect tensile strength* pada contoh yang diambil melalui *coring* dengan diameter 6”, atau
 - b) Dari hasil perhitungan *back calculation* sewaktu mencari modulus beton, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$S_c = 43,5 (10^{-6} E) + 488,5$$

Dengan :

S_c = *Modulus of rupture*, psi

E = *Modulus elastis pelat*, psi

Untuk perkerasan beton menerus dengan tulangan, nilai S_c bisa dihitung dari nilai yang didapat pada *back calculation* E

- 5) Loss of support
- 6) R. design reliability
- 7) S_o , *Overall Standard deviation* untuk perkerasan beton
- 8) Kondisi Subdrain dari perkerasan lama . Pada pemilihan nilai C_d , subdrain yang jelek pada model AASHTO ditunjukkan dengan nilai $C_d = 1$.
- 9) Hitung D_i dengan menggunakan nomograph untuk perhitungan tebal perkerasan kaku atau menggunakan persamaannya, seperti dapat dilihat pada gambar 3.3.

D_{eff} dari survai kondisi pada perkerasan beton yang lama

Tebal efektif perkerasan lama dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$D_{eff} = F_{jc} * F_{dur} * F_{fat} * D$$

Dengan :

- F_{jc} = Faktor penyesuaian untuk *joint* dan *crack*
 F_{dur} = Faktor penyesuaian untuk masalah durability
 F_{fat} = Faktor penyesuaian untuk *fatigue*

F_{jc} : Faktor penyesuaian sambungan dan retak, faktor ini merupakan penyesuaian akibat penambahan kehilangan PSI yang diakibatkan oleh retak refleksi pada lapisan ulang akibat dari kerusakan sambungan, retak, dan diskontinuitas pada perkerasan beton lama yang tidak diperbaiki. Sambungan yang rusak atau retak akan cepat menimbulkan retak refleksi pada lapisan aspal beton. Oleh karena itu, disarankan bahwa semua kerusakan sambungan dan retak, dan setiap diskontinuitas pada perkerasan beton yang ada diperbaiki dengan cara *full depth* dan diberi dowel atau perbaikan perkerasan beton dengan ikatan sebelum pelapisan ulang, sehingga nilai $F_{jc} = 1,0$.

Jika tidak memungkinkan untuk memperbaiki semua kerusakan, maka informasi berikut ini diperlukan untuk menentukan nilai F_{jc} , guna menambah tebal lapisan ulang akibat ekstra loss PSI.

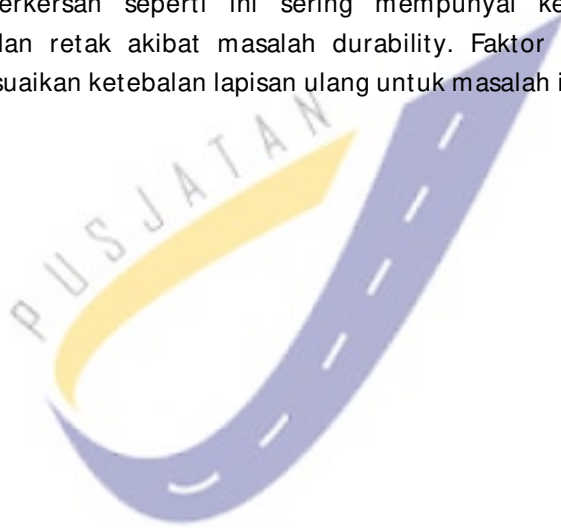
Perkerasan yang tidak mengalami retak “D” atau kerusakan akibat agregat reaktif :

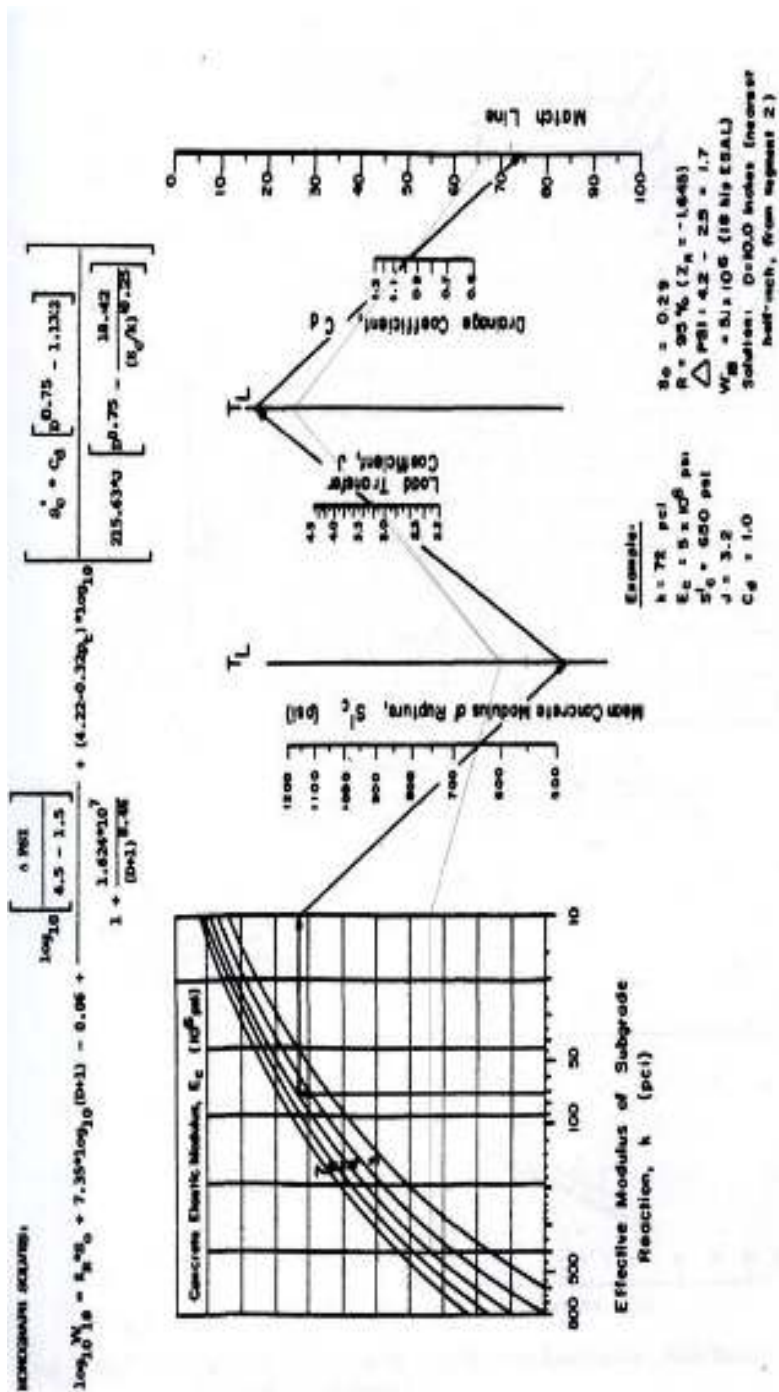
- Jumlah kerusakan sambungan yang tidak diperbaiki / mile
- Jumlah kerusakan retak yang tidak diperbaiki / mile
- Jumlah *punchout* yang tidak diperbaiki / mile
- Jumlah sambungan muai, kecuali sambungan lebar (lebih lebar dari 1 in), dan perbaikan *full depth*, tambalan dengan lebar lajur penuh / mile

Perlu diingat bahwa retak yang rapat pada CRCP dan JRCP tidak termasuk. Akan tetapi bila retak pada JRCP atau CRCP adalah gompal dan *faulting* yang menyebabkan kemungkinan rusaknya tulangan, maka retak harus dimasukkan kedalam *working crack*. Gompal permukaan pada retak di CRCP bukan merupakan indikasi bahwa retak tersebut termasuk *working crack*. Total jumlah sambungan, *punchout* dan diskontinuitas yang tidak diperbaiki per mile pada lajur rencana digunakan untuk menentukan F_{jc} dari gambar 3.3

3.1.4 Perkerasan Dengan Kerusakan Berupa Retak “D” Atau Agregat Reaktif

Tipe perkerasan seperti ini sering mempunyai kerusakan pada sambungan dan retak akibat masalah durability. Faktor F_{dur} digunakan untuk menyesuaikan ketebalan lapisan ulang untuk masalah ini.





Gambar 3. 3 Perhitungan Tebal dengan Nomograp

Faktor Koreksi Durabilitas (F_{dur}).

Faktor ini untuk mengoreksi atau penyesuaian akibat ekstra loss pada PSI dari pelapisan ulang dimana perkerasan lama mempunyai masalah durability. Dengan menggunakan data survey, F_{dur} ditentukan dengan menggunakan tabel 3.3 sebagai berikut :

Tabel 3.3 Penentuan nilai F_{dur}

1,00	Tidak ada masalah durability pada perkerasan beton
0,96 – 0,99	Ada retak durability, tapi tanpa gompal (<i>spalling</i>)
0,80 – 0,95	Ada retak dan gompal (umumnya tidak direkomendasikan pelapisan dengan bonded bila kondisi nya pada keadaan ini)

Faktor koreksi kerusakan fatigue (F_{fat}).

Penentuan ini dilakukan melalui pengamatan retak melintang (JPCP, JRCP) atau *punchout* (CRCP) yang diakibatkan utamanya oleh beban berulang. Nilai F_{fat} ini didasarkan data hasil survey dan pedoman sebagai sesuai tabel 3.4 berikut :

Tabel 3.4 Penentuan nilai F_{fat}

0,97 – 1,00	Ada beberapa retak melintang / <i>punchout</i> (bukan disebabkan oleh retak “D” atau agregat reaktif)
JPCP	< 5 persen pelat retak retak
JRCP	< 25 <i>working crack</i> , per mile
CRCP	< 4 <i>punchout</i> , per mile
0,94 – 0, 96	Ada cukup banyak retak melintang / <i>punchout</i> (bukan disebabkan oleh retak “D” atau agregat reaktif)
JPCP	5 – 15 persen pelat retak retak
JRCP	25 – 75 <i>working crack</i> , per mile
CRCP	4 – 12 <i>punchout</i> , per mile
0,90 – 0, 93	Banyak sekali retak melintang / <i>punchout</i> (bukan disebabkan oleh retak “D” atau agregat reaktif)
JPCP	> 15 persen pelat retak retak
JRCP	> 75 <i>working crack</i> , per mile
CRCP	> 2 <i>punchout</i> , per mile

3.1.5 Sambungan

Perkerasan lama : perkerasan beton bersambung tanpa dan atau dengan tulangan (JPCP atau JRCP)

Menurut Metoda perencanaan tebal perkerasan AASHTO 1993, sambungan memanjang dan melintang harus digergaji setebal pelat pelapisan ulang (ditambah 0,5 in) secepat mungkin sebelum terjadi *curling*. Penggergajian yang tidak tepat waktunya akan menimbulkan *debonding* dan retak pada sambungan.

Tidak diperlukan dowel atau penulangan pada sambungan ini. Pada daerah penggergajian, perlu dibuat joint *reservoar* dan dipasang *joint sealant*.

Perkerasan lama yang berupa perkerasan menerus dengan tulangan (CRCP), tidak perlu dilakukan penggergajian untuk sambungan melintang. Sambungan memanjang perlu digergaji seperti pada perkerasan bersambung tanpa atau dengan tulangan (JPCP atau JRCP).

3.1.6 Prosedur Dan Bahan Untuk Bonding

Bonding merupakan hal yang penting pada sistem ini. Beberapa pedoman untuk *bonding* ialah :

1. Permukaan perkerasan lama harus bersih dan kasar, melalui proses mekanik yaitu membuang lapisan tipis di permukaan, tetapi tidak menimbulkan retak. *Cold milling* bisa dilakukan, tetapi umumnya akan menimbulkan kerusakan pada permukaan, sehingga sesudah ini perlu dilakukan *sand blasting* untuk menghilangkan partikel partikel yang lepas.
2. Menggunakan bahan pengikat (*bonding agent*); air, semen dan mortar pasir: air dan *slurry* semen; serta *epoxy* dengan tingkat kekentalan yang rendah (*low viscosity*). Beberapa agensi di bidang jalan tidak merekomendasikan bahan pengikat dari *epoxy*.

3.2 Pelapisan Unbonded JPCP, JRCP, DAN CRCP Pada JPCP, JRCP, CRCP Dan AC/PCC (Komposit)

3.2.1 Kelayakan Dari Penggunaan Sistem Unbonded

Secara umum sistem unbonded perkerasan beton ini bisa diterapkan pada semua kondisi. Sistem ini paling efektif diterapkan pada perkerasan yang telah mengalami kerusakan cukup parah, karena perbaikan sebelum pelapisan ulang bisa dikurangi. Kondisi dimana sistem unbonded ini kurang layak, apabila :

1. Jika kerusakan retak dan *joint spalling* di pelat tidak begitu besar / banyak
2. Ruang bebas vertikal pada jembatan tidak mencukupi bila dilakukan pemasangan ketebalan pelat beton sesuai keperluan.
3. Perkerasan lama rentan terhadap *settlements* yang besar / banyak

Pada pelapisan ulang dengan sistem *unbonded*, beberapa kegiatan utama, adalah sebagai berikut :

1. Perbaikan hanya pada tempat yang mengalami kerusakan parah serta perbaikan subdrain (jika diperlukan)
2. Pelebaran, jika diperlukan
3. Penempatan lapisan pemisah (bisa juga berfungsi sebagai lapisan *leveling*)
4. Penghamparan pelapisan ulang
5. Penggergajian dan pemasangan lapisan pengisi pada sambungan

Perkerasan lama yang akan diberi pelapisan ulang perlu mendapat perbaikan terlebih dahulu.

3.2.2 Perbaikan Sebelum Pelapisan Ulang

Keuntungan utama dari pelapisan dengan sistem *unbonded*, ialah jumlah perbaikan menjadi sangat sedikit. Beberapa jenis kerusakan yang perlu diperbaiki sebelum pelapisan ulang agar tidak terjadi retak refleksi adalah seperti ditunjukkan pada tabel 3.5 berikut ini :

Tabel 3.5 **Penentuan langkah perbaikan yang diperlukan**

Tipe kerusakan	Tipe pelapisan ulang	Perbaikan
<i>Working crack</i>	<ul style="list-style-type: none"> - JPCP atau JRCP - CRCP 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak perlu perbaikan - <i>Full depth</i> dengan dowel jika perbedaan lendutan cukup besar
<i>Punchout</i>	JPCP, JRCP, CRCP	Perbaikan <i>full depth</i>
Gompal di sambungan	<ul style="list-style-type: none"> - JPCP atau JRCP, - CRCP 	<ul style="list-style-type: none"> - Tidak perlu perbaikan - Perbaikan <i>full depth</i> pada sambungan yang rusak berat
<i>Pumping</i>	JPCP, JRCP, CRCP	Perbaikan saluran tepi (jika diperlukan)
<i>Settlement</i>	JPCP, JRCP, CRCP	Diratakan dengan aspal beton
Sambungan / retak di penyaluran beban (yang jelek)	JPCP, JRCP, CRCP	Tidak perlu perbaikan, jika perkerasan mengalami banyak retak atau sambungan dengan penyaluran beban yang jelek, perlu dipertimbangkan lapisan pemisah aspal beton yang tebal.

Bentuk lain dari dari penanganan sebelum pelapisan ulang pada perkerasan yang jelek ialah pemecahan pelat (*break / seat, crack / seat*, atau *rubblizing*) sebelum pemasangan lapisan pemisah. Pemecahan dan pemadatan kembali dimaksudkan untuk mendapatkan daya dukung yang seragam pada pelapisan ulang.

3.2.3 Pencegahan retak refleksi dan langkah perencanaan

Tebal aspal beton 1" sampai 2" sebagai lapis pemisah, dipandang cukup untuk mencegah retak refleksi pada lapisan dengan sistem unbonded. Tetapi tebal ini tidak cukup bila perkerasan lama mempunyai penyaluran beban yang jelek dan perbedaan lendutan yang besar di sambungan atau retakan.

Tebal lapisan ulang *unbonded* biasanya antara 5 in sampai 12 in atau lebih. Umumnya sekitar 10 inci. Langkah – langkah perancangan Jenis kerusakan yang perlu dicatat : JPCP / JRCP

Langkah 1. Identifikasi Perencanaan Dari Perkerasan Lama

1. Tebal pelat
2. Tipe penyaluran beban (dowel, agregat *interlock*, atau CRCP)
3. Tipe bahu (terikat / tidak dengan bahu beton, beton atau lainnya)

Langkah 2. Analisa lalu lintas

1. Jumlah beban lalu lintas kedepan pada lajur rencana selama umur rencana (N_f)

Langkah 3. Survei kondisi jalan

Perkerasan bersambung tanpa atau dengan tulangan (JPCP; JRCP)

1. Jumlah sambungan yang rusak, per mil
2. Jumlah retak melintang per mil
3. Jumlah sambungan muai pada perkerasan lama
4. Keberadaan masalah durability pada perkerasan lama
 - a) "D" cracking : Tingkat rendah (hanya retak); medium (beberapa gompal) dan sangat parah (banyak sekali terjadi gompal)
 - b) Retak akibat agregat yang reaktif: tingkatnya rendah, sedang dan tinggi.
5. Keberadaan *faulting*, *pumping*, retak dan kerusakan tepi

Perkerasan beton menerus dengan tulangan CRCP:

1. Jumlah *punchout*, per mil
2. Jumlah retak melintang per mil
3. Jumlah sambungan muai pada perkerasan lama
4. Jumlah perbaikan yang lama dan baru sebelum pelapisan ulang
5. Masalah durability
 - a. D cracking : tingkat rendah, sedang dan tinggi
 - b. Retak akibat agregat reaktif: tingkat rendah, sedang dan tinggi
6. *Pumping*

Langkah 4. Pengujian Lendutan

Pengujian ini, bisa dilakukan dengan FWD dengan jarak titik pengukuran antara 100 – 1000 ft (30 – 300 meter)

Dari pengujian ini bisa didapat nilai “k”: dan modulus elastis beton, dengan menggunakan Gambar 3.4. Perhitungan AREA didapat melalui rumus sebagai berikut :

$$AREA = 6 * \left[1 + 2 \left(\frac{d_{12}}{d_0} \right) + 2 \left(\frac{d_{24}}{d_0} \right) + \left(\frac{d_{36}}{d_0} \right) \right]$$

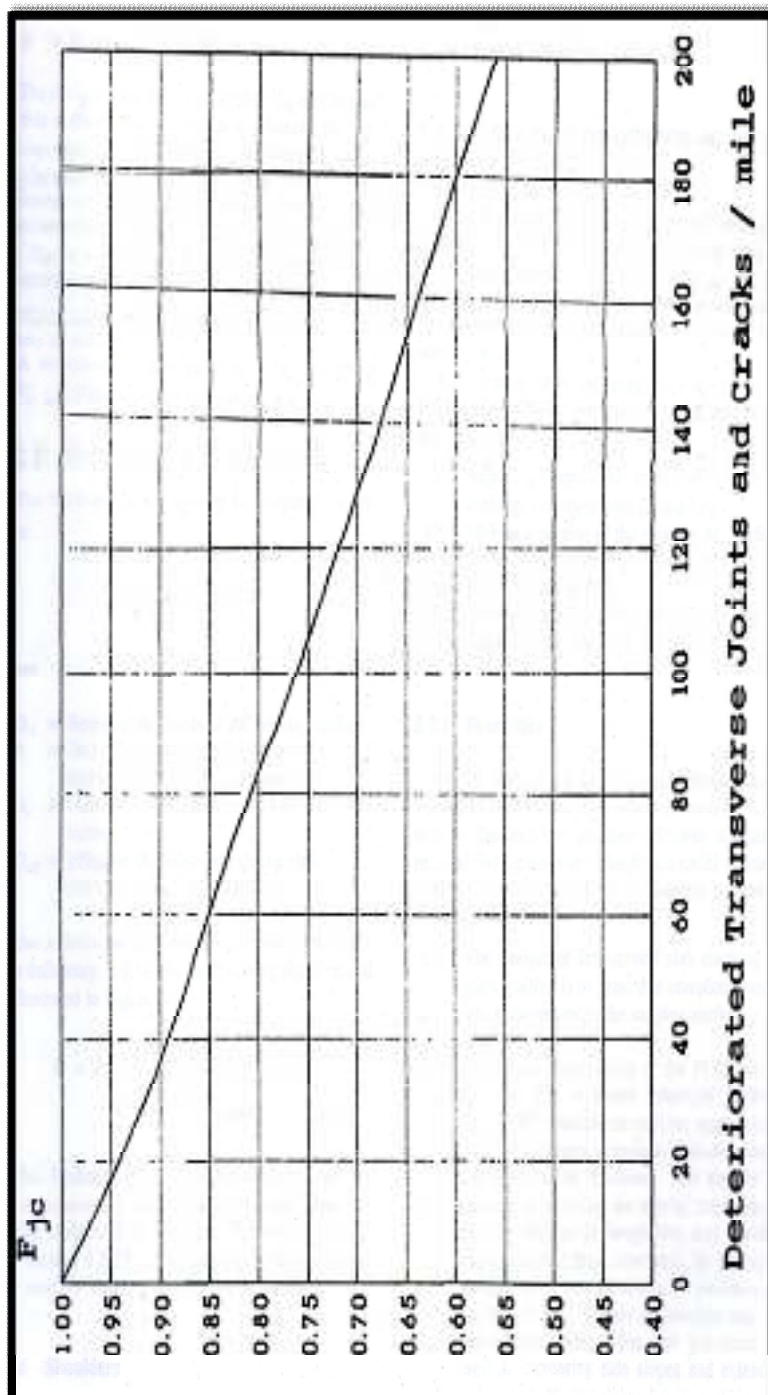
Dengan

d_0 = lendutan di pusat beban, (in)

d_i = lendutan pada 12, 24, dan 36 in dari pusat beban, (in)

Umumnya AREA berkisar antara 29 - 32

Nilai Efektif dinamis “k”. Dengan menggunakan Gambar 3.4 dengan nilai d_0 dan AREA didapat nilai “k” dibagian bawah pelat untuk pelat dengan ukuran jari – jari 5,9 in dan beban 9000 pounds. Untuk beban sekitar 2000 pounds, lendutannya bisa dihitung secara linier thd lendutan dengan beban 9000 pounds.



Gambar 3. 4 Grafik penentuan nilai F_{jc}

Nilai “k” efektif statis

Nilai “k” efektif statis = nilai “k” efektif dinamis/2

Nilai “k” efektif statis mungkin perlu disesuaikan terhadap pengaruh musim. Akan tetapi walaupun nilai “k” bisa berubah dengan sangat drastis, hanya akan memberikan pengaruh yang kecil terhadap tebal pelapisan ulang.

Langkah 5. Coring Dan Pengujian Bahan

Dalam perencanaan *unbonded* pada perkerasan lama JPCP; JRCP atau CRCP, coring dan pengujian bahan tidak diperlukan untuk penentuan tebal lapis tambah. Bila perencanaan pada lapisan AC/PCC perkerasan lama, maka perlu dilakukan coring untuk mengetahui modulus aspal betonnya.

Langkah 6. Perhitungan Tebal Pelat Untuk Kedepan Sesuai Beban Rencana.

- 1) Tentukan nilai efektif statis “k”, dari langkah sebelumnya atau dengan menggunakan pengujian plate bearing, ataupun dari data tanah dan tipe subbase yang ada
- 2) Loss PSI (PSI saat jalan baru dibuka sampai PSI dimana rehabilitasi diperlukan) dari lapis ulang *unbonded*
- 3) J, faktor penyaluran beban, yang didapat dari perencanaan sambungan *unbonded* perkerasan ulang
- 4) Tentukan *modulus of rupture* dari beton pelapisan ulang *unbonded*,
- 5) *Modulus Elastisitas* dari pelapisan ulang *unbonded*
- 6) Kehilangan daya dukung, gunakan $LS = 0$ untuk lapis ulang *unbonded*
- 7) R. *Overlay design reliability*
- 8) S_o , *Overall Standard deviation* untuk perkerasan beton
- 9) Kondisi *Subdrain* dari perkerasan lama, Pada pemilihan nilai C_d , subdrain yang jelek pada model AASHTO ditunjukkan dengan nilai $C_d = 1$.
- 10) Hitung D_f dengan menggunakan nomograph untuk perhitungan tebal perkerasan kaku atau dari persamaannya yang dapat dilihat dari grafik.

Langkah 7. Penentuan Tebal Efektif Pelat Perkerasan Lama (D_{eff})

D_{eff} dihitung berdasarkan hasil dari survai kondisi yang dilakukan, dengan cara sebagai berikut :

$$D_{eff} = F_{jcu} * D$$

Dengan :

D = tebal pelat perkerasan lama, (maksimum 10 inci untuk unbonded, walaupun tebal pelat yang lama lebih dari 10 inci)

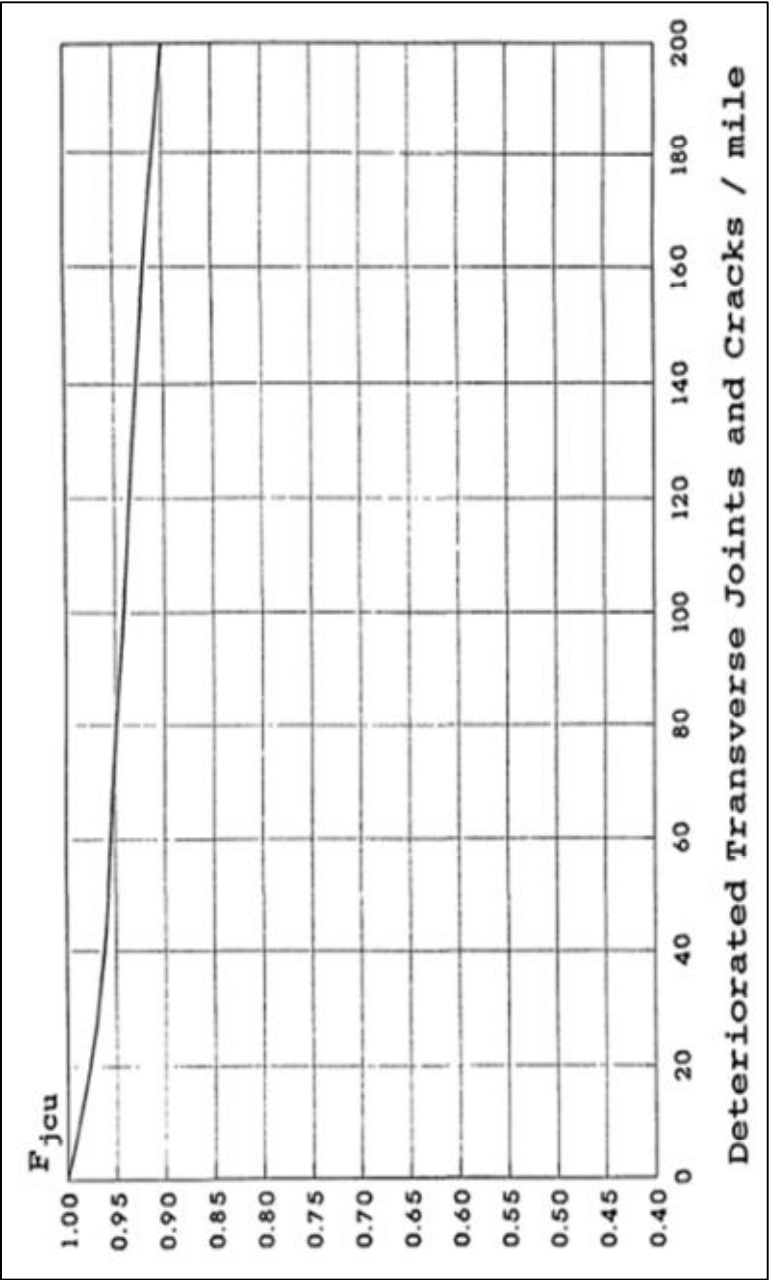
F_{jcu} = faktor penyesuaian sambungan dan retak untuk pelapisan ulang unbonded

Yang perlu diperhatikan ialah, **tebal lapisan aspal beton yang ada pada perkerasan lama, diabaikan dalam perhitungan ini serta F_{dur} dan F_{fat} tidak diperlukan disini**, karena dari pengamatan lapangan, kondisi perkerasan lama tidak begitu berpengaruh pada lapisan diatasnya pada sistem unbonded ini. F_{jcu} dapat ditentukan dari gambar 3.5

Data yang diperlukan untuk perhitungan F_{jcu} , ialah :

1. Jumlah kerusakan sambungan yang tidak diperbaiki/ mil
2. Jumlah kerusakan retak yang tidak diperbaiki/ mil
3. Jumlah sambungan muai/ mil

Total jumlah kerusakan yang tidak diperbaiki (sambungan/retak) dan atau diskontinuitas lainnya/ mil dipergunakan untuk menentukan faktor F_{jcu} .



Gambar 3. 5 Grafik penentuan nilai F_{jcu}

Langkah 8. Penentuan Tebal Pelapisan Ulang

Tebal pelapisan ulang didapat dari rumus dibawah ini:

$$D_{ol} = (D_f^2 - D_{eff}^2)^{0,5}$$

Dengan

D_{ol} = Tebal pelapisan ulang beton unbonded, (in)

D_f = Tebal pelat untuk memikul beban ke depan, (in)

D_{eff} = Tebal efektif dari pelat lama, (in)

3.2.4 Sambungan

Sambungan melintang dan memanjang harus dibuat seperti pada perkerasan baru, kecuali jarak sambungan melintang pada pelapisan ulang JPCP. Karena kekakuan dari lapisan bawah pelat yang sangat besar dapat dikatakan tidak biasa dibanding perkerasan baru pada umumnya, maka jarak sambungan dibatasi untuk mengontrol tegangan *curling* akibat termal :

Jarak sambungan maksimum (feet) = 1,75 kali dari tebal pelat (in).

Jarak maksimum tersebut perlu dipertimbangkan lagi, untuk tebal pelat lebih dari 7 in, yaitu hanya sebesar 4,6 meter.

3.2.5 Pemisah Antar Lapisan

Pemisah lapisan antara perkerasan beton lama dan pelapisan ulang beton dibutuhkan pada sistem *unbonded* ini, untuk mengamankan lapisan ulang dari retak atau kerusakan lainnya yang terjadi pada perkerasan lamanya. Lapisan pemisah yang umum dipergunakan dan memberikan hasil yang baik adalah lapisan aspal beton dengan ketebalan 1". Jika diperlukan untuk *leveling*, maka lapisan aspal beton tersebut dapat dipergunakan. Lapisan tipis lainnya yang telah dipergunakan sebagai *bondbreaker* tidak memberikan hasil yang memuaskan. Bahan tipis lainnya yang memberikan hasil yang baik termasuk *surface treatment*, *slurry seal*, dan lapisan aspal yang ditutup lapisan pasir (*sand cover*) untuk perkerasan lama yang tidak mengalami *faulting* atau pecah yang tidak banyak. Pertimbangan khusus masalah erosi pada perkerasan yang melayani beban lalu lintas yang berat harus diberikan untuk bahan lapisan pemisah ini. Lapisan *surface treatment* yang tipis akan mengalami erosi yang lebih cepat dibanding lapisan aspal beton. Tidak ada alasan untuk tidak menggunakan lapisan beraspal yang

bersifat *permeable–open graded*, yang dilengkapi dengan sistem drainase yang akan menampung air dari lapisan ini. Tipe lapisan ini, memberikan hasil yang baik sebagai pencegah retak refleksi sekaligus mencegah *pumping* dan erosi dari lapisan interlayer itu sendiri.

Tabel 3.6 Nilai koefisien termal perkerasan beton berdasarkan jenis agregat yang disarankan

Jenis agregat kasar	Koefisien termal beton (10 ⁻⁶ / F)
Kuarsa	6,6
<i>Sandstone</i>	6,5
Koral (<i>Gravel</i>)	6,0
Granit	5,3
Basal	4,8
Batu kapur	3,8

Sumber : Sumber (AASHTO *guide for design of pavement structure*, 1993)

3.2.6 Penulangan

Pelapisan ulang Unbonded JRCP dan CRCP harus mempunyai tulangan yang cukup untuk memegang retakan. Perhitungan tulangan sama dengan perhitungan tulangan perencanaan jalan baru, kecuali faktor gesek (*friction*) harus diambil lebih besar, bila bersinggungan dengan lapisan aspal, di mana ikatan antara aspal dan lapisan beton cukup tinggi. Koefisien gesek antara beton dengan lapisan di bawahnya, ditunjukkan pada tabel 3.7

Tabel 3.7 Nilai koefisien gesek yang disarankan

Jenis bahan dibawah pelat beton	Faktor gesek (Fr)
<i>Surface treatment</i>	2,2
Stabilisasi kapur	1,8
Stabilisasi aspal	1,8
Stabilisasi semen	1,8
Koral sungai	1,5
Batu pecah	1,5
Pasir	1,2
Tanah dasar asli	0,9

Sumber (AASHTO *guide for design of pavement structure*, 1993)

4

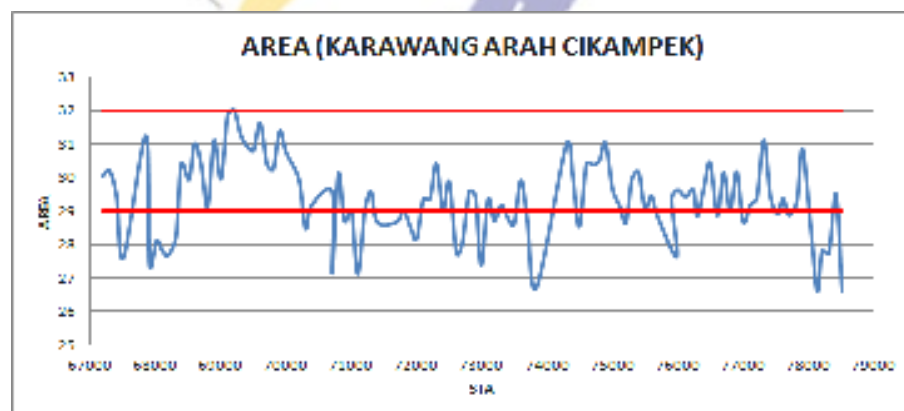
EVALUASI KEKUATAN DAN MODULUS BETON

Evaluasi kekuatan dan modulus beton ini, dilakukan untuk melihat perbandingan antara hasil pengujian lapangan yang tidak merusak dan dengan pengujian langsung yang sifatnya merusak, misalnya dari hasil pengujian benda uji dengan cara *core drill*. Pengujian lapangan yang bersifat tidak merusak dilakukan melalui pengujian FWD pada daerah yang tidak mengalami retak, sedangkan pengujian yang bersifat merusak dilakukan dengan mengambil contoh *core drill* yang selanjutnya diuji langsung di laboratorium. Titik pengujian FWD dan pengambilan contoh benda uji diusahakan sedekat mungkin (diusahakan pada titik yang sama).

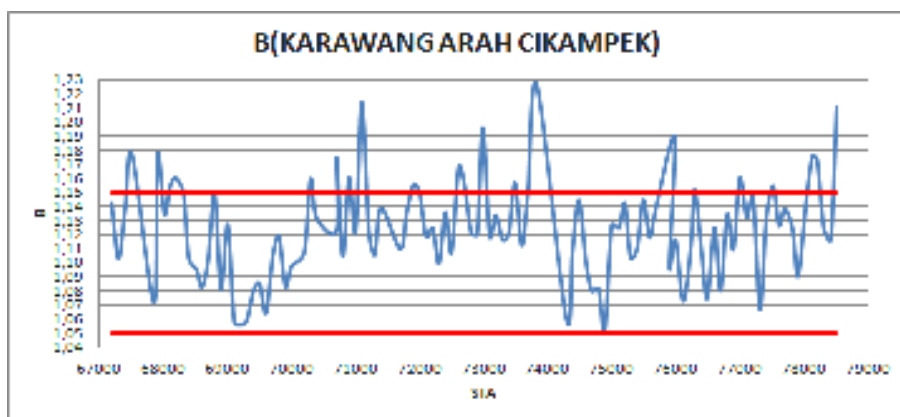
Evaluasi kekuatan beton dari hasil pengujian FWD dilakukan melalui hasil perekaman di titik - titik sensor dari FWD tersebut, yang selanjutnya dengan nilai “*deflection basin AREA*” dan lendutan maksimum dibawah beban pelat FWD, dapat dicari besarnya ED3, diketahui tebal pelat, maka akan didapat nilai modulus (E) dari pelat beton tersebut, kuat tekan dari hasil pengujian.

4.1 Pengujian Lapangan di Karawang

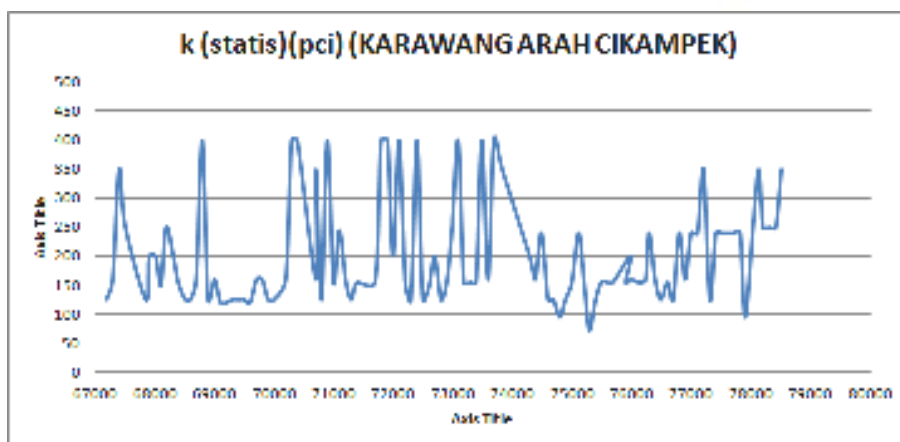
Tabel 4. 1 Pengujian FW D di Karawang arah Cikampek

[illegible]

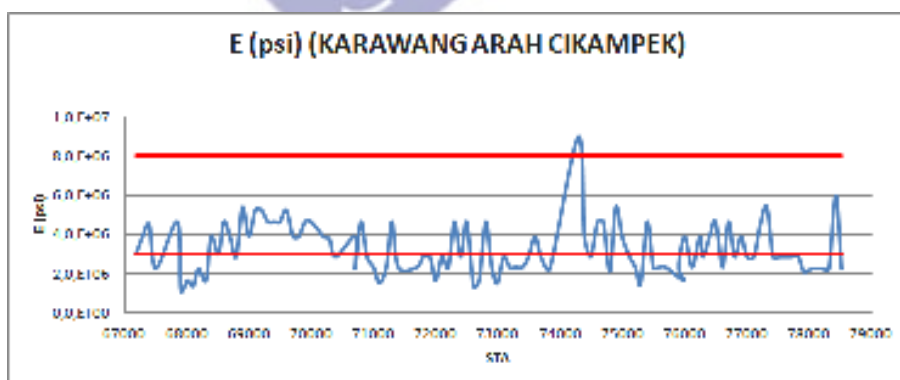
Gambar 4. 1 **Grafik Nilai AREA Karawang arah Cikampek**



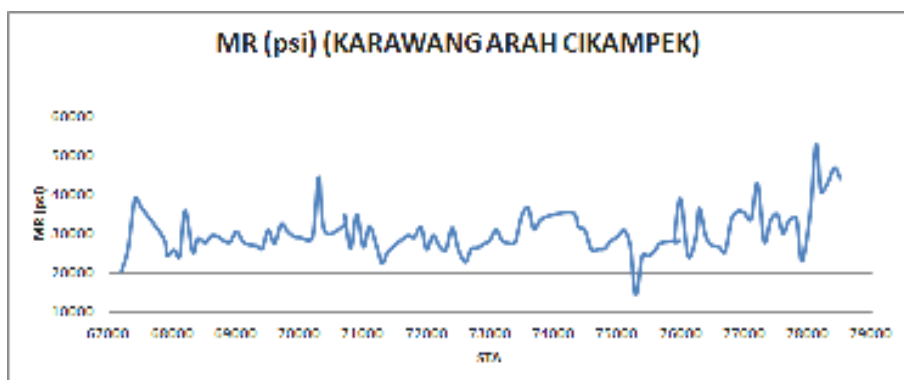
Gambar 4. 2 Grafik Nilai B Karawang arah Cikampek



Gambar 4. 3 Grafik Nilai k statis Karawang arah Cikampek



Gambar 4. 4 Grafik Nilai E (psi) Karawang arah Cikampek



Gambar 4. 5 Nilai M R (psi) Karawang arah Cikampek

Tabel 4. 2 Hasil Coredrill dan FWD

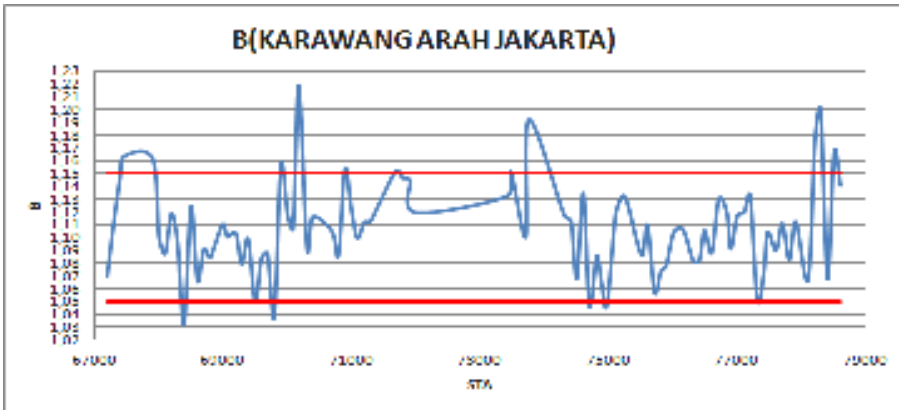
Arah Cikampek	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Ec (psi)	Ef (psi)
Kode Titik			
CKP.72+299.SLAB 57	284,715	3,45E+06	4,66E+06
CKP.74+996.SLAB 162	290,751	3,48E+06	3,83E+06
CKP.68+390.SLAB 74	323,057	3,67E+06	3,91E+06
CKP.70+296.SLAB 57	227,781	3,08E+06	2,85E+06
CKP.77+698.SLAB 135	268,033	3,34E+06	2,85E+06

Tabel 4. 3 Pengujian FWD di Karawang arah Jakarta

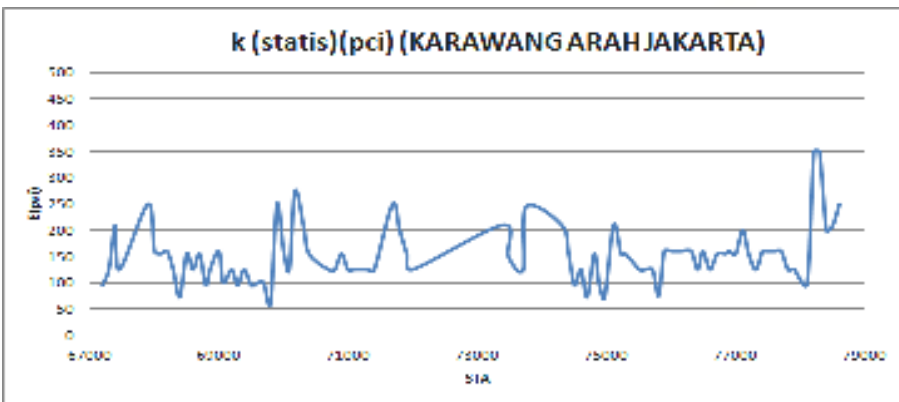
DATA PENGUJIAN													
NO. LALAY	NO. STASI	KELOMPOK	ALAS	KELOMPOK	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1	1	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	2	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	3	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	6	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	7	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	9	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	10	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	12	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	13	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	14	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15	15	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
17	17	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18	18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19	19	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
21	21	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
22	22	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
23	23	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
24	24	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
25	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
26	26	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
27	27	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
28	28	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
29	29	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
30	30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
31	31	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
32	32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
33	33	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
34	34	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
35	35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
36	36	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
37	37	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
38	38	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
39	39	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
40	40	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
41	41	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
42	42	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
43	43	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
44	44	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
45	45	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
46	46	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
47	47	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
48	48	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
49	49	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100



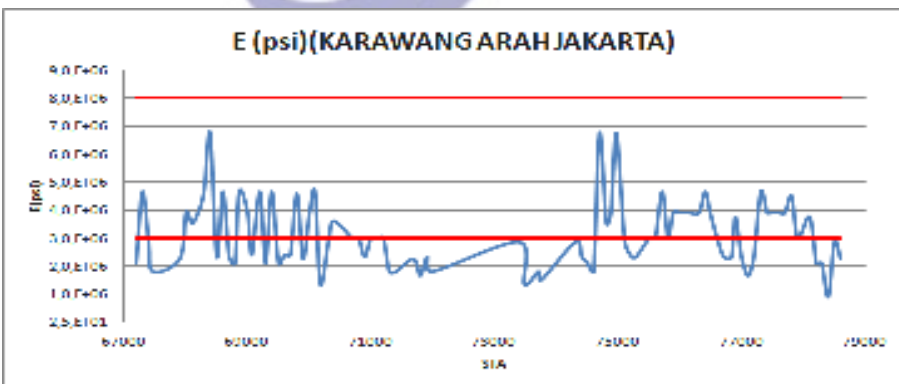
Gambar 4. 6 Grafik Nilai AREA Karawang arah Jakarta



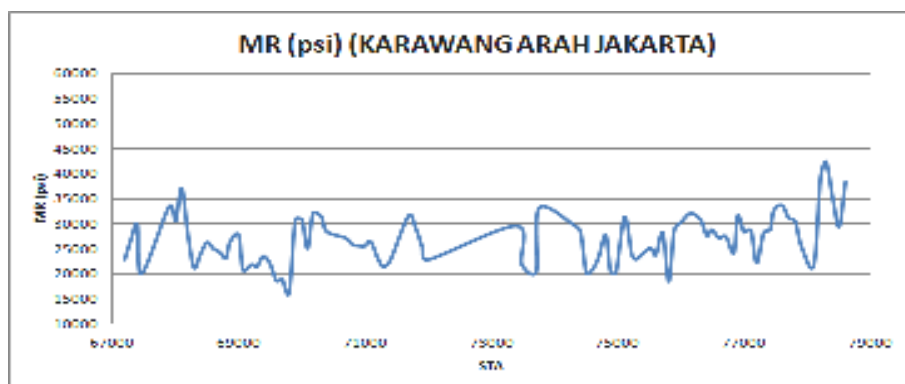
Gambar 4. 7 Grafik Nilai B Karawang arah Jakarta



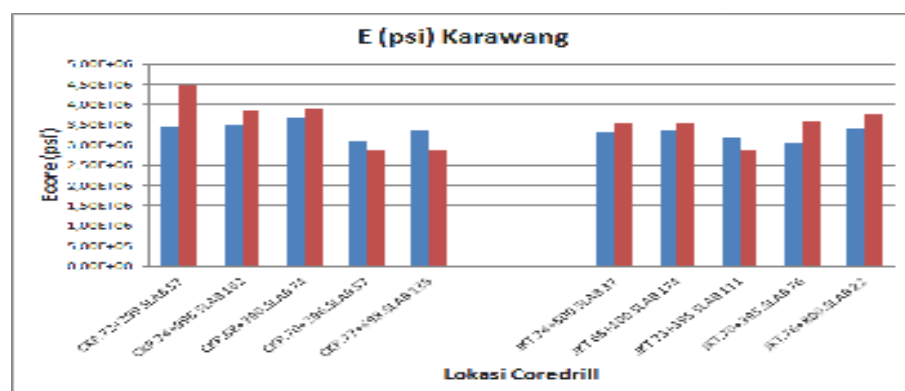
Gambar 4. 8 Grafik Nilai k statis Karawang arah Jakarta



Gambar 4. 9 Grafik Nilai E (psi) Karawang arah Jakarta



Gambar 4. 10 Grafik Nilai MR (psi) Karawang arah Jakarta



Gambar 4. 11 Grafik Nilai E Karawang arah Cikampek dan Jakarta

Tabel 4. 4 Hasil Coredrill dan FWD

Arah Cikampek	Kuat Tekan (kg/cm ²)	Ec (psi)	Ef (psi)
Kode Titik			
JKT.74+800.SLAB 37	263,709	3,32E+06	3,53E+06
JKT.68+100.SLAB 174	272,352	3,37E+06	3,53E+06
JKT.73+395.SLAB 111	241,109	3,17E+06	2,85E+06
JKT.70+395.SLAB 76	224,836	3,06E+06	3,61E+06
JKT.76+800.SLAB 22	278,196	3,41E+06	3,76E+06



Gambar 4. 12 Pengujian lendutan dengan alat FW D





Gambar 4. 13 Pengambilan contoh *coredrill*

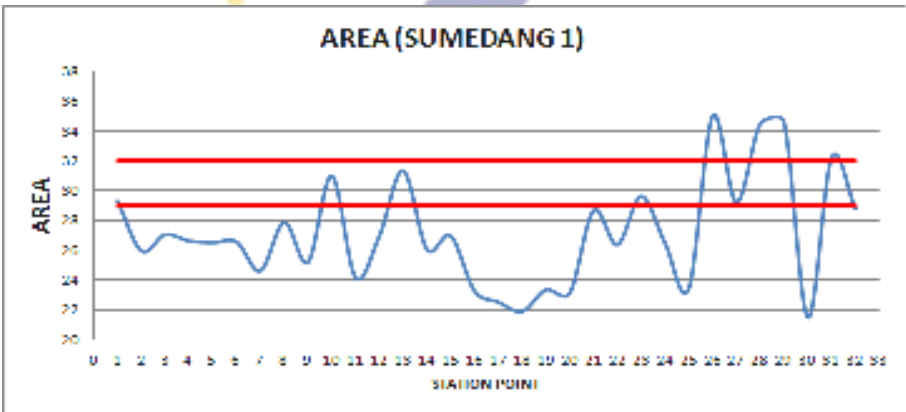
Tabel 4. 5 Tebal Pelat Beton

Kode Titik	Tebal Awal (cm)	Tebal Hasil Pemotongan (cm)
CKP.72+299.SLAB 57	28,448	19,9
CKP.74+996.SLAB 162	27,94	19,87
CKP.68+390.SLAB 74	29,972	19,89
CKP.70+296.SLAB 57	27,94	19,86
CKP.77+698.SLAB 135	26,416	19,87
JKT.74+800.SLAB 37	24,638	74,8
JKT.68+100.SLAB 174	27,178	19,89
JKT.73+395.SLAB 111	27,178	19,86
JKT.70+395.SLAB 76	28,956	19,9
JKT.76+800.SLAB 22	27,686	19,89

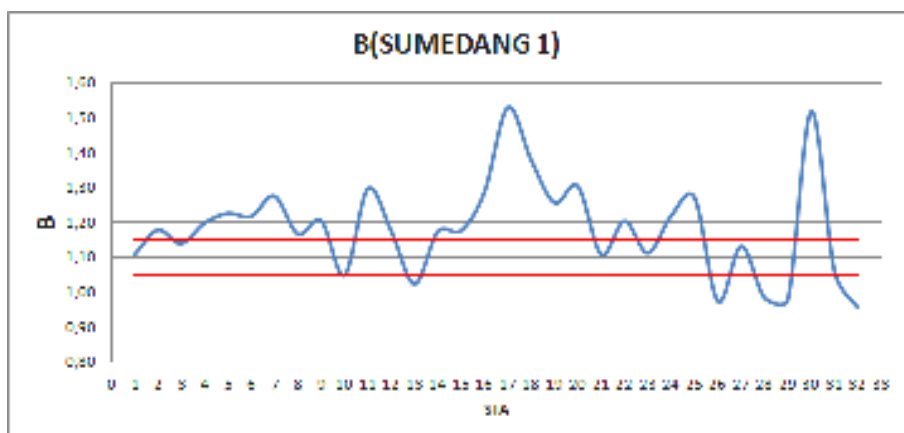
4.2 Pengujian Lapangan di Sumedang 1

Tabel 4. 6 Pengujian FW D di Sumedang arah Sumedang

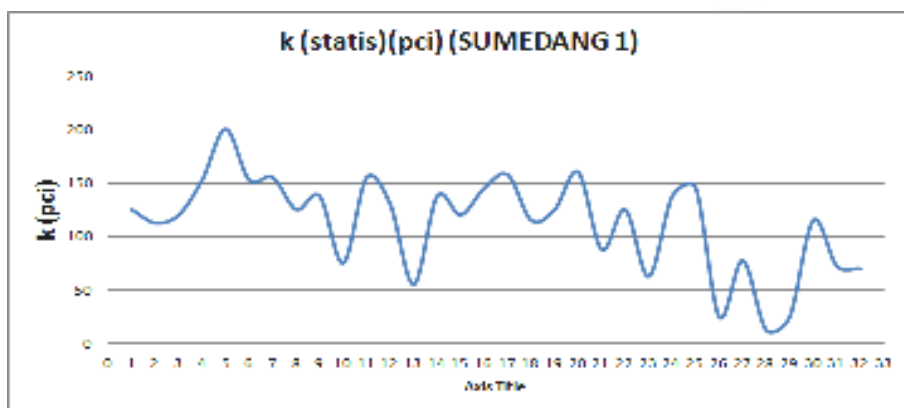
Anal. Quantitas													
Stasiun	Desain	4-lap	5-lap	6-lap	10	1	15	10	1	15	10	1	15
1	2	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
2	3	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
3	4	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
4	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
5	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
6	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
7	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
8	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
9	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
10	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
11	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
12	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
13	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
14	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
15	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
16	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
17	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
18	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
19	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
20	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
21	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
22	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
23	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
24	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
25	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
26	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
27	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
28	12	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
29	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
30	15	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
31	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000
32	24	1.5%	24.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000	23.000



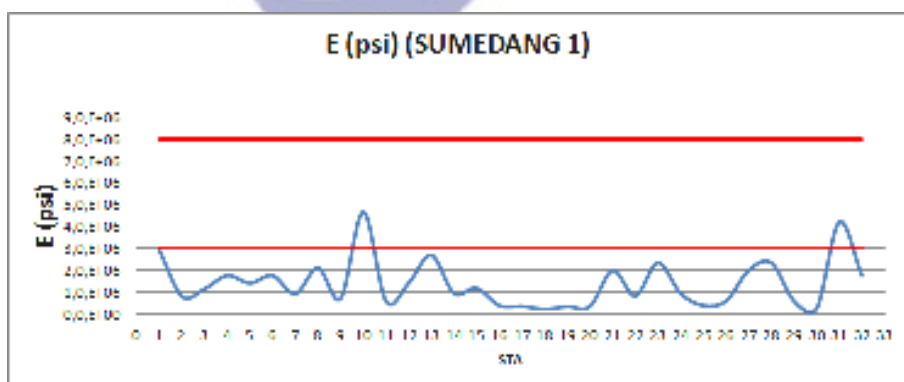
Gambar 4. 14 Grafik Nilai AREA Sumedang arah Sumedang



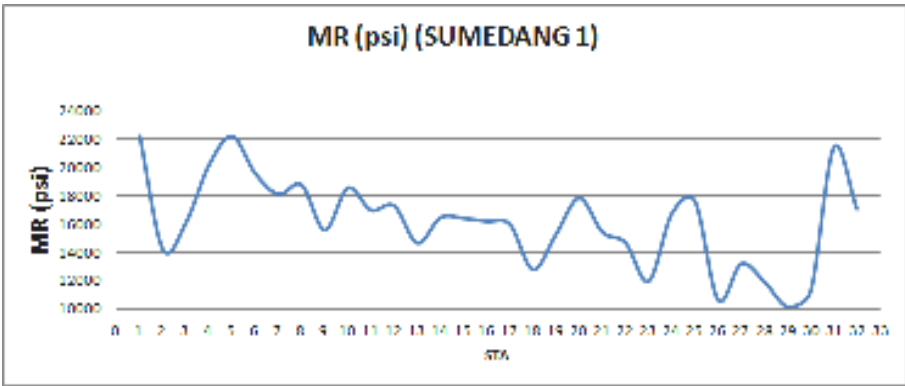
Gambar 4. 15 Grafik Nilai B Sumedang arah Sumedang



Gambar 4. 16 Grafik Nilai k statis Sumedang arah Sumedang



Gambar 4. 17 Grafik Nilai E (psi) Sumedang arah Sumedang



Gambar 4. 18 Grafik Nilai M R (psi) Sumedang arah Sumedang



Gambar 4. 19 Pengujian lendutan dengan alat FWD di Sumedang 1



Gambar 4.20 Kondisi Perkerasan di Sumedang 1

4.3 Pengujian Lapangan di Sumedang 2

Tabel 4. 7 Pengujian FWD di Sumedang 2

Jalan RUMAHPUTRA													
Stasiun	Desain	Kecepatan	Waktu	Frekuensi	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR
1	2	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
2	3	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
3	4	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
4	5	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
5	6	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
6	7	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
7	8	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
Jalan RUMAHPUTRA													
Stasiun	Desain	Kecepatan	Waktu	Frekuensi	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR	IR
1	2	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
2	3	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
3	4	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
4	5	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
5	6	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
6	7	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
7	8	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
8	9	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
9	10	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
10	11	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
11	12	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
12	13	100%	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000

5

KESIMPULAN

1. Peningkatan kekuatan perkerasan beton yang lama, bisa dilakukan dengan melakukan pelapisan ulang lagi dengan lapisan beton.
2. Pelapisan ulang beton diatas beton dapat dilakukan dengan metoda bonded dan unbonded sesuai dengan kondisi perkerasan lama yang ada.
3. Pelapisan ulang dengan sistem bonded, cocok dilakukan untuk kondisi perkerasan lama yang masih termasuk dalam keadaan sangat baik dan baik, dengan melakukan beberapa perbaikan yang diperlukan
4. Pelapisan ulang dengan sistem unbonded, cocok dilakukan untuk perkerasan lama dengan kondisi baik dan sedang, dengan terlebih dahulu melakukan beberapa perbaikan yang diperlukan.
5. Pelapisan ulang dengan sistem bonded, membutuhkan ketebalan lapisan overlay yang lebih tipis dari sistem unbonded.
6. Pada sistem bonded ikatan antara perkerasan lama dan baru harus dibuat sedemikian sehingga mempunyai ikatan yang baik, dan bersifat monolit, melalui teknik pelaksanaan seperti pembersihan permukaan perkerasan lama atau dengan memberikan lapisan perekat terlebih dahulu.

7. Pada sistem unbounded, diperlukan lapisan pemisah antara lapisan perkerasan lama dan baru, yang umumnya terbuat dari lapisan beraspal yang sekaligus bisa berfungsi sebagai lapisan leveling untuk lapisan ulangnya.
8. Perlu diperhatikan teknik sambungan pada pelapisan ulang dengan sistem bonded maupun sistem unbounded, dimana pada sistem bonded sambungan susut pada pelapisan ulang harus sama letaknya dengan sambungan pada sistem unbonded, dan tidak perlu diberi tulangan penyaluran beban (dowel).
9. Sambungan pada sistem unbounded dari pelapisan ulang letaknya tidak perlu sama dengan letak sambungan dari perkerasan lamanya.
10. Pada sistem bonded, jenis agregat yang digunakan harus mempunyai koefisien termal agregat yang sama atau lebih kecil dari koefisien termal agregat perkerasan lamanya.
11. Dari beberapa metoda perhitungan pelapisan ulang, metoda AASHTO memberikan perhitungan yang cukup rinci dengan langkah – langkah yang jelas, dan bisa diikuti sesuai dengan teknik evaluasi perkerasan yang berkembang di Indonesia pada saat ini.
12. Nilai modulus beton dari perkerasan lama yang dihitung melalui pemeriksaan FWD dan evaluasi cara AASHTO, memberikan nilai yang umumnya lebih tinggi sekitar 10 sampai 15% daripada modulus yang didapat dari hasil evaluasi benda uji (core drill) yang diambil dari lapangan.
13. Perlu dipertimbangkan pemilihan penggunaan nilai modulus beton, apakah dari hasil pengujian FWD di lapangan atau dari hasil evaluasi pengujian laboratorium pada contoh core drill, dilihat dari sisi kepraktisan dan tingkat ketepatan evaluasi dikaitkan dengan sisi umur layan perkerasan yang harus dicapai.

DAFTAR PUSTAKA

American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993, Published by American Association of State Highway and Transportation Officials, 444 N Capitol street , N.W ., Suite 249 Washington D C . 2001

American Association of State Highway and Transportation Officials, Supplement to the AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, 1998, ISBN 1-56051-078-1.

Austroad, Guide to pavement technology ; Part 2: Pavement Struktural Design ; February 2010; Published by Austroad Incorporated ; Level 9, Robell House, 287 Elizabeth Street; Sydney NSW 2000 Australia.

Departemen Pekerjaan Umum 2003, Pedoman perencanaan Perkerasan Kaku

Geoffrey Griffiths and Nick Thom. Concrete Pavement Design Guidance Notes. 2007. Published by Taylor and Francis , 2 park square, Milton Park, Oxon OX 14 4 rn

National Concrete Pavement Technology Center “ Guide to concrete overlays “ second edition ; September 2008

The Highways Agency , Design Manual for Roads and Bridges , vol 7, HD 26/01 “Pavement Design “ 2001

Leykauf, G., and D. Birmann (2006). Concrete Pavement with Geotekstil Interlayer in Germany: Measurement and Longterm Behaviour. Proceeding, 10 th International Symposium on Concrete Road . Brussel, Belgium: European Cement Organisation (CEMBUREAU), World Road Association (PIARC), CD – ROM.