

KETAHANAN TARIK CAMPURAN CTRB YANG MENGANDUNG 40% RAP DAN 60% RAM DENGAN SUBSTITUSI MATERIAL POZOLAN TERHADAP SEMEN

Inrico Tumbelaka

Joice E. Waani, Steve. Ch N Palenewen

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: rikokokotumbelaka@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan material baru secara terus-menerus dapat mengakibatkan kelangkaan material. Oleh karena itu metode daur ulang dikembangkan untuk mengurangi pemakaian material baru dan mengurangi sampah padat hasil garukan jalan lama. CTRB (Cement Treated Recycling Base) merupakan salah satu teknologi daur ulang untuk rekonstruksi lapis pondasi jalan dengan memanfaatkan material hasil garukan jalan lama yang telah rusak dan digunakan kembali sebagai material dalam campuran perkerasan dengan menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Komposisi campuran 40% RAP: 60% RAM dengan variasi kadar semen 0%, 2%, 4% dan 6% terhadap berat RAP: RAM dan substitusi pozolan 0%, 15%, dan 30% terhadap masing – masing variasi kadar semen. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian Indirect Tensile Strength untuk mengetahui seberapa besar campuran dapat menahan gaya tarik jika semen disubstitusi dengan material pozolan alam (tras). Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa substitusi tras membuat kekuatan campuran cenderung meningkat yaitu campuran dengan substitusi tras 15% terhadap 2% - 4% kadar semen tetapi kekuatan campuran cenderung menurun pada substitusi 30% tras. Pada campuran dengan kadar semen 6%, substitusi tras memberikan pengaruh baik pada substitusi 15% - 30% tras. Disimpulkan bahwa campuran CTRB dengan proporsi 40% RAP : 60% RAM dimana gradasi gabungan yang tidak memenuhi standar spesifikasi, namun masih memenuhi syarat kekuatan tarik yaitu 250 kPa. Pada kadar semen 6% dan disubstitusi tras 15% dan 30% nilai ITS memenuhi syarat kekuatan tarik yaitu 303,5 kPa, 270,4 kPa, dan 286,9 kPa.

Kata Kunci : CTRB, ITS, RAP, RAM, Daur Ulang

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Konstruksi perkerasan jalan dirancang agar dapat memberikan pelayanan yang baik bagi lalu-lintas selama umur rencana tertentu dengan perkiraan pada akhir umur rencana, jalan sudah mengalami kerusakan dan membutuhkan perbaikan. Seiring dengan bertambahnya waktu, volume lalu-lintas semakin meningkat mengakibatkan jalan mengalami penurunan tingkat pelayanan sehingga mempercepat kerusakan jalan sebelum akhir umur rencana.

Kerusakan konstruksi perkerasan jalan dapat terjadi tidak hanya pada lapisan permukaan saja tetapi kerusakan juga dapat terjadi pada lapis struktural yaitu lapis pondasi atas dan atau lapis pondasi bawah dan berakibat pada kerusakan lapis permukaan. Jika kerusakan terjadi sampai pada lapis pondasi, maka perbaikan atau rehabilitasi harus dilakukan pada lapis pondasi.

Salah satu metode yang digunakan untuk rehabilitasi lapis pondasi adalah dengan membongkar lapisan pondasi dan menggantikannya dengan lapis perkerasan yang baru, namun penggunaan material baru secara terus-menerus akan mengakibatkan kelangkaan material serta tingginya biaya konstruksi. Untuk itu metode daur ulang perkerasan jalan dikembangkan guna untuk mengurangi pemakaian material baru dan dapat menghemat biaya konstruksi.

CTRB (Cement Treated Recycling Base) merupakan salah satu teknologi daur ulang untuk rekonstruksi lapis pondasi jalan dengan memanfaatkan material jalan lama yang telah rusak untuk digunakan kembali sebagai material dalam campuran perkerasan dengan menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Pengembangan teknologi dengan metode daur ulang perkerasan jalan ini tidak hanya memperbaiki kerusakan yang terjadi tetapi juga dapat memperkuat struktur jalan itu sendiri (Waani dkk, 2014). Material daur ulang dapat

berupa RAP dan RAM dimana material yang mengandung aspal disebut RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sedangkan material yang tidak mengandung aspal yang berasal dari lapis pondasi disebut RAM (*Reclaimed Aggregate Material*).

Penggunaan RAP dan RAM dalam penelitian ini (40% RAP : 60% RAM) bertujuan untuk memanfaatkan agregat buangan dalam campuran sehingga material jalan yang telah rusak dapat dimanfaatkan kembali dan dapat mengurangi sampah padat hasil garukan jalan lama.

Penelitian yang dilakukan oleh Moore *et al* (1970) menunjukkan bahwa jumlah semen menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi terhadap kekuatan tarik campuran yang di stabilisasi dengan semen. Untuk itu penggunaan semen perlu dibatasi karena kelebihan kadar semen akan membuat campuran semakin kaku dan mudah retak (getas). Adapun substitusi material pozolan alam (tras) terhadap semen sebagai bahan pengikat bertujuan untuk mengurangi pemakaian semen dalam campuran sehingga mengurangi biaya konstruksi akibat berkurangnya pemakaian dari semen yang dinilai cukup mahal dibanding material pozolan alam.

Perbandingan 40% RAP dengan 60% RAM yang digunakan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk melihat pengaruh presentase RAP yang lebih sedikit dari presentase RAM terhadap kekuatan campuran CTRB, juga untuk melihat jika komposisi presentase ini tidak memenuhi spesifikasi gradasi, apakah karakteristik campuran CTRB cukup kuat atau tidak.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh komposisi RAP : RAM terhadap ketahanan tarik campuran jika dihubungkan dengan spesifikasi gradasi.
2. Berapa besar pengaruh substitusi tras terhadap semen dalam campuran dibandingkan dengan campuran tanpa substitusi tras terhadap kekuatan tarik.

Batasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di laboratorium.
2. Material yang digunakan adalah material daur ulang RAP dan RAM dengan kadar 40% RAP : 60% RAM.

3. Material RAP dan RAM diambil dari hasil pengerukan perkerasan jalan Tol Cikopo-Palimanan, Jawa Barat
4. Semen yang akan digunakan adalah semen Portland tipe 1
5. Tras yang akan digunakan adalah tras halus lolos saringan no. 325 (0,045mm).
6. Kadar semen yang digunakan sebesar 0%, 2%, 4% dan 6% terhadap berat RAP+RAM
7. Penambahan pozolan alam (tras) yaitu 0%, 15% dan 30% terhadap variasi kadar semen.
8. Pengujian yang akan dilakukan untuk menganalisis kekuatan campuran adalah ITS (*Indirect Tensile Strength*)
9. Tidak dilakukan penelitian tentang sifat kimia dari material penyusun campuran CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh presentase RAP terhadap kekuatan campuran.
2. Mengetahui pengaruh substitusi material pozolan alam (tras) pada campuran perkerasan CTRB yaitu kuat tarik.
3. Mengetahui komposisi yang tepat dari penambahan semen dan pozolan alam (tras) untuk menghasilkan campuran yang optimal

Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui karakteristik kekuatan dari CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) akibat adanya penambahan pozolan alam tras dalam semen sebagai stabilisasi yang meliputi kuat tarik tidak langsung.
2. Dapat memberikan referensi di bidang pengembangan dalam perencanaan perkerasan jalan.
3. Dapat membantu meningkatkan pemanfaatan tras sebagai material penyusun untuk bahan konstruksi bangunan, khususnya untuk campuran CTRB.

LANDASAN TEORI

Pemeliharaan dan Rehabilitasi Perkerasan Jalan

Pemeliharaan jalan pada umumnya dilakukan untuk menghindarkan konstruksi jalan dari kerusakan yang terjadi sebelum mencapai umur

perencanaan yang telah direncanakan (Waani dkk, 2015). Ada berbagai jenis rehabilitasi yang dapat dilakukan sesuai dengan kerusakan yang terjadi.

1. Rehabilitasi lapis permukaan
Rehabilitasi pada lapis permukaan pada umumnya dilakukan dengan metode pelapisan ulang pada lapis permukaan jalan (*overlay*).
2. Rehabilitasi lapis pondasi
Rehabilitasi yang dilakukan pada lapis pondasi atas atau lapis pondasi bawah biasanya merupakan solusi untuk jangka panjang. Permasalahan yang terjadi pada lapisan ini adalah masalah struktural yang terjadi akibat beban lalu-lintas, dalam hal ini lapis pondasi perlu dilakukan peningkatan kekuatan.
3. Rehabilitasi Tanah Dasar
Kerusakan yang terjadi pada tanah dasar pada umumnya karena tanah dasar mengalami penurunan daya dukung. Rehabilitasi yang dapat dilakukan pada tanah dasar yaitu menggantikan tanah tersebut dengan tanah baru yang mempunyai daya dukung yang lebih besar ataupun dengan penambahan bahan stabilisasi pada lapisan tanah.

Metode Daur Ulang Perkerasan Jalan (*Pavement Recycling*)

Daur ulang campuran perkerasan jalan merupakan metode rehabilitasi jalan yang sudah cukup berkembang pada saat ini. Maksud dari adanya kegiatan daur ulang ini guna untuk mengurangi pemakaian material baru dan untuk menghemat biaya konstruksi karena penggunaan material baru yang lebih sedikit. Berdasarkan proses pelaksanaannya metode ini terbagi menjadi 2 (dua) jenis yaitu daur ulang campuran dingin (*Cold Mix Recycling*) dan daur ulang campuran panas (*Hot Mix Recycling*). Selain berdasarkan proses, juga dibedakan tempat pelaksanaannya yaitu daur ulang langsung di tempat pelaksanaan (*In-Place Recycling*) dan daur ulang di tempat pencampuran (*In-Plant Recycling*).

Daur ulang di tempat pencampuran (*In-plant recycling*)

Daur ulang di tempat pencampuran merupakan metode daur ulang yang pengerjaannya tidak dilakukan bersamaan dengan penggarukan material. Material digaruk menggunakan alat *milling* kemudian material hasil penggarukan dibawah terlebih dahulu ke tempat pencampuran

untuk disimpan atau langsung dicampur dan dibawah kembali di lokasi untuk dihamparkan.

Daur ulang di tempat pencampuran memungkinkan material hasil garukkan dari perkerasan jalan yang rusak untuk dipilih dan diolah terlebih dahulu. Sehingga material hasil garukkan dapat di kontrol dan kualitas akhir dari campuran dapat meningkat (mendekati sifat campuran baru) (Wirtgen, 2004).

Daur ulang di tempat pelaksanaan (*In-place recycling*)

Daur ulang di tempat pelaksanaan merupakan metode daur ulang yang pengerjaannya dilakukan secara bersamaan dengan penggarukan material. Setelah material digaruk dengan menggunakan alat *milling*, pencampuran serta penghamparan dapat dilaksanakan dengan menggunakan alat penghampar (*recycler*). Penambahan bahan stabilisasi berupa semen atau aspal dapat dilakukan pada proses pencampuran. (Wirtgen, 2004)

Daur Ulang Campuran CTRB (*Cement Treated Recycling Base*)

CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) adalah salah satu teknologi rekonstruksi jalan pada lapis pondasi yang memanfaatkan perkerasan jalan lama untuk diambil materialnya dan digunakan kembali sebagai material penyusun CTRB. (Wirtgen, 2004)

Material penyusun dalam campuran CTRB adalah sebagai berikut.

Semen

Semen merupakan bahan perekat yang memiliki fungsi untuk mengikat antar butiran agregat. Semen Portland merupakan salah satu semen yang biasa digunakan dalam proyek rehabilitas maupun rekonstruksi perkerasan jalan.

Penelitian yang dilakukan oleh Arora dan Aydilek (2005) terhadap lapisan tanah yang distabilisasi dengan semen dan *fly ash* dibandingkan dengan tanah yang distabilisasi dengan kapur dan *fly ash* bahwa kekuatan campuran akan meningkat seiring dengan penambahan kadar semen tetapi mulai menurun saat penambahan kadar semen sudah melebihi 5%. Hal ini berarti penambahan kadar semen lebih dari 5% tidak dapat meningkatkan kekuatan campuran. Selain itu tebal lapisan perkerasan

akan berkurang jika ditambahkan semen dalam campuran

Material Daur Ulang RAP dan RAM

Material hasil garukan dari perkerasan jalan dapat berupa 2 (dua) jenis material yaitu agregat yang mengandung aspal atau biasa disebut RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) yang berasal dari lapis permukaan jalan (*surface course*) dan agregat yang tidak mengandung aspal atau biasa disebut RAM (*Reclaimed Aggregate Material*) yang berasal dari lapis pondasi jalan (*base course*).

Penelitian yang dilakukan oleh Muda, (2009) menunjukkan penggunaan semen yang dapat digunakan dalam campuran CTRB yang menggunakan 100% RAP sebagai agregat dalam campuran. Namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pemakaian variasi kadar RAP dan penambahan bahan mineral tertentu dalam campuran CTRB.

Pozolan Alam (Tras)

Tras adalah material pozolan alam yang dihasilkan dari pelapukan material hasil erupsi gunung berapi. Menurut SNI 06-6867-2002 bahwa pozolan merupakan bahan yang mengandung silika atau alumino silika yang tidak atau sedikit mempunyai sifat mengikat seperti semen, akan tetapi dalam bentuknya yang halus dan dengan adanya air, maka akan membantu terbentuknya senyawa-senyawa yang mempunyai sifat seperti semen. Tanudjaja *et al.* (2000) menyatakan bahwa, penambahan Tras halus (lolos saringan no. 200) akan memberikan pengaruh yang baik terhadap campuran semen dan juga dapat meningkatkan karakteristik dari campuran tersebut. Semakin halus tras maka semakin baik pengaruhnya terhadap kekuatan campuran.

Adapun penelitian yang telah dilakukan oleh Waani dkk. (2014) mengenai penambahan atau substitusi pozolan alam terhadap semen pada campuran CTRB menunjukkan adanya peningkatan kekuatan dalam campuran yang secara langsung dapat mempengaruhi kekuatan tekan dan daya dukung dari campuran.

Dari berbagai permasalahan dan berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya bahwa perlu dilakukan penelitian tentang kekuatan campuran CTRB dengan sumber RAP dan RAM yang berbeda dengan substitusi pozolan terhadap semen untuk melihat kekuatan campuran terhadap tegangan tarik. Pengujian kuat tarik selama ini dilakukan

pada campuran aspal, namun belakangan ini sudah dilakukan pada campuran perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat (Huang et al, 2006).

Kuat Tarik Tidak Langsung (Indirect Tensile Strength)

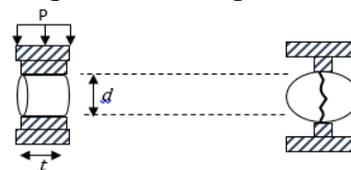
Kuat tarik merupakan suatu metode untuk mengetahui gaya tarik pada campuran aspal beton (Afriansyah & Sentosa, 2015). Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui tanda-tanda retak yang akan terjadi dari campuran perkerasan melalui benda uji berbentuk silinder.

Pada aplikasinya dilapangan, perkerasan jalan menerima beban dari lalu lintas yang tertekan kebawah sehingga lapisan perkerasan pada bagian atas mengalami gaya tekan sedangkan pada bagian bawah perkerasan terjadi gaya tarik.

Uji belah beton (Brazilian Splitting)

Uji belah didasarkan pada perilaku tekan benda uji dan poisson rasio. Apabila sebuah benda ditekan, maka akibat adanya hukum kekekalan masa dan poisson rasio, terjadi regangan tarik kearah tegak lurus gaya. Regangan tarik ini menimbulkan tegangan tarik, dan apabila beban ditingkatkan sampai benda uji terbelah, tegangan tarik batas (*ultimate tensile stress*) dapat dihitung (Han, 2017). Penelitian menunjukkan bahwa kuat tarik dengan benda uji belah akan memberikan nilai $f'_{tr} = 0.5\sqrt{f'_c}$ terhadap kuat tekan beton.

Pengujian kuat tarik belah beton hampir sama dengan pengujian marshall, namun yang membedakan adalah dalam pengujian marshall menggunakan cincin penguji sedangkan pengujian kuat tarik belah beton menggunakan plat baja berbentuk persegi. Menurut SNI 2491-2014 bahwa besaran tegangan tarik beton dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Skematik Pembebanan Tarik Belah

$$f'_{tr} = \frac{2P}{\pi LD}$$

dimana:

- f'_{tr} = Nilai kuat tarik benda uji (kPa)
- P = Nilai Beban (kN)
- t = Tinggi benda uji (cm)
- d = Diameter benda uji (cm)

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini adalah penelitian rekayasa yang dilakukan di laboratorium puslitbang jalan dan jembatan (PUSJATAN) dengan material RAP dan RAM berasal dari hasil pengerukan perkerasan jalan Tol Cikopo-palimanan, Jawa Barat pada tahun 2018. Pozolan alam yang digunakan berasal dari Manado, Sulawesi Utara.

Benda Uji

Pengujian kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) menggunakan benda uji berbentuk silinder, dengan komposisi campuran menggunakan variasi kadar semen 2%, 4% dan 6% terhadap berat RAP + RAM dan pozolan alam (tras) 0%, 15%, 30% untuk tiap kadar semen. Untuk setiap variasi bahan stabilisasi dibuat 2 benda uji. Jumlah benda uji terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Variasi tras (% terhadap semen)	Kadar Semen (% terhadap RAP + RAM)			
	0%	2%	4%	6%
0%	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
15%	-	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji
30%	-	2 benda uji	2 benda uji	2 benda uji

Tahapan Penelitian

Adapun tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagaimana tercantum pada Gambar 2 dengan uraian sebagaimana tercantum sebagai berikut:

Tahap I

Tahap persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.

Tahap II

Pada tahap ini akan dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisik terhadap material RAP, RAM dan juga terhadap material tras. Adapun pemeriksaan sifat-sifat fisik yang akan dilakukan terhadap material RAP dan RAM meliputi pemeriksaan analisa saringan, berat jenis & penyerapan agregat halus, dan berat jenis & penyerapan agregat kasar, sedangkan untuk pemeriksaan sifat-sifat fisik tras adalah pemeriksaan analisis saringan dimana tras yang digunakan dalam penelitian ini disaring lolos saringan no 200 lalu disaring lagi hingga lebih dari 95% lolos saringan no 325 (0,045 mm).

Tahap III

Pada tahap ini dilakukan percobaan pemadatan dengan presentase semen 2%, 4%, dan 6% terhadap berat RAP + RAM dan substitusi pozolan alam 0%, 15%, dan 30% terhadap variasi kadar semen.

Masing-masing variasi kadar semen dan pozolan alam dibuat 5 benda uji dengan kadar air 4%, 6%, 8%, 10%, dan 12% untuk mendapatkan nilai W_{opt} dan γ_d dari masing-masing variasi semen dan pozolan alam yang akan menjadi acuan untuk pembuatan benda uji pada pengujian kuat tarik.

Tahap IV

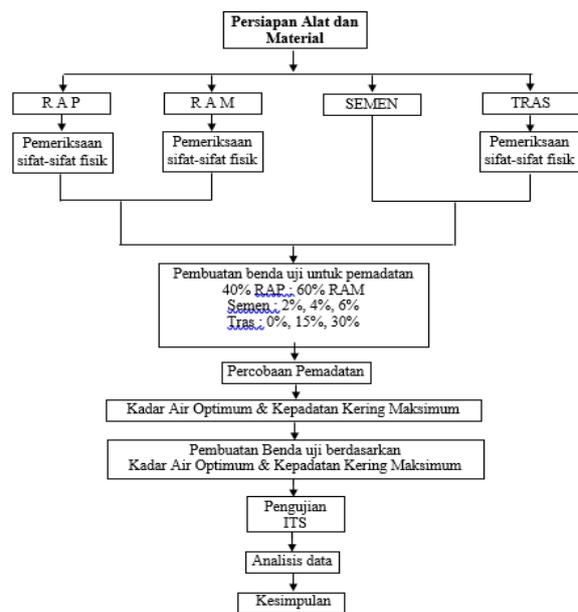
Pada tahap ini dilakukan pengujian kuat tarik terhadap campuran CTB yang dibuat berdasarkan *Mix-Design* yang diperoleh dari percobaan pemadatan. Pengujian yang akan dilakukan adalah pengujian kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*).

Tahap V

Pada tahap ini akan dilakukan analisa data dari pengujian yang sudah dilakukan. Data yang telah diperoleh akan dianalisa untuk mendapatkan suatu kesimpulan mengenai variabel-variabel yang diteliti dalam penelitian ini.

Tahap VI

Pada tahap ini akan dibuat suatu kesimpulan dari seluruh kegiatan penelitian yang sudah dilakukan.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat-sifat fisik material dilakukan secara bersama dengan penelitian yang dilakukan oleh Moningga Devis Lorens dengan judul penelitian “Ketahanan Tarik Campuran CTRB yang Mengandung 60% RAP dan 40% RAM dengan Substitusi Material Pozolan Terhadap Semen” sehingga hasil dari pemeriksaan sifat-sifat fisik material yang meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan dan pengujian analisa saringan mempunyai nilai yang sama, namun perbedaannya dengan penelitian ini pada proporsi campuran CTRB sehingga gradasi gabungan antara RAP dan RAM untuk campuran CTRB memiliki nilai yang berbeda.

Berat Jenis dan Penyerapan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis dari agregat serta kemampuannya dalam menyerap air. Berat jenis yang diperiksa meliputi berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) dan berat jenis semu (Apparent). Adapun hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan RAP dan RAM terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan RAP dan RAM

Nama Pengujian	Hasil Pengujian			
	Agregat Halus		Agregat Kasar	
	RAP	RAM	RAP	RAM
Berat Jenis (Bulk)	2,452	2,541	2,464	2,513
Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (SSD)	2,495	2,604	2,507	2,578
Berat Jenis Semu (Apparent)	2,562	2,712	2,574	2,688
Penyerapan (Absorption)	1,76	2,47	1,72	2,59

Hasil pengujian menunjukkan agregat RAP lebih sedikit penyerapannya dibandingkan agregat RAM. Hal ini disebabkan karena material RAP merupakan agregat yang terbungkus aspal sehingga pori dari agregat yang terbungkus aspal mengakibatkan sedikit penyerapan.

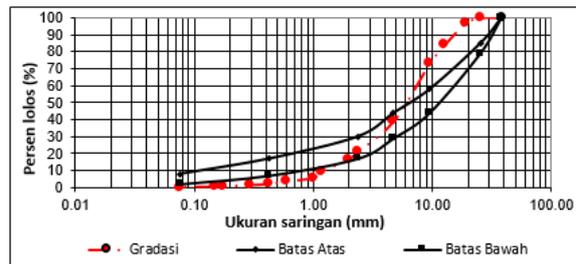
Analisa Saringan material RAP dan RAM

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butiran dari agregat. Gradasi RAP dan RAM dalam penelitian ini mengacu pada spesifikasi pedoman teknis Pd T-08-2005-B Departemen Pekerjaan Umum yaitu tentang perencanaan campuran lapis pondasi hasil daur ulang perkerasan lama dengan semen. Adapun hasil dari pemeriksaan analisa saringan material RAP terdapat pada Tabel 3 sedangkan hasil dari

pemeriksaan analisa saringan material RAM terdapat pada Tabel 4 dan kurva gradasi gabungan material RAP dan RAM (40% RAP : 60% RAP) yang terlihat pada Gambar 5.

Tabel 3. Hasil Pengujian Analisa Saringan Material RAP

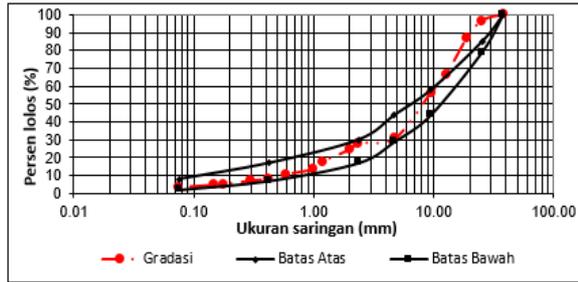
Ukuran Saringan		Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
ASTM (Inchi)	Metrik (mm)		
1 1/2"	36.1	0	100
1"	25.4	0	100
3/4"	19.05	3.2	96.8
1/2"	12.70	16.0	84.0
3/8"	9.53	26.9	73.1
No.4	4.76	61.1	38.9
No.8	2.38	79.0	21.0
No.10	2	83.4	16.6
No.16	1.19	90.6	9.4
No.20	1.00	94.6	5.4
No.30	0.60	96.5	3.5
No.40	0.425	98.1	1.9
No.50	0.30	98.7	1.3
No.80	0.177	99.4	0.6
No.100	0.15	99.6	0.4
No.200	0.075	99.9	0.1



Gambar 3. Grafik Gradasi Material RAP

Tabel 4. Hasil Pengujian Analisa Saringan Material RAM

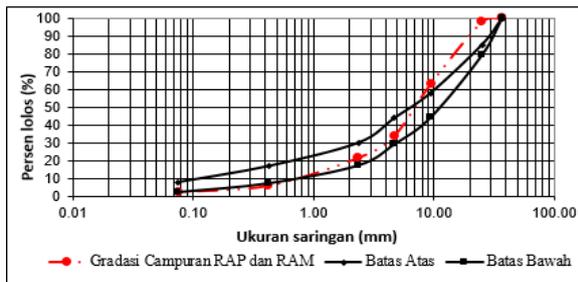
Ukuran Saringan		Persen Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
ASTM (Inchi)	Metrik (mm)		
1 1/2"	38.1	0	100
1"	25.4	3.4	96.6
3/4"	19.05	12.8	87.2
1/2"	12.70	33.6	66.4
3/8"	9.53	43.6	56.4
No.4	4.76	69.4	30.6
No.8	2.38	72.0	28.0
No.10	2	75.6	24.4
No.16	1.19	82.3	17.7
No.20	1.00	86.5	13.5
No.30	0.60	89.4	10.6
No.40	0.425	91.9	8.1
No.50	0.30	93.1	6.9
No.80	0.177	94.9	5.1
No.100	0.15	95.4	4.6
No.200	0.075	96.7	3.3



Gambar 4. Grafik Gradasi Material RAM

Tabel 5. Gradasi Gabungan material RAP dan RAM (40% RAP : 60% RAM)

Ukuran Saringan	Ukuran Saringan						
	1 1/2"	1"	3/8"	#4	#10	#40	#200
Inch	1 1/2"	1"	3/8"	#4	#10	#40	#200
mm	38,1	25,4	9,5	4,75	2,36	0,425	0,075
Data Gradasi							
Agregat RAP	100	100	73,1	38,9	16,6	1,9	0,1
Agregat RAM	100	96,6	56,4	30,6	24,4	8,1	3,3
Kombinasi Agregat							
Agregat RAP (40%)	40	40	29,2	15,6	6,6	0,8	0
Agregat RAM (60%)	60	58	33,8	18,4	14,6	4,9	2
Gradasi Gabungan (100%)							
	100	98	63,1	33,9	21,3	5,6	2



Gambar 5. Grafik Gradasi Gabungan Material RAP dan RAM (40% RAP : 60% RAM)

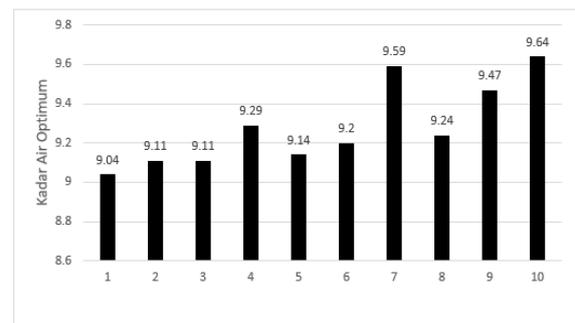
Hasil pemeriksaan gradasi gabungan campuran RAP dan RAM seperti yang terlihat pada Gambar 5 menunjukkan gradasi yang ada sebagiannya tidak memenuhi standar spesifikasi gradasi campuran lapis pondasi CTRB seperti yang sudah dinyatakan dalam pedoman teknis Pd T-08-2005-B Departemen Pekerjaan Umum, namun penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah campuran CTRB dengan komposisi 40% RAP : 60% RAM memiliki karakteristik campuran cukup kuat terhadap tegangan tarik.

Percobaan Pematatan

Kadar air optimum diperoleh berdasarkan nilai dari kepadatan kering maksimum melalui percobaan pematatan. Adapun hasil dari percobaan pematatan dapat dilihat pada Tabel 6 serta grafik hasil kadar air optimum dan kepadatan kering maksimum dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

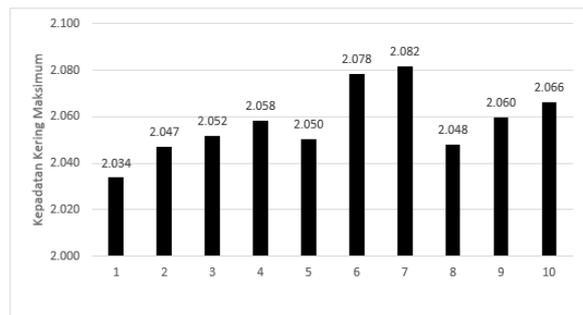
Tabel 6. Hasil Percobaan Pematatan

No.	Campuran	Kadar Air Optimum (w)	Kepadatan Kering Maksimum (γ _a)
1	0% PC	9,04	2,034
2	2% PC	9,11	2,047
3	4% PC	9,11	2,052
4	6% PC	9,29	2,058
5	2% PC : 15% Tras	9,14	2,050
6	4% PC : 15% Tras	9,20	2,078
7	6% PC : 15% Tras	9,59	2,082
8	2% PC : 30% Tras	9,24	2,048
9	4% PC : 30% Tras	9,47	2,060
10	6% PC : 30% Tras	9,64	2,066



Gambar 6. Grafik Hasil Kadar Air Optimum

Hasil pengujian kadar air optimum menunjukkan nilai kadar air optimum meningkat seiring dengan penambahan kadar material semen (semen dan tras) dalam campuran. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan kadar semen (semen dan tras) mengakibatkan campuran membutuhkan lebih banyak air untuk mencapai kepadatan kering maksimum, juga karena campuran ini mengandung RAM lebih besar dari RAP sehingga kebutuhan air untuk bercampur dengan semen lebih besar.



Gambar 7. Grafik Hasil Kepadatan Kering Maksimum

Adapun penambahan semen terhadap nilai kepadatan kering maksimum menunjukkan terjadinya peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar semen. Penambahan tras sebesar 15% membuat nilai kepadatan kering maksimum cenderung meningkat, sedangkan

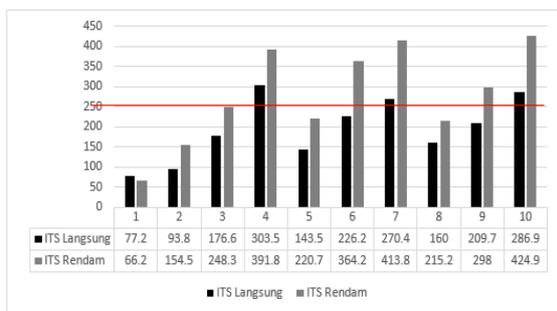
pada penambahan tras sebesar 30% terjadinya penurunan seiring dengan penambahan kadar semen. Fenomena ini menunjukkan bahwa campuran CTRB dengan proporsi RAM yang besar membutuhkan kadar semen yang cukup besar dan substitusi material pozolan yang relatif sedikit terhadap kadar semen dalam campuran. Jika kadar material pozolan bertambah maka kepadatan campuran akan menurun.

Pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*)

Pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*) atau kuat tarik tidak langsung dilakukan untuk mengetahui kemampuan campuran dalam menahan tegangan tarik. Adapun hasil dari pengujian ITS terdapat pada Tabel 7 dan Gambar 8.

Tabel 7. Hasil Pengujian ITS

No.	Campuran	Langsung (kPa)	Rendam (kPa)
1	0% PC	77,2	66,2
2	2% PC	93,8	154,5
3	4% PC	176,6	248,3
4	6% PC	303,5	391,8
5	2% PC : 15% Tras	143,5	220,7
6	4% PC : 15% Tras	226,2	364,2
7	6% PC : 15% Tras	270,4	413,8
8	2% PC : 30% Tras	160	215,2
9	4% PC : 30% Tras	209,7	298
10	6% PC : 30% Tras	286,9	424,9



Gambar 8. Grafik Hasil Pengujian ITS Langsung dan ITS Tidak Langsung

Hasil pengujian menunjukkan campuran yang tidak mengandung semen (0% PC) memiliki nilai ITS yang lebih besar pada benda uji tanpa proses perendaman tetapi perubahan terjadi ketika adanya penambahan kadar semen (semen dan tras), benda uji yang direndam memiliki nilai ITS yang lebih besar dari benda uji tanpa proses perendaman. Hal ini disebabkan karena banyaknya kandungan RAM dalam campuran yang mengakibatkan terjadinya banyak penyerapan ketika benda uji direndam

sehingga pada saat benda uji ditekan adanya tekanan balik (*pore pressure*) dari benda uji.

Hasil pengujian ITS terhadap campuran CTRB yang mengandung 40% RAP : 60% RAM menunjukkan peningkatan kekuatan tarik pada substitusi 15% pozolan alam terhadap semen namun cenderung menurun pada substitusi 30% pozolan alam terhadap semen, kecuali pada kadar semen 6% terjadi penurunan nilai kuat tarik pada benda uji tanpa proses perendaman ketika disubstitusi pozolan alam, sebaliknya pada benda uji yang melalui proses perendaman, substitusi pozolan alam mengakibatkan terjadinya peningkatan nilai kuat tarik.

Hal ini kembali membuktikan bahwa campuran CTRB dengan proporsi RAM yang besar membutuhkan semen yang besar dan substitusi material pozolan akan meningkatkan nilai ITS pada kadar 15% saja.

PENUTUP

Kesimpulan

Beberapa hal yang menjadi kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Presentase RAP yang kurang dari RAM (40% RAP : 60% RAM) mengakibatkan campuran membutuhkan kadar air yang lebih banyak untuk mencapai kepadatan maksimum seiring dengan penambahan kadar semen (semen dan tras) karena kandungan RAM yang cukup besar. dalam campuran CTRB mengakibatkan banyaknya penyerapan.
2. Substitusi material pozolan alam (tras) pada campuran CTRB (40% RAP : 60% RAM) mengakibatkan kekuatan campuran cenderung meningkat pada substitusi 15% seiring penambahan kadar semen dan cenderung menurun pada substitusi 30% karena campuran CTRB dengan kadar RAM yang lebih besar dari RAP lebih membutuhkan semen dibandingkan dengan tras.
3. Campuran CTRB yang mengandung 40% RAP : 60% RAM yang memenuhi bahkan melampaui ketentuan nilai ITS sebesar 250 kPa adalah campuran yang menggunakan kadar semen 6% dan substitusi tras sebesar 15% dan 30%.

Saran

Beberapa saran yang dapat disampaikan sehubungan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk campuran CTRB dengan kadar 40% RAP : 60% RAM sebaiknya menggunakan kadar semen 6% dengan substitusi 15% dan 30% tras.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan pemakaian variasi kadar RAP dan RAM dalam campuran CTRB untuk meningkatkan nilai kuat tarik.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan pemakaian bahan pengikat yang lain dalam campuran. Misalnya penggunaan foam bitumen pada campuran CMRFB.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang campuran CTRB untuk jenis-jenis pengujian lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, Y. dan Sentosa, L., 2015. *Kuat Tarik Tidak Langsung Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Menggunakan Pasir Alam Kampar*. Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik dan Sains, 2(1), pp.1-6.
- Arora, S., and Aydilek, A. H., 2005. *Class F fly-ash-amended soils as highway base materials*. Journal of Materials in Civil Engineering, 17(6), pp.640-649.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008. SNI 1970:2008, *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008. SNI 1969:2008, *Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2008. SNI 1743:2008, *Cara uji kepadatan berat untuk tanah*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2014. SNI 2491:2014, *Metode uji kekuatan tarik belah spesimen beton silinder (ASTM C496/C496M-04, IDT)*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2012. SNI ASTM C136:2012, *Metode uji untuk analisis saringan agregat halus dan agregat kasar (ASTM C 136-06, IDT)*. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2004. SNI 15-2049-2004, *Semen Portland*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2002. SNI 06-6867-2002, *Spesifikasi abu terbang dan pozolan lainnya untuk digunakan dengan kapur*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 1992. SNI 03-2853-1992, *Tata Cara Pelaksanaan Lapis Pondasi Jalan Dengan Batu Pecah*, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005. *Pd T-08-2005-B, Perencanaan Campuran Lapis Pondasi Hasil Daur Ulang Perkerasan Lama dengan Semen*, Jakarta.
- Han, A. L., 2017. *Pengantar Teknologi Beton*. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Huang, B., Shu, X. and Burdette, E.G., 2006. *Mechanical properties of concrete containing recycled asphalt pavements*. Magazine of Concrete Research, 58(5), pp.313-320.
- Muda, A., 2009. *Tinjauan kuat tekan bebas dan drying shrinkage cement treated recycling base (CTRB) pada rehabilitasi jalan Boyolali-Kartosuro*. Doctoral dissertation, Universitas Sebelas Maret.
- Moore, R. K., Kennedy, T. W., and Hudson, W. R. (1970). *Factors affecting the tensile strength of cement-treated materials*. Highway Research record 315, Highway Research Board, Washington, DC, 64-80.

Tanudjaja, H., Sugiri, S. M. and Khosama, L. K., 2000. *Beton dengan Batu Andesit sebagai Agregat Kasar dan Tras Halus sebagai Substitusi Parsial Semen*. Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Waani, J. E., Prabandiyani, R.W. and Setiadji, B.H., 2015. *Perilaku Material Daur Ulang Lapis Pondasi Perkerasan Jalan yang Distabilisasi dengan Semen dan Pozolan Alam* (Doctoral dissertation, Faculty of Engineering). Universitas Diponegoro, Semarang.

Waani, J. E., Prabandiyani, S. and Setiadji, B.H., 2014. *Evaluasi Sifat-Sifat Mekanik Campuran CTRB yang Disubstitusi Parsial dengan Pozolan Alam (Tras)*, Jurnal teknik sipil, 21(3), pp.229-240.

Waani, J. E. and Elisabeth, L., 2017. *Substitusi Material Pozzolan terhadap Semen pada Kinerja Campuran Semen*, Jurnal teknik sipil, 24(3), pp.237-246.

Wirtgen., 2004. *Cold Recycling Manual 2nd Edition*. Wirtgen, GmbH, Germany.

Wirtgen., 2010. *Cold Recycling Technology 3rd Edition*. Wirtgen, GmbH, Germany.