

LANGKAH EKONOMIS PERAWATAN JALAN DENGAN DAUR ULANG PERKERASAN ASPAL

Wahju Inggar Fipiana¹

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Borobudur

ABSTRAKSI

Salah satu cara untuk memelihara dan merehabilitasi perkerasan jalan yang rusak akibat keausan, retak bleeding, bergelombang, dan lain-lain yaitu dengan menambah lapisan baru (Overlay) di atas perkerasan lama. Namun, cara ini memiliki kelemahan yaitu ketebalan lapisan jalan menjadi tinggi sekali sehingga mengganggu drainase, ketinggian bahu dan kerb jalan, selain itu juga tidak ekonomis karena memerlukan bahan jalan (agregat dan aspal) yang banyak, sedangkan bahan aspal mulai sulit didapat. Untuk itu timbul gagasan untuk meneliti sejauh mana teknik daur ulang perkerasan aspal, potensial untuk diterapkan pada pemeliharaan jalan, khususnya jalan kota dan jalan propinsi dengan kerusakan campuran aspal.

Metoda penelitiannya adalah melakukan perbandingan 2 jenis gradasi campuran yaitu spesifikasi Bina Marga B (campuran aspal lama ditambah bahan agregat baru sebanyak ± 75 % berat total) dan spesifikasi Fuller (campuran aspal lama ditambah bahan agregat baru sebanyak ± 25 % berat total).

Hasil observasi di laboratorium dan lapangan, sementara dapat disimpulkan bahwa campuran yang ekonomis adalah campuran dengan gradasi menurut Fuller, dimana kebutuhan agregat baru hanya sekitar 25 % dari berat total, sehingga aspal tambahan yang diperlukannyapun sedikit.

Kata Kunci : Daur ulang, gradasi campuran spesifikasi Bina marga B, gradasi campuran spesifikasi Fuller, campuran panas.

ABSTRACT

One method to take care of and rehabilitation damaged road, specially of surface, because of worn-out, crack, bleeding, etc. with overlay on old surface. But this method have a negative value. Surface of road become thick and disturb drainage, shoulder and kerb. Overlay on old surface have not economic value, because need to much material of road (aggregate and asphalt), sufficient material of asphalt is rare. So, I have an idea to study possibility recycling of surface of road used for to take care of and rehabilitation damaged road with damaged of asphalt mixture.

Study to compare two mixed gradation ; specified of Bina Marga B (reclaimed material add to ± 75 % total weight of new aggregate) and specify of Fuller (reclaimed material add to ± 25 % total weight of new aggregate).

From study in laboratory and actual found that specified of Fuller have more economic value, because need to a little material of road (reclaimed material add to ± 25 % total weight of new aggregate).

Key word : Recycling, Reclaimed material, Mixed gradation specified of Bina Marga B, Mixed gradation specified of Fuller, hot mixture.

¹ Dosen Fakultas Teknik Universitas Borobudur, Jakarta

PENDAHULUAN

Teknik Daur Ulang dilaksanakan dengan menggunakan mesin yang menggaruk ketebalan tertentu dari lapis permukaan jalan, menggemburkannya, mencampurnya secara panas ataupun dingin dengan penambahan aspal, agregat dan aspal modifier bila perlu, kemudian menggelarnya di atas jalan lama tanpa menambah tinggi permukaan jalan.

Keuntungan penerapan teknik daur ulang pada pemeliharaan dan rehabilitasi jalan di Indonesia adalah :

- a) Penghematan aspal
- b) Keuntungan dari pemakaian energi. Yang dimaksud energi adalah bahan bakar yang dipakai untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi jalan. Karena ada penurunan jumlah keperluan bahan (aspal dan agregat) baru maka penghematan diperoleh dari :
 - pengangkutan agregat dari sumber agregat ke tempat pemecah batu dan unit pencampur beton aspal (AMP).
 - pengangkutan aspal curah dari pabrik ke AMP.
- c) Terjaganya geometrik jalan yang ada yang terdiri dari :
 - kondisi drainase
 - tinggi trotoar
 - tinggi bahu jalan
 - tinggi median
 - tinggi viaduct jembatan
 - tinggi kerb

¹⁾ Dosen Fakultas Teknik Universitas Borobudur

- d) Tidak diperlukan pekerjaan leveling, karena pada saat pembongkaran (milling) telah terbentuk permukaan yang rata siap untuk diberi lapis ulang.
- e) Bahan bongkaran yang tidak terpakai dapat dimanfaatkan untuk :
 - bahan untuk lapis ulang dengan teknik daur ulang pada lokasi-lokasi lain.
 - Untuk campuran lapisan perkerasan yang bernilai struktur lebih rendah, misal bongkaran lapis atas perkerasan digunakan untuk lapis pondasi atas.
 - Bahan urugan jalan.
- f) Memelihara kelestarian lingkungan dan alam. Dengan konstruksi jalan teknik daur ulang, kebutuhan atau penambahan agregat dapat berkurang, sehingga pengambilan agregat dari gunung dan sungai yang dapat merusak kelestarian lingkungan dan alam dapat dihindari/dikurangi

METODA DAUR ULANG

Ada dua metoda teknik daur ulang dengan sistem pencampuran cara panas yaitu :

- 1) Teknik Daur Ulang di tempat (Inplace)
- 2) Teknik Daur Ulang Plant Mix.

II.1. Teknik Daur Ulang Inplace

Pada teknik daur ulang di tempat, seluruh proses yang terdiri dari pemanasan lapis perkerasan, pembongkaran, penggemburan lapis lama, penambahan bahan baru, pencampuran, penghamparan serta perataan dan pemadatan dilakukan oleh satu unit peralatan yang terdiri dari :

- a) Road preheater
- b) Hot milling
- c) Pug mill mixer
- d) Paver/finisher
- e) Compacting screed
- f) Pemadat roda besi
- g) Pemadat roda ban

II.2. Teknik Daur Ulang Ulang Plant Mix

Pada teknik daur ulang plant mix, material bongkaran jalan lama diangkut ke unit pencampur aspal (AMP). Selanjutnya material bongkaran tersebut dicampur dengan material baru (agregat , aspal dan peremaja bila perlu) secukupnya untuk menghasilkan produk akhir yaitu campuran daur ulang beton aspal. Selanjutnya campuran tersebut dihamparkan di lapangan dan dipadatkan.

Peralatan yang diperlukan pada teknik daur ulang plant mix adalah :

- a) Alat penggaruk (Milling)
- b) Unit pencampur aspal (AMP). Tipe continuous plant dengan modifikasi dryer drum, lebih sesuai untuk pencampuran dengan daur ulang dari pada tipe batch plant.
- c) Alat penghampar/finisher
- d) Alat pemadat (pemadat roda besi dan roda karet)
- e) Dump truck

METODA PENELITIAN DAUR ULANG PERKERASAN ASPAL

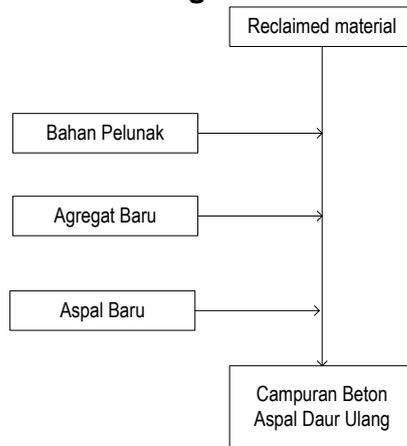
Dalam upaya memanfaatkan kembali bahan perkerasan lama telah dilakukan penelitian daur ulang beton aspal campuran panas dengan dua alternatif gradasi campuran , yaitu :

- 1) Gradasi campuran spesifikasi Bina Marga B, yaitu campuran beton aspal lama ditambah bahan agregat baru sebanyak ± 75 % berat total.
- 2) Gradasi campuran spesifikasi Fuller, yaitu campuran beton aspal lama ditambah bahan agregat baru sebanyak ± 25 % berat total.

Masing-masing jenis gradasi campuran telah dicoba di laboratorium dan juga telah diujicobakan secara skala penuh di lapangan dengan lalu lintas padat. Bahan perkerasan beton aspal lama (reclaimed material) diperoleh dari stok beton aspal hasil penggarukan perkerasan jalan di Jakarta dengan alat mesin cold milling. Sedangkan unit pencampur aspal (Asphalt mixing Plant) yang dipakai untuk pencampuran daur ulang beton aspal adalah UPCA Dep. PU Jawa Barat yang ada di Rajamandala.

Proses pembuatan campuran beton aspal daur ulang dapat diilustrasikan pada skema berikut ini.

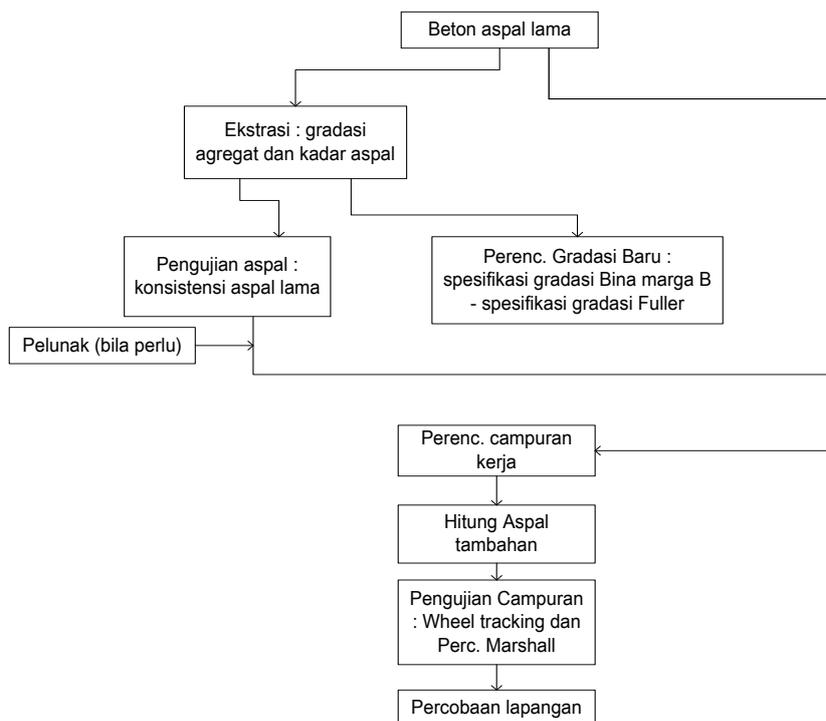
Gambar 1. Skema Proses Pembuatan Campuran Beton Aspal Daur Ulang



Terlihat bahwa campuran beton daur ulang diperoleh dari campuran antara reclaimed material dengan tambahan bahan baru yang meliputi bahan pelunak, agregat baru dan aspal baru. Campuran beton aspal daur ulang yang dilaksanakan adalah campuran panas.

Berhubung alat penggaruk (milling machine) sulit didapat, maka reclaimed material yang digunakan untuk penelitian ini diperoleh dari stok hasil cold milling perkerasan jalan beton aspal di Jakarta yang dilaksanakan oleh PT. Pluit Bataco Raya. Alat cold milling yang dipakai adalah dari merk Wirtgen Cold Milling machine SF 1300 C. Reclaimed material tersebut dipakai untuk pengujian di laboratorium dan sebagai bahan campuran pada pelaksanaan percobaan skala penuh di lapangan. Secara garis besar, skema penelitian bisa digambarkan sebagai berikut :

Gambar 2 . Skema Penelitian Daur Ulang Aspal



HASIL PENELITIAN

Mula-mula dilakukan pemeriksaan bahan lama. Untuk memisahkan aspal dari agregat pada campuran lama dilaksanakan dengan proses ekstraksi. Bahan pelarut yang digunakan adalah C_2HCl_3 . Prosentase aspal yang terkandung dalam bahan lama dapat dilihat di tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Ekstrasi Bahan lama

Contoh	Kadar Aspal %
1	6.06
2	6.12
3	5.93
4	6.45
5	5.64
Rata-rata	6.04

Selanjutnya dilakukan pengujian analisa saringan, baik pada agregat lama maupun agregat baru yang akan ditambahkan pada agregat lama dengan dua macam spesifikasi yaitu Bina Marga B dan Fuller. Hasilnya bisa dilihat di tabel berikut ini.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Lama dan Baru

Agregat Lama		Agregat baru			Spesifikasi	
		Split	Abu batu	Pasir	Bina Marga B	Fuller
Saringan	% lolos	% lolos	% lolos	% lolos	% lolos	% lolos
¾ "	100	100			100	100
½ "	97.98	60.56		100	-	81-88
3/8 "	92.43	36.16	100	97.73	74-92	71-81
No. 4	72.92	10.87	96.09	92.08	48-70	50-66
No. 8	55.29	7.02	73.78	84.04	33-53	35-54
No. 16	-	-	50.69	65.55	-	25-43
No. 30	26.24	4.24	32.15	33.57	15-30	18-35
No. 40	-	-	-	-	-	14-32
No. 50	20.11	3.18	20.92	9.34	10-20	12-28
No. 100	-	-	13.15	0.72	-	8-23
No. 200	7.86	1.08	7.39	0.23	4-9	6-18

Tabel 3. Hasil Pengujian Bahan Pelunak Aspal

Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Titik nyala	° C	88	> 66
Berat jenis	Gr/ml	0.9176	-
Viscositas pada 30° C	detik	68'42"	-
Viscositas pada 40° C	detik	38'53"	-
Viscositas pada 60° C	detik	5'30"	-

IV. 1. Pengujian di Laboratorium

Selanjutnya, dibuat perencanaan campuran beton aspal untuk spesifikasi Bina marga B, ada 2 sampel IA, IB dan untuk spesifikasi Fuller ada 3 sampel yaitu IIA, IIB dan IIC. Dan dilakukan pengujian Marshall dan Wheel tracking di laboratorium. Hasilnya bisa dilihat di tabel berikut .

Tabel 4. Hasil Pengujian di Laboratorium : Marshall dan Wheel Tracking

No.	Bahan	%	Kadar aspal	Pengujian marshall						Pengujian Deformasi		
				Kepada tan gr/cc	Stabilit as kg	Kelelehan mm	Rongga terisi aspal %	Rongga thd. Campuran %	Marshall Quotient kg/mm	Rate of deformation mm/manh	Deformasi maksimum	Dynamic stability lintasan/ mm
IA	Lama Split Pasir Abu Batu Aspal Residu	28.43 25.21 20.57 20.57 4.93 0.30	7.0	2.304	2100	2.1	81	4	1042.86	0.02	4.06	2100
IB	Lama Split Abu Batu Aspal Residu	27.60 28.81 39.81 03.51 0.21	5.45	2.341	2000	2.4	78	4	506.24	0.003	3.75	1200
IIA	Lama Split Aspal Residu	74.63 23.31 1.27 0.70	5.9	2.345	2620	2.0	77	4	671.79	0.204	14.59	304
IIB	Lama Split Aspal Residu	75.02 23.43 0.90 0.56	5.8	2.376	2800	2.0	78	2.7	730.84	0.113	8.46	215
IIC	Lama Split Aspal Residu	70.68 27.99 0.79 0.53	5.4	2.342	1403	2.2	78	2.2	462.5	0.02	4.62	2100
	Spesifikasi			-	>750	2-4	70-85	3-6				>1500

Dari tabel tersebut, terlihat bahwa dari pengujian Marshall, semua campuran memenuhi spesifikasi, sedangkan pada pengujian wheel tracking, untuk hasil pengujian dynamic stability, spesifikasinya adalah > 1500 lintasan / mm , yang memenuhi hanya campuran IA (spesifikasi Bina marga B) dan IIC (spesifikasi Fuller). Untuk itu, kedua campuran tersebut yang selanjutnya dijadikan campuran rencana untuk diterapkan pada percobaan skala penuh di lapangan .

IV. 2. Pengujian Skala Penuh di Lapangan

Teknik Daur Ulang dilaksanakan dengan cara plant mix, dengan menggunakan alat pencampur tipe continuous drum mixer. Lokasi penghamparan dilaksanakan pada lokasi yang strukturnya mantap, geometriknya datar dan lurus, mempunyai system drainase yang baik dan dekat dengan Unit Pencampur (AMP). Lokasi terpilih yang mendekati persyaratan tersebut adalah lokasi pada ruas jalan Cianjur - Puncak, km 65+800 .

Pencampuran dilaksanakan dengan unit pencampur yang dilengkapi corong pada bagian tengah dryer/drum mix. Corong ini merupakan tempat memasukkan bahan lama yang diangkut dengan sebuah ban konveyor dari sebuah cold bin. Di dalam dryer terdapat hanya sebuah alat penyemprot aspal, sehingga penambahan bahan peremaja dilakukan dengan menyemprotkannya pada bahan lama di atas konveyor yang berjalan.

Bahan lama dan fraksi-fraksi agregat baru yang digunakan pada campuran ini dikeluarkan melalui bukaan pada masing-masing bin dengan proporsi masing-masing bahan sesuai dengan campuran kerja rencana IA dan IIC. Peremaja disemprotkan pada bahan lama di atas konveyor berjalan sebanyak 12.5 % aspal lama. Bahan baru dimasukkan pada bagian atas dryer pada bagian pengapian, bahan lama dan bahan peremaja dimasukkan melalui corong pada bagian tengah dryer sehingga tercampur dengan bahan baru yang sudah panas. Kedua bahan ini di sekitar ujung bawah dryer disemprot dengan aspal sesuai dengan proporsinya. Dengan putaran dryer semua bahan aspal, bahan baru dan bahan lama tercampur. Campuran ini dikeluarkan, ditampung ban konveyor dan diangkut ke silo untuk dituangkan ke dalam truck yang seterusnya diangkut ke lapangan. Pencampuran dilaksanakan secara bertahap.

Yang pertama dilaksanakan adalah campuran IA, dan selanjutnya campuran IIC. Pada setiap campuran yang baru keluar dari drum mix dilakukan pengukuran temperature. Rata-rata temperatur campuran IA adalah 140 °C dan campuran IIC adalah 145 °C. Selain pengukuran temperatur, dilakukan pula pengambilan contoh untuk diperiksa kadar aspal, gradasi dan pengujian marshall. Hasil pengujian aspal dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 5. Pengujian Aspal Hasil Campuran AMP

No.	Pemeriksaan	Hasil		Satuan
		Spec. Fuller	Spec. Bina Marga B	
1	Penetrasi	48	55	0.1 mm
2	Titik Lembek	51	50	C
3	Daktalitas	140	140	cm
4	Kehilangan berat (thin film test)	0.59	0.77	% Berat
5	Penetrasi setelah kehilangan berat	35	39	0.1 mm

Pada lapisan permukaan yang akan dihampar dengan campuran daur ulang diberi lapisan tack coat, lapisan ini merupakan bahan perekat antara lapisan lama dengan lapisan baru. Bahan yang digunakan sebagai tack coat adalah aspal cair (MC) dengan perbandingan 60 % aspal pen 60/70 terhadap 40 % minyak tanah. Banyaknya MC yang digunakan sebagai tack coat adalah rata-rata 0.3 l/m².

Penghamparan dilaksanakan setelah permukaan perkerasan lama tertutup tack coat.. Pada waktu penghamparan dan pemadatan sempat mengalami kendala akibat hujan sehingga permukaan yang telah di tack coat menjadi sedikit basah. Tetapi walaupun demikian, hasil pengukuran temperatur dari campuran yang telah dihampar masih mempunyai temperatur rata-rata 110° C . Penghamparan dilaksanakan dengan asphalt paver dan pemadatan dengan tandem roller (8 ton)

untuk pemadatan awal dan pemadatan akhir, serta tire roller (10 ton) untuk pemadatan kedua. Panjang hamparan adalah 38 m dengan lebar ± 9.2 m dan tebal ± 4 cm .

Untuk mengetahui kondisi awal dari perkerasan daur ulang beton aspal , pengukuran lapangan dilaksanakan setelah umur 3 hari. Jenis pengukuran tersebut adalah:

- a) Alur/rutting, dilaksanakan di setiap arah dengan jarak 2 m mulai dari Sta 0.000 s/d sta 38.000 pada daerah lintas roda luar (outer wheel track) dan lintas roda dalam (inner wheel track).
- b) Tekstur dan kekesatan .Kedalaman tekstur diukur dengan sand patch, dimana volume pasir yang ditaburkan sebanyak 25.25 cc. Kekesatan permukaan jalan diukur dengan alat portable skid resistance pendulum. Kedua pengukuran ini dilaksanakan pada titik yang sama..
- c) Falling Weight Deflectometer (FWD), dilaksanakan setiap 5 m pada masing-masing jalur.
- d) Pengujian Marshall. Untuk mengetahui kepadatan, stabilitas dan kelelahan hamparan di lapangan diambil contoh core drill dan dilakukan pengujian marshall.

Hasil secara lengkap, bisa dilihat di tabel berikut .

Tabel 6. Hasil Pengujian skala penuh di lapangan.

Spesifikasi	Jenis campuran	Campuran (%)	Kadar aspal (%)	Pengujian Alur (mm)	Pengujian Tekstur (cm)	Pengujian kekesatan (cm)	Pengujian Marshall		
							Kepadatan gr/mm ³	Stabilitas kg	Kelelahan mm
Bina Marga B (IA)	Lama	28.43	7.19	0 - 6	0.058-0.012	48 - 60	2.359	1730	4.4
	Split	25.21							
	Pasir	20.57							
	Abu Batu	20.57							
	Aspal	4.93							
Residu	0.30								
Fuller (IIC)	Lama	70.68	6.84	0 - 8	0.110-0.176	53 - 65	2.352	1643	4.9
	Split	27.99							
	Aspal	0.79							
	Residu	0.53							

IV.3. Hasil sementara percobaan laboratorium daur ulang dengan variasi penambahan bahan baru.

Suatu percobaan beton aspal campuran panas dengan variasi penambahan agregat dan bahan tambah sudah dilaksanakan. Bahan garukkan yang dipakai sebagai bahan dasar campuran aspal daur ulang ini adalah hasil garukkan alat cold milling Wirtgen pada jalan sekitar Taman Mini Jakarta. Kadar aspal rata-rata bahan garukkan ini adalah 6.4 % dengan penetrasi 43.6 . Bahan peremaja yang dipakai adalah Bunker Oil.

Agregat baru yang selesai ditambahkan adalah variasi penambahan 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50 % dari berat campuran. Pada tiap variasi penambahan agregat seperti tersebut tanpa maupun ditambah bahan tambah dengan 3% lateks,

dilakukan penelitian kinerja beton aspal daur ulang campuran panas dengan pengujian marshall. Hasil laboratorium dapat dilihat pada tabel 7 dan tabel 8.

Tabel 7. Hasil Pengujian Marshall Hotmix Recycling

Karakteristik Marshall	Penambahan Agregat						Spesifikasi
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
Kadar Aspal (%)	6.2	6.1	5.92	5.48	5.09	4.75	-
Density (gr/cc)	2.321	2.325	2.324	2.315	2.315	2.295	-
Rongga Terisi Aspal (%)	79	77	75	69.09	65.41	59.09	75-81
Rongga Terhadap Campuran (%)	3.93	4.3	4.52	5.51	6.04	7.35	3-5
Stabilitas (kg)	1512	1450	1327	1294	1259	1303	> 550
Kelelahan (mm)	3.2	3.8	3.8	2.93	3.08	3.87	2-4
Penambahan aspal (%)	0.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	-
Penambahan BO terhadap aspal lama(%)	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	-

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall Hotmix Recycling Dengan Lateks 3% thd. Kadar Aspal Tambahan

Karakteristik Marshall	Penambahan Agregat						Spesifikasi
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	
Kadar Aspal (%)	6.2	6.1	5.92	5.48	5.09	4.75	-
Density (gr/cc)	2.324	2.326	2.32	2.316	2.311	2.296	-
Rongga Terisi Aspal (%)	77.11	75.82	73.93	69.27	64.74	59.24	75-81
Rongga Terhadap Campuran (%)	4.15	4.35	4.72	5.47	5.21	7.27	3-5
Stabilitas (kg)	1704	1552	1378	1324	1312	1349	> 550
Kelelahan (mm)	3.29	3.28	3.29	2.82	2.87	3.35	2-4
Penambahan aspal (%)	0.5	1	1.5	1.5	1.5	1.5	-
Penambahan BO terhadap aspal lama (%)	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	-

Terlihat bahwa stabilitas marshall yang diperoleh untuk semua variasi relative tinggi yaitu diatas 1000 kg. Dengan variasi penambahan agregat dan penambahan aspal meningkat dari 0.5 % sampai 1.5 %, stabilitas campuran menjadi lebih rendah. Tambahan 3% lateks meningkatkan stabilitas untuk semua variasi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan lapangan , kiranya dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Bahan beton aspal lama yang digunakan dalam penelitian ini adalah hasil garukan mesin cold milling. Ukuran agregat nominal 3/8 inchi, kadar aspal rata-rata 6.04 % dengan angka penetrasi aspal 19.65 (x 0.1 mm) pada 25 °C.
- Pengujian Marshall dari kedua jenis campuran beton aspal daur ulang tersebut di atas masih dalam toleransi batas-batas persyaratan standar

perencanaan Marshall untuk beton aspal bergradasi rapat dengan 75 kali tumbukan.

- Pengujian deformasi dengan wheel tracking menunjukkan bahwa aspek Bina Marga B untuk sample IA dan aspek gradasi Fuller sample IIC saja yang memenuhi syarat Dynamic Stability ≥ 1500 lintasan/mm
- Kadar aspal untuk beton aspal daur ulang di lapangan menunjukkan nilai 7.19 % dan 6.84 % (kadar aspal optimum rencana ± 6 %). Keadaan ini diperkirakan karena pompa aspal bekerja kurang sempurna pada penyemprotan dengan debit yang kecil.

Dari hasil-hasil laboratorium dan lapangan tersebut di atas, sementara dapat disimpulkan bahwa campuran yang ekonomis di antara dua jenis campuran yang diteliti adalah campuran dengan gradasi menurut Fuller dimana kebutuhan agregat baru hanya sekitar 25 % sehingga aspal yang diperlukannyapun sedikit.

Observasi awal di lapangan menunjukkan kinerja dari kedua jenis campuran (komposisi IA dan IIC) pada lalu lintas padat dalam keadaan baik. Observasi selanjutnya perlu dilaksanakan secara periodik untuk dapat mengetahui kinerja dan keandalan kedua jenis campuran beton aspal daur ulang tersebut diatas di lapangan .

Kemajuan yang diperoleh saat ini untuk penelitian beton aspal daur ulang campuran panas dengan variasi penambahan agregat, aspal dan bahan tambah di laboratorium memberikan indikasi bahwa berbagai campuran tersebut memenuhi spesifikasi . Sehubungan dengan hal tersebut penelitian dengan berbagai variasi ini perlu dilanjutkan untuk memperoleh berbagai alternatif beton aspal daur ulang campuran panas yang baik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute. (1989). *Asphalt Cold Mix Manual (MS-14)*. U.S. : The Asphalt Institute. Sukirman Silvia, "Perkerasan Lentur Jalan Raya", Penerbit Nova, 1993.
- Dep. P.U. & Dirjen Bina Marga, "Pedoman Teknik" No. 023/T/BM/1999. Yayasan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Badan Standarnisasi Nasional, "Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Alat Marshall".
- Dep P.U, 1987 "Petunjuk Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya".
- Dep P.U, 2005, "Spesifikasi Umum Bidang Jalan Dan Jembatan" Divisi 6 Perkerasan Aspal., Puslitbang Prasarana Transportasi Badan Penelitian Dan Pengembangan.
- Dep. P.U & Dirjen Bina Marga, "Spesifikasi Khusus Asbuton Campuran Dingin", Bandung Pebruari 2006
- Drs. Madi Hermadi, SSi. " Aspal Untuk Perkerasan Jalan" Agustus 2005, Dep Pemukiman Dan Prasarana Wilayah.