

KAJIAN PENGGUNAAN LAPIS PONDASI AGREGAT YANG DISTABILISASI SEMEN

N o n o

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Jl. A.H. Nasution 264 Bandung 40294
E-Mail : sunaryono_nn@yahoo.com
Diterima : 12 Mei 2009; Disetujui : 31 Juli 2009

ABSTRAK

Jalan mempunyai peran yang sangat strategis dalam bidang sosial, ekonomi, budaya dan hankam (integritas nasional), namun untuk memperoleh kinerja perkerasan yang laik atau sesuai dengan tuntutan pengguna jalan adalah cukup sulit dicapai. Salah satunya sebagai akibat kurang-tepatan dalam penggunaan bahan lapis pondasi atau pondasi bawah. Makalah ini membahas tentang penggunaan lapis pondasi, baik lapis pondasi atas maupun lapis pondasi bawah agregat yang distabilisasi semen. Berdasarkan hasil kajian, diperoleh bahwa penggunaan lapis pondasi yang distabilisasi semen memberikan beberapa keuntungan, antara lain memiliki koefisien kekuatan relatif yang lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan nilai struktur. Keuntungan lainnya adalah mengurangi penggunaan material baru sehingga mencegah kerusakan lingkungan.

Kata kunci: *pondasi dan pondasi bawah, agregat, stabilisasi semen, Kerusakan dini, Lapis Pondasi Bersemen*

ABSTRACT

Roads have a strategic role in social, economic, cultural area and National defence and security. However, to provide an adequate performance of pavements as expected by road users is hard to be achieved. One of the problems is caused by inaccurate use of base and sub-base materials. The paper discusses the use of aggregate base and sub-base that stabilized by cement. Based on analysis result, shown that the use of cement-treated base has several advantages, namely, high layer coefficient which can increase service life and more economical. Another advantage is to decrease the use of new aggregate and environmental impact.

Key words: *base and sub-base, aggregate, cement stabilized, early damage, cement treated base*

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu moda yang mempunyai peran yang sangat strategis dalam bidang sosial, ekonomi, budaya dan hankam (integritas nasional). Hal ini terbukti dari kenyataan bahwa jalan melayani 80% - 90% dari seluruh angkutan barang dan orang. Untuk kelancaran perjalanannya, para pengguna jalan menuntut agar jalan yang dilewatinya selalu memberikan kenyamanan dan keselamatan. Namun demikian, jalan mengalami penurunan kondisi sesuai dengan bertambahnya umur sehingga pada suatu saat, jalan tersebut akan mempunyai kondisi yang dipandang mengganggu kelancaran perjalanan. Kinerja perkerasan akan sesuai dengan rencana apabila dalam pemilihan bahan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan, baik untuk lapis permukaan maupun lapis pondasi jalan.

Kinerja perkerasan lentur yang berada pada daerah-daerah yang memiliki muka air tanah relatif tinggi sering mengalami kerusakan dini sehingga tidak dapat diatasi melalui program penanganan pemeliharaan rutin dan periodik. Kerusakan yang terjadi umumnya sebagai akibat lemahnya daya dukung pada bagian bawah konstruksi perkerasan. Permasalahan tersebut dapat dipahami bahwa daerah dengan muka air yang relatif tinggi dapat memperlemah daya dukung tanah dasar dan juga daya dukung lapis pondasi agregat, baik lapis pondasi atas maupun lapis pondasi bawah. Lemahnya daya dukung lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah adalah akibat naiknya butiran halus dari tanah dasar ke lapis pondasi bawah dan bahkan sampai ke lapis pondasi atas. Untuk itu, penggunaan alternatif lapis pondasi selain

agregat (*unbound*) sangatlah diperlukan, baik untuk pondasi jalan baru ataupun untuk memperbaiki pondasi jalan lama dengan daya dukung rendah.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kelebihan lapis pondasi agregat yang distabilisasi semen, baik untuk pondasi jalan baru ataupun untuk memperbaiki lapis pondasi jalan lama dengan daya dukung rendah. Adapun untuk menganalisis kelebihan lapis pondasi dengan stabilisasi semen, ditinjau dari nilai struktur (*structural number*, SN) dan nilai ekonomisnya.

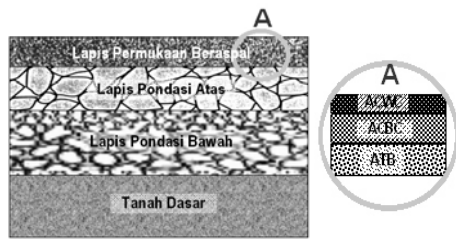
KAJIAN PUSTAKA

Umum

Struktur perkerasan lentur, umumnya terdiri atas lapis pondasi bawah (*subbase course*), lapis pondasi atas (*base course*), dan lapis permukaan (*surface course*). Tipikal susunan lapis perkerasan lentur seperti diperlihatkan pada Gambar 1.

Lapisan pada konstruksi perkerasan memiliki fungsi masing-masing, yaitu:

- Lapis permukaan beraspal berfungsi untuk mengamankan perkerasan dari pengaruh air, mengurangi tegangan dan menahan beban paling tinggi akibat beban lalu-lintas sehingga harus mempunyai kekuatan yang cukup
- Lapis pondasi atas (*base*) berfungsi untuk mendukung lapis permukaan dan mengurangi tegangan serta regangan.
- Lapis pondasi bawah (*subbase*) berfungsi sebagai lantai kerja, menyebarkan beban di atasnya, mengalihkan infiltrasi air dan mengurangi tegangan serta regangan.
- Tanah dasar berfungsi mendukung beban yang didistribusikan melalui lapisan pondasi yang berada di atasnya.



Gambar 1. Tipikal konstruksi perkerasan lentur

Kerusakan dini, diantaranya dapat diakibatkan karena kurang tepatnya dalam pemilihan dan pelaksanaan lapisan beraspal atau karena lemahnya bagian bawah konstruksi perkerasan, seperti lemahnya daya dukung tanah dasar dan kurang baiknya daya dukung lapis pondasi, baik lapis pondasi atas ataupun lapis pondasi bawah.

Pemilihan dan penggunaan lapisan beraspal yang tepat adalah menggunakan bahan (agregat dan aspal) yang sesuai dengan kondisi lingkungan dimana campuran beraspal itu akan dilaksanakan. Hal lain, yang mempengaruhi kinerja campuran atau lapisan beraspal di lapangan adalah tergantung terhadap sifat campuran beraspal pada saat konstruksi. Perubahan sifat campuran beraspal dapat dipengaruhi karena proses densifikasi akibat beban lalu lintas dan kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi kualitas aspal (Giovanni, 2000).

Kerusakan dini akibat lemahnya bagian bawah konstruksi perkerasan dapat disebabkan pengaruh air. Untuk itu, letak permukaan perkerasan dari permukaan tanah di sekitar jalan sangatlah menentukan terhadap kinerja perkerasan.

Letak permukaan perkerasan dari permukaan tanah di sekitar jalan terkait dengan pengaruh air, baik air tanah

maupun air permukaan, terhadap tanah dasar dan lapis perkerasan.

Ditinjau dari letak permukaan air tanah, Overseas Road Note 31 (TRL, 1993) membagi tanah dasar di bawah perkerasan ke dalam tiga kategori sebagai berikut:

1) Kategori 1: tanah dasar dimana muka air tanah cukup tinggi

Untuk kategori ini, letak muka tanah yang mempengaruhi tanah dasar tergantung pada jenis tanah. Untuk tanah dasar tidak plastis (non plastis), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukaannya terletak pada kedalaman kurang dari 1 meter dari permukaan perkerasan; untuk tanah dasar jenis lempung kepasiran ($PI < 20$), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukaannya terletak pada kedalaman kurang dari 3 meter dari permukaan perkerasan; untuk tanah dasar jenis lempung berat ($PI > 40$), air tanah akan mempengaruhi tanah dasar, apabila permukaannya terletak pada kedalaman kurang dari 7 meter dari permukaan perkerasan.

Daerah dimana muka air tanah dipertahankan oleh air hujan mencangkup juga daerah pantai dan daerah banjir dimana muka air tanah dikendalikan oleh air laut, air danau dan air sungai.

2) Kategori 2: tanah dasar dimana muka air tanah dalam (deep) dan curah hujan sangat mempengaruhi kadar air di bawah perkerasan.

Kondisi ini terjadi apabila air hujan melampaui penguapan (*evapotranspiration*) untuk sekurang-kurangnya selama dua bulan dalam satu tahun. Curah hujan pada daerah yang termasuk kategori ini biasanya

- lebih dari 250 mm per tahun dan sering bersifat musiman.
- 3) Kategori 3: tanah dasar di daerah dimana letak muka air tanah tidak tetap berada dekat permukaan tanah serta di daerah dimana cuaca adalah kering di sebagian besar tahun dan curah hujan per tahun adalah 250 mm atau kurang.

Referensi lainnya menyatakan bahwa permukaan air tanah di bawah perkerasan perlu dipertahankan pada kedalaman sekurang-kurangnya 1,2 m (4 ft) dari permukaan tanah dasar (TRL, 1952).

Pt T-01-2002-B (2002) menyatakan bahwa daya dukung lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah agregat (*untreated base dan sub base*) dipengaruhi oleh kondisi drainase dan curah hujan (lihat Tabel 1).

Tulisan ini membahas tentang permasalahan kerusakan dini akibat pondasi jalan yang kurang baik. Cara mengatasinya antara lain menggunakan bahan pondasi yang distabilisasi semen. Berdasarkan beberapa literatur, termasuk spesifikasi khusus dari Balitbang Departemen Pekerjaan Umum, maka terdapat beberapa teknologi bahan lapis pondasi yang memiliki kedekatan yang cukup baik sehingga dapat mengeliminasi pengaruh intrusi air, yaitu:

1. Lapis Pondasi (*Base*) berupa CTB (*Cement Treated Base*); CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) atau CMRFB (*Cold Mix Recycling Foam Bitumen*).
2. Lapis Pondasi Bawah (*Sub-Base*) berupa CTSB (*Cement Treated Sub-Base*) atau CTRSB (*Cement Treated Recycling Sub-Base*).

Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Jalan (a)

Metoda perencanaan perkerasan jalan yang saat ini digunakan dilingkungan Bina Marga adalah metoda perencanaan empiris. Contoh metoda yang digunakan adalah metoda perencanaan perkerasan lentur berdasarkan analisa komponen yang diadopsi dari metoda AASHTO 1993, yaitu Pt T-01-2002-B, 2002. Untuk itu, dalam merancang konstruksi perkerasan yang akan digunakan, kekuatan masing-masing lapisan konstruksi perkerasan harus dikonversikan terhadap bahan standar, sesuai bahan standar yang ditetapkan dalam metoda perencanaan (Pt T-01-2002-B, 2002).

Tabel 1.
Faktor penyesuaian mutu lapis pondasi agregat

Drainase	Faktor penyesuaian mutu lapis pondasi (m) ¹⁾			
	<5% ²⁾	1-5% ²⁾	5-25% ²⁾	>25% ²⁾
o Sangat baik	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
o Baik	1,35-1,25	1,25-1,15	1,15-1,00	1,00
o Sedang	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
o Jelek	1,15-1,05	1,05-0,95	0,80-0,60	0,60
o Sangat jelek	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

¹⁾ SN = a₁D₁+a₂D₂m₂+a₃D₃m₃;

²⁾ Persentase waktu per tahun dimana perkerasan kemungkinan jenuh; tergantung pada curah hujan rata-rata per tahun dan kondisi drainase

Sumber : Pt T-01-2002-B, 2002

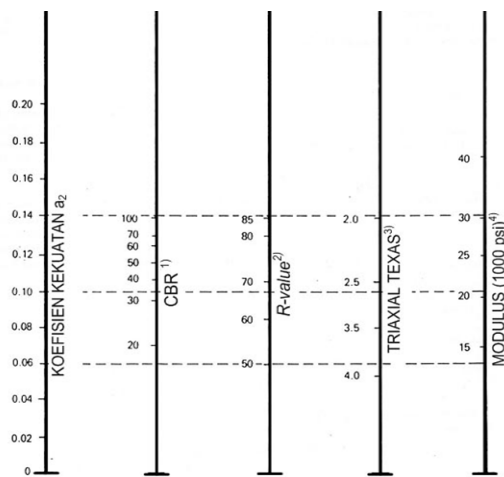
Untuk mengetahui kekuatan setiap jenis lapis pondasi jalan sesuai metoda perencanaan (Pt T-01-2002-B, 2002), harus dilakukan konversi kekuatan setiap jenis lapis pondasi jalan sesuai jenis bahan dan dan fungsinya, yang disebut sebagai “Koefisien Kekuatan Relatif”.

Jenis lapis pondasi jalan dikelompokkan ke dalam 3 kategori, yaitu: lapis pondasi granular (granular base), lapis pondasi bawah granular (granular subbase) dan Lapis Pondasi Bersemen (*cement-treated base*).

Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi atas (a_2) dapat ditentukan dengan menggunakan Rumus 1 atau Gambar 2. Sedangkan Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Bawah (a_3) dapat ditentukan dengan menggunakan Rumus 2 atau Gambar 3. Sedangkan untuk Koefisien Kekuatan Relatif Lapis Pondasi Bersemen, dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 4.

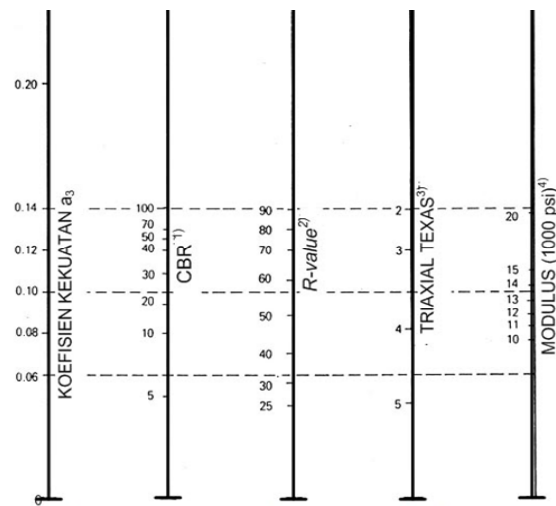
$$a_2 = 0,249 (\log_{10} E_{BS}) - 0,977 \dots\dots (1)$$

$$a_3 = 0,227 (\log_{10} E_{SB}) - 0,839 \dots\dots (2)$$



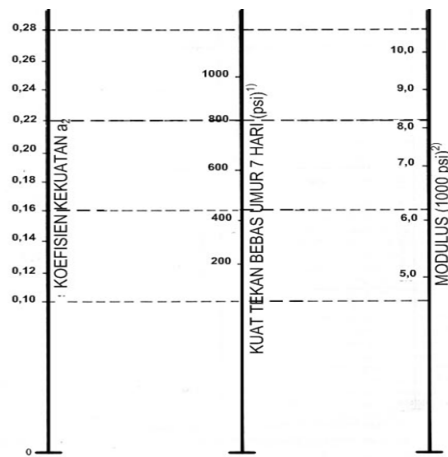
- 1) Skala diturunkan dengan merata-ratakan hubungan yang diperoleh dari Illinois.
- 2) Skala diturunkan dengan merata-ratakan hubungan yang diperoleh dari California, New Mexico dan Wyoming.
- 3) Skala diturunkan dengan merata-ratakan hubungan yang diperoleh dari Texas.
- 4) Skala diturunkan pada Proyek NCHRP.

Gambar 2. Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi granular (a_2)
(Sumber : Pt T-01-2002-B, 2002)



- 1) Skala diturunkan dengan merata-ratakan hubungan yang diperoleh dari Illinois.
- 2) Skala diturunkan dengan merata-ratakan hubungan yang diperoleh dari California, New Mexico dan Wyoming.
- 3) Skala diturunkan dengan merata-ratakan hubungan yang diperoleh dari Texas.
- 4) Skala diturunkan pada Proyek NCHRP.

Gambar 3. Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah granular (a_3)
(Sumber : Pt T-01-2002-B, 2002)



- 1) Skala diturunkan dengan merata ratakan hubungan yang diperoleh dari Illinois, Louisiana dan Texas.
- 2) Skala diturunkan pada Proyek NCHRP.

Gambar 4. Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bersemen
(Sumber : Pt T-01-2002-B, 2002)

Kekuatan lapis pondasi agregat dan lapis pondasi yang distabilisasi

Kekuatan berbagai jenis lapis pondasi agregat dan lapis pondasi yang distabilisasi, yaitu sesuai Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2008, Spesifikasi Khusus *Cement Treated Recycling Base and Subbase (CTRB & CTRSB)* Dicampur di tempat (*Mix in Place*) Tahun 2007 dan Spesifikasi Khusus Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin Lapis Pondasi Dengan *Foam Bitumen (Cold Mix Recycling Base By Foam Bitumen, CMRFB-Base)* Tahun 2007, disajikan pada Tabel 2.

HIPOTESIS

Lapis pondasi agregat yang distabilisasi dengan semen, baik sebagai lapis pondasi atas maupun sebagai lapis pondasi bawah, lebih kedap air dan memiliki nilai struktur lebih tinggi.

METODOLOGI

Untuk mencapai sesuai dengan tujuan dan sasaran, maka kegiatan yang dilakukan adalah mengkaji kekuatan

struktur berbagai jenis lapis pondasi, baik lapis pondasi agregat maupun lapis pondasi agregat yang distabilisasi semen. Di samping itu, mengkaji juga biaya pekerjaan berbagai lapis pondasi. Untuk mengevaluasi biaya pekerjaan, dilakukan survey harga bahan untuk pekerjaan jalan di wilayah Jawa Barat.

Setelah data diperoleh, baik data hasil kajian pustaka dan survey intansional maka selanjutnya dianalisa. Adapun teknik analisis data yang digunakan adalah analisa perbandingan kekuatan untuk berbagai jenis lapis pondasi, biaya konstruksi serta umur pelayanannya.

HASIL DAN ANALISIS

Mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2008, Spesifikasi Khusus tentang *Cement Treated Recycling Base and Subbase (CTRB & CTRSB)* Dicampur di Tempat (*Mix in Place*) Tahun 2007 dan Spesifikasi Khusus tentang Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin Lapis Pondasi Dengan *Foam Bitumen (Cold Mix Recycling Base By Foam Bitumen, CMRFB-Base)* Tahun 2007,

Tabel 2.
Kekuatan lapis pondasi dan pondasi bawah

NO	Jenis pondasi	Kekuatan		
		Kuat Tekan Bebas (UCS) untuk umur 7 hari		CBR (%)
		(kg/cm ²)	(psi)	
I	PONDASI (BASE)			
1	Agregat Kelas A			90
2	<i>CTB (Cement Treated Base)</i>	45	640	
3	<i>CTRB (Cement Treated Recycling Base)</i>	35	500	
4	<i>CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)</i>	70	1000	
II	PONDASI BAWAH (<i>SUBBASE</i>)			
1	Agregat Kelas B			60
2	<i>CTSB (Cement Treated Sub-Base)</i>	40	570	
3	<i>CTRSB (Cement Treated Recycling Sub-Base)</i>	25	360	

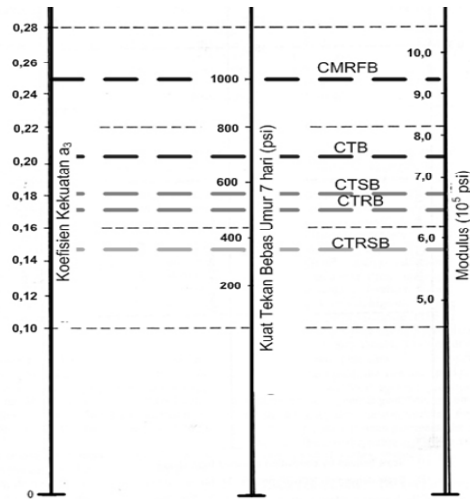
serta Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4, maka diperoleh koefisien kekuatan relatif masing-masing jenis lapis pondasi. Data koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah disajikan pada Tabel 3 dan pada Gambar 5 (khusus untuk lapis pondasi bersemen). Pada

Tabel 3 diperoleh bahwa kekakuan atau modulus lapis pondasi yang distabilisasi semen lebih tinggi dibandingkan modulus lapis pondasi agregat. Dengan modulus yang lebih tinggi maka dihasilkan koefisien kekuatan relatif yang lebih tinggi juga.

Tabel 3.
Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi dan pondasi bawah

NO	Jenis pondasi	Kekuatan			Koefisien kekuatan relatif
		Kuat Tekan*		Modulus (x 1000 psi)	
		(kg/cm ²)	(psi)		
I	PONDASI (BASE)				
1	Agregat Kelas A			90	a ₂ = 0,140
2	CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	45	640	730	a ₂ = 0,200
3	CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	35	500	640	a ₂ = 0,170
4	CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	70	1000	900	a ₂ = 0,250
II	PONDASI BAWAH (<i>SUBBASE</i>)				
1	Agregat Kelas B			60	a ₃ = 0,130
2	CTSB (<i>Cement Treated Sub-Base</i>)	40	570	670	a ₃ = 0,180
3	CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Sub-Base</i>)	25	360	570	a ₃ = 0,145

*) Kuat Tekan Bebas (UCS) untuk umur 7 hari



- 1) Skala diturunkan dengan merata ratakan hubungan yang diperoleh dari Illinois, Louisiana dan Texas.
- 2) Skala diturunkan pada Proyek NCHRP.

Gambar 5. Koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bersemen

Untuk mengevaluasi nilai struktur (*Structural Number*, SN) dan nilai ekonomis biaya konstruksi yang diperlukan untuk lapis pondasi agregat dan lapis pondasi yang distabilisasi semen maka diambil asumsi tebal lapis pondasi 20 cm (8 inci).

Mengacu terhadap data koefisien kekuatan relatif untuk masing-masing jenis lapis pondasi sesuai pada Tabel 3 dan tebal asumsi lapis pondasi sebesar 20 cm maka seperti terlihat pada Tabel 4 nilai struktur lapis pondasi agregat yang distabilisasi semen lebih tinggi. Namun demikian, apabila mengkaji terhadap biaya pekerjaan masing-masing jenis lapis pondasi dengan menggunakan Program Analisa Harga Satuan (PAHS) pekerjaan jalan dari Bina Marga dan harga bahan Tahun 2008 dan yang berlaku di daerah Propinsi Jawa Barat. Hasil kajian menunjukkan harga pekerjaan lapis pondasi yang distabilisasi semen lebih mahal (lihat Table 4).

PEMBAHASAN

Berdasarkan data koefisien kekuatan relatif, data nilai struktur (*Structural Number*, SN) serta rasio biaya pekerjaan pada Tabel 4. Pada Tabel 4 diperoleh bahwa:

- Membandingkan antara koefisien kekuatan relatif lapis pondasi

distabilisasi semen dengan lapis pondasi agregat, baik pondasi atas maupun pondasi bawah, diperoleh bahwa pondasi bersemen memiliki koefisien kekuatan relatif lebih tinggi.

- Dengan acuan biaya dan acuan nilai struktur adalah lapis pondasi agregat, baik untuk lapis pondasi atas maupun lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi atas yang memiliki rasio biaya tertinggi adalah *CMRFB* (2,53), *CTB* (1,63) dan *CTRB* (1,24). Sedangkan untuk lapis pondasi bawah adalah *CTSB* (1,28) dan *CTRSB* (1,25).

Apabila membandingkan antara rasio biaya dan rasio nilai struktur (SN) untuk lapis pondasi agregat yang distabilisasi semen diperoleh rasio biaya lebih tinggi dibandingkan dengan rasio nilai struktur atau kurang ekonomis. Namun apabila memperhatikan keuntungan lainnya, yaitu:

- Lapis pondasi agregat yang distabilisasi semen relatif tidak sensitif terhadap pengaruh air (lihat Tabel 1) sehingga nilai strukturnya relatif stabil pada musim panas atau musim hujan.
- Untuk lapis pondasi *CTRB*, *CMRFB* dan *CTRSB* agregat yang digunakan sebagian besar agregat lama (*existing*), untuk itu mencegah kerusakan lingkungan.

Tabel 4.
Rasio umur pelayanan dan biaya bahan lapis pondasi

NO	Jenis pondasi	Koefisien kekuatan relatif	Structural number (SN)	Rasio	
				SN	BIAYA
I	PONDASI (BASE)				
1	Agregat Kelas A	$a_2 = 0,140$	1,10	1,00	1,00
2	CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	$a_2 = 0,200$	1,57	1,43	1,63
3	CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	$a_2 = 0,170$	1,34	1,21	1,24
4	CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	$a_2 = 0,250$	1,97	1,79	2,53
II	PONDASI BAWAH (SUBBASE)				
1	Agregat Kelas B	$a_3 = 0,130$	1,02	1,00	1,00
2	CTSB (<i>Cement Treated Sub-Base</i>)	$a_3 = 0,180$	1,42	1,38	1,28
3	CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Sub-Base</i>)	$a_3 = 0,145$	1,14	1,12	1,25

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- Koefisien kekuatan relatif pondasi distabilisasi semen, baik pondasi atas maupun pondasi bawah, lebih tinggi dibandingkan dengan koefisien kekuatan relatif lapis pondasi agregat.
- Lapis pondasi atas yang memiliki rasio biaya dan rasio nilai struktur tertinggi berturut-turut adalah CMRFB, CTB dan CTRB. Sedangkan untuk lapis pondasi bawah adalah CTSB dan CTRSB.
- Apabila membandingkan antara rasio biaya dengan rasio nilai struktur (SN) maka untuk seluruh lapis pondasi yang distabilisasi semen, baik untuk lapis pondasi atas maupun untuk lapis pondasi bawah, diperoleh rasio biaya masih lebih tinggi atau kurang ekonomis dari segi biaya.
- Apabila memperhatikan ketahanan terhadap pengaruh air (kondisi drainase dan curah hujan) maka lapis pondasi distabilisasi semen lebih tahan pengaruh air. Khusus untuk lapis

pondasi agregat distabilisasi semen dengan teknologi recycling memiliki nilai tambah karena sebagian besar menggunakan agregat lama (*existing*) sehingga dapat menghemat penggunaan agregat baru.

Saran

Meskipun kinerja lapis pondasi agregat yang stabilisasi semen cukup baik, namun apabila ditinjau dari tingkat kemudahan kerjanya maka untuk pondasi bersemen memerlukan ketelitian dan kedisiplinan yang tinggi, terutama pada pelaksanaan, terutama kehomogenan campuran. Untuk itu, keberhasilan pondasi agregat yang distabilisasi semen tergantung terhadap keberhasilan pada pelaksanaan dan perawatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga, 2008. *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan (Buku V)*, Jakarta: Bina Marga.
- Giovanni Parmeggiani, 2000. *Three Dimensional Asphalt Mix Design*,

- World of Asphalt Pavements 1ST International Conference*. Sydney. Departemen Pekerjaan Umum, 2002: ARRB. *Pedoman Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur*. Pt T-01-2002-B, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 2007. *Spesifikasi Khusus tentang Cement Treated Recycling Base and Subbase (CTRB & CTRSB) Dicampur di Tempat (Mix in Place)*, Bandung: Pusjatan.
- Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, 2007. *Spesifikasi Khusus tentang Daur Ulang Campuran Beraspal Dingin Lapis Pondasi Dengan Foam Bitumen (Cold Mix Recycling Base By Foam Bitumen, CMRFB-Base)*, Bandung: Pusjatan.