

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

Moningka Devis Lorens

Joice E. Waani, Lucia G. J. Lalamentik

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: devis_moningka@yahoo.com

ABSTRAK

Kerusakan jalan yang terjadi pada lapis pondasi maka rehabilitasi yang harus dilakukan pada lapis pondasinya. Perbaikan yang sering dilakukan yaitu membongkar lapis pondasi yang rusak lalu menggantinya dengan material agregat batu pecah yang baru tanpa menggunakan bahan pengikat maupun menggunakan bahan pengikat berupa semen lalu dipadatkan. Dalam pelaksanaannya di lapangan, cara ini sering menghadapi tantangan yaitu secara ekonomi memerlukan dana yang besar untuk pengadaan material baru, gangguan lingkungan hidup yaitu mengakibatkan daerah quarry, polusi udara dan degradasi lingkungan. Untuk mengatasi masalah tersebut maka salah satu teknologi daur ulang yaitu CTRB dapat digunakan. Campuran Cemen Treated Recycling Base (CTRB) adalah teknik daur ulang perkerasan jalan untuk lapis pondasi yang memanfaatkan RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) yaitu material agregat yang mengandung aspal dan RAM (Reclaimed Aggregate Mineral) yaitu material agregat yang tidak mengandung aspal yang berasal dari garukan perkerasan yang telah rusak, dicampur kembali lalu distabilisasikan dengan semen. Semen sebagai bahan stabilisa pada campuran CTRB memerlukan biaya yang besar. Oleh sebab itu akan disubstitusikan pozolan alam (tras) terhadap semen. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian ITS (Indirect Tensile Strength). Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian ITS (Indirect Tensile Strength). Variasi semen yang dibuat yaitu 2%, 4%, 6% terhadap RAP dan RAM dan variasi tras 0%, 15%, 30% terhadap semen. Variasi campuran semen dan tras yaitu 2% PC, 4% PC, 6% PC, 2% PC : 15% Tras, 4% PC : 15% Tras, 6% PC : 15% Tras, 2% PC : 30% Tras, 4% PC : 30% Tras, 6% PC : 30% Tras. Komposisi optimum campuran yang melampaui nilai ITS yaitu campuran CTRB 6% PC : 15 % Tras dan 6% PC : 30% Tras

Kata Kunci: CTRB, RAP, RAM, Tras, ITS, Pozolan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Teknologi daur ulang (*Recycling Technology*) perkerasan jalan adalah salah satu teknologi yang dikembangkan untuk memperbaiki atau merehabilitasi jalan yang telah mengalami kerusakan. Jalan yang telah rusak dibongkar, lalu material lapis permukaan yang mengandung agregat dan aspal (*Reclaimed Asphalt Pavement/RAP*) dan material agregat lapis pondasi (*Reclaimed Aggregate Mineral/RAM*) digunakan kembali dengan tambahan material baru dan bahan stabilisasi atau tanpa bahan stabilisasi untuk digunakan kembali pada perkerasan jalan. CTRB (*Cement Treated Recycling Base*) adalah salah satu teknik daur ulang pada konstruksi lapis pondasi dimana RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) dan RAM (*Reclaimed Aggregate Mineral*) yang berasal dari perkerasan yang sudah rusak dicampur lalu distabilisasikan dengan semen.

Kerusakan jalan dapat terjadi tidak hanya di lapis permukaan saja tetapi dapat juga terjadi pada lapis pondasi dan pada tanah dasar. Apabila kerusakan terjadi pada lapis pondasi maka rehabilitasi yang harus dilakukan pada lapis pondasinya. Perbaikan yang sering dilakukan yaitu membongkar lapis pondasi yang rusak lalu menggantinya dengan material agregat batu pecah yang baru tanpa menggunakan bahan pengikat maupun menggunakan bahan pengikat berupa semen lalu dipadatkan.

Dalam pelaksanaannya di lapangan, cara ini sering menghadapi tantangan dalam hal pembiayaan karena membutuhkan dana yang besar untuk pengadaan material baru. Ditinjau dari bidang lingkungan hidup, cara ini akan mengakibatkan bertambahnya areal quarry apabila dilakukan pengambilan material secara terus menerus, mengakibatkan polusi udara dan degradasi lingkungan (Waani dkk, 2014).

Untuk mengatasi masalah diatas, maka teknologi daur ulang campuran dingin perkerasan

jalan merupakan salah satu cara yang dapat digunakan untuk merehabilitasi jalan yang telah rusak dengan memanfaatkan salah satu teknologi daur ulang yaitu dengan campuran CTRB.

Komposisi perbandingan RAP dan RAM dalam campuran perlu diteliti untuk melihat pengaruhnya terhadap kekuatan campuran dan juga apakah persentase 60% RAP dan 40% RAM cukup kuat atau tidak apabila gradasinya tidak memenuhi spesifikasi. Penggunaan komposisi perbandingan 60% RAP dan 40% RAM juga bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan material buangan dari jalan yang rusak agar tidak terjadi penumpukan sampah material bekas dari jalan yang rusak.

Bahan stabilisasi menggunakan semen, membutuhkan biaya yang besar dan memiliki kelemahan yaitu mudah retak. Untuk mengurangi penggunaan semen, maka akan digunakan material tambahan berupa pozolan. Material pozolan yang akan disubstitusikan pada semen yaitu tras, Material pozolan yang akan disubstitusikan pada semen yaitu tras, dimana dari segi ekonomis penggunaan material tras lebih murah dan banyak ketersediaannya di provinsi Sulawesi Utara (Manoppo dkk, 2017). Pengujian kuat tarik tidak langsung dilakukan dalam penelitian ini untuk mengetahui kekuatan lapis CTRB yang dibuat.

Berdasarkan Penelitian yang dilakukan oleh Moore at al (1970) beberapa hal yang mempengaruhi kekuatan tarik yaitu jumlah semen, komposisi, distribusi ukuran butiran dan waktu pengeringan. Lapisan campuran tanah-semen yang di padatkan digunakan untuk melapisi tanah yang memiliki daya dukung rendah merupakan teknik perbaikan tanah yang umum digunakan. Dalam kasus seperti ini, Consoli at al (2009) menunjukkan bahwa mekanisme kegagalan terjadi biasanya berawal dari lapisan perbaikan yang memiliki kekuatan tarik rendah.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh komposisi RAP 60% dan RAM 40% 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

Yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian di laboratorium.
2. Material yang digunakan adalah material daur ulang RAP dan RAM,
3. Jenis perkerasan yang dibuat yaitu campuran perkerasan CTRB untuk lapis pondasi perkerasan.
4. Material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) sebesar 60% dan RAM (*Reclaimed Aggregate Material*) sebesar 40% dan campuran ini disubstitusikan dengan semen dan tras.
5. Semen Portland yang digunakan adalah semen Portland tipe 1.
6. Mineral tras yang akan digunakan adalah tras halus yang lolos saringan no. 325.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Mengetahui pengaruh komposisi RAP 60% dan RAM 40% terhadap ketahanan tarik campuran jika dihubungkan dengan spesifikasi gradasi.
2. Mengetahui pengaruh substitusi tras terhadap semen dalam campuran dibandingkan dengan campuran tanpa substitusi tras terhadap kekuatan tarik.
3. Mengetahui komposisi penambahan semen dan tras yang tepat untuk menghasilkan campuran yang optimal.

Manfaat Penelitian

Adapun dengan melakukan penelitian dapat memberikan beberapa manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan solusi dalam perbaikan perkerasan jalan yang ramah lingkungan dan mengatasi masalah kelangkaan material.
2. Memberikan informasi mengenai daur ulang campuran perkerasan jalan dengan teknologi daur ulang CTRB untuk di terapkan pada perbaikan struktur perkerasan jalan
3. Meningkatkan penggunaan tras sebagai bahan pengikat untuk konstruksi perkerasan jalan

LANDASAN TEORI

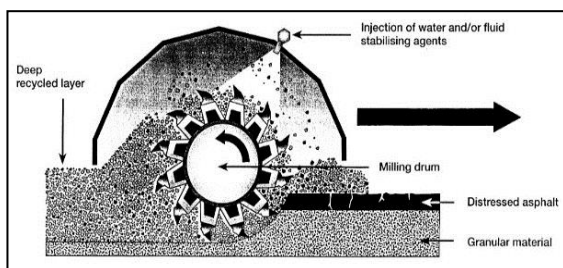
Beberapa Faktor yang mempengaruhi Penurunan Kinerja Perkerasan

Kinerja perkerasan jalan dapat dilihat dari seberapa besar penurunan nilai Indeks permukaan, penurunan nilai IP (Indeks Permukaan) jalan dapat dilihat dari lendutan dan nilai IRI (International Roughness Index) jalan (Emor dkk, 2018).

Kualitas struktur jalan akan menurun seiring dengan bertambahnya umur jalan, apalagi jika dilalui oleh kendaraan dengan muatan berat dan melebihi ketentuan (Safitra dkk, 2019). Kerusakan Perkerasan biasanya diukur secara tidak langsung dengan menilai kenyamanan (*riding quality*), kerusakan struktur seperti kedalaman alur dan retak permukaan (Nono, 2015). Faktor Lingkungan dan beban lalu lintas berpengaruh pada penurunan kinerja jalan. Kerusakan perkerasan jalan yang terjadi di permukaan jalan dan rusaknya konstruksi jalan menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan (Palenewen dkk, 2014).

Daur Ulang Campuran Dingin

Teknologi daur ulang campuran dingin dapat dilakukan di tempat pelaksanaan (*In-place Cold Recycling*) dan di depot pencampuran (*In-plant Cold Recycling*), dapat dilakukan dengan penambahan stabilisasi ataupun tidak. Material yang didaur ulang adalah material RAP yang mengandung aspal dan material RAM yang tidak mengandung aspal lalu diberi tambahan agregat baru dan bahan stabilisasi atau tanpa diberikan agregat baru maupun bahan stabilisasi.



Gambar 1. Proses daur ulang di tempat pelaksanaan (Wirtgen, 2004)

Teknologi Daur Ulang Perkerasan Jalan

Teknologi daur ulang terbagi atas campuran dingin dan campuran panas. Daur ulang campuran dingin berupa CTRB (*Cement Treated Recycling Base*), CTRSB (*Cement Treated Recycling Sub Base*), daur ulang dengan aspal emulsi, dan *Foamed Bitumen*. Sedangkan campuran panas berupa daur ulang bahan garukan yang dipanaskan kembali di AMP (*in plant*).

Keuntungan teknologi daur ulang CTRB dan CTRSB yaitu dapat mengurangi keperluan agregat baru, menghemat energi, geometrik jalan dapat dipertahankan, dan melestarikan sumber alam (Nono, 2015).

Material yang Digunakan dalam Campuran CTRB

Semen

Semen portland adalah semen hidraulis hasil gilingan terak semen Portland yang mengandung kalsium silikat bersifat hidrolis dan ditambah berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (BSN, 2004). Bahan utama semen portland adalah batu kapur (CaO), silica (SiO₂) dan alumina (Al₂O₃). Semen Portland terbagi atas lima jenis yaitu :

- Jenis I
Semen Portland untuk penggunaan konstruksi pada umumnya dan tanpa persyaratan khusus
- Jenis II
Semen Portland yang digunakan bila memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang
- Jenis III
Semen Portland yang digunakan pada konstruksi yang menginginkan kekuatan tinggi pada tahap awal setelah terjadi pengikatan
- Jenis IV
Semen Portland pada penggunaan konstruksi yang memerlukan kalor hidrasi rendah
- Jenis V
Semen Portland yang memiliki ketahanan tinggi pada sulfat

Material Daur Ulang RAP dan RAM

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) merupakan material agregat yang mengandung aspal dan RAM (*Reclaimed Aggregate Material*) merupakan material agregat yang tidak mengandung aspal. Material RAP dan RAM didapat dari hasil garukan perkerasan yang telah rusak. Metode stabilisasi dengan semen, material yang mengandung aspal (RAP) diasumsikan sebagai agregat.

RAP yang berada dalam campuran memberikan pengaruh yang baik pada kekuatan, modulus dan durabilitas dari campuran. RAP yang memiliki kandungan partikel halus yang besar memberikan peningkatan kualitas pada campuran RAP yang distabilisasikan dengan semen, RAP yang mengandung kadar semen tidak memberikan pengaruh signifikan pada kekuatan dan modulus elastisitas campuran semen dengan RAP, pengaruh ukuran butir dari agregat kasar hanya memiliki pengaruh yang sedikit pada kekuatan dan modulus elastisitas campuran (Yuan et al, 2011)

Tras (Pozolan Alam)

Tras adalah pozzolan alam yang berasal dari galian pelapukan material erupsi gunung api, dimana material mengandung silica amorf aktif. Ukuran butirannya antara 0,4 mm – 29 mm dan berwarna abu-abu kehitaman (Panelewen, 1993). Material ini dalam keadaan halus (lolos saringan 0.21 mm) dapat bereaksi dengan air dan kapur padam pada suhu normal (24-27 °C) menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air.

Material tras yang ditambahkan dalam campuran ditentukan oleh kehalusan partikel tras. Apabila digunakan tras yang semakin halus maka memberikan dampak yang baik pada campuran (Tanudjaya H. dkk. 2000). Penelitian yang dilakukan oleh Abdjan dkk. (2013) menyatakan bahwa penambahan tras pada semen untuk perkerasan jalan menunjukkan nilai CBR dan kekuatan lapis perkerasan jalan meningkat dan Waani dkk. (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa substitusi tras terhadap semen pada campuran CTRB menunjukkan adanya pertambahan kekuatan tekan dan daya dukung campuran.

Indirect Tensile Strength

Uji Tarik tak langsung digunakan untuk bahan yang distabilisasikan. Spesimen yang akan di uji diletakkan pada silinder dan diberi beban tekan yang nantinya menghasilkan Tegangan Tarik yang bekerja tegak lurus dan sepanjang bidang diameter dari beban yang diterapkan (Yoder dan Witczak, 1975).

Pengujian ini dilakukan untuk memperkirakan potensi retakan yang akan terjadi pada campuran. Pada saat dilapangan, perkerasan jalan menerima beban lalu lintas. Lapis perkerasan yang berada di atas akan menerima tekanan sedangkan lapis dibawah akan tertarik lalu dapat menyebabkan keretakan. Nantinya retak ini akan merambat dari bawah menuju ke permukaan perkerasan (Afriansyah dan Sentosa, 2015).

$$f'_{tr} = \frac{2 \times P}{\pi \times L \times d}$$

Dimana:

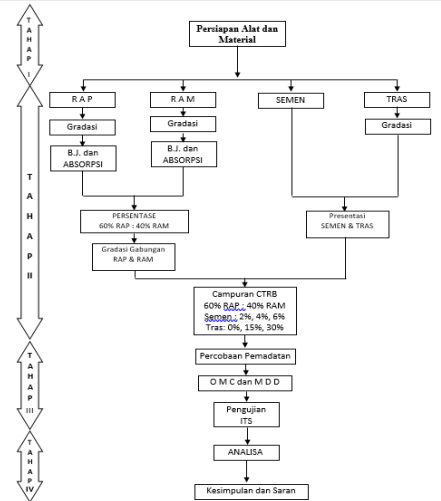
- f'_{tr} = Nilai kuat (kPa)
- P = Nilai beban (kN)
- L = Panjang benda uji (cm)
- D = Diameter benda uji (cm)

Apabila sebuah benda uji di beri tekanan, maka akan terjadi regangan Tarik kearah tegak lurus gaya karena akibat dari adanya hukum kekekalan masa dan Poisson rasio. Kuat tarik belah

memberikan nilai $f'_{tr} = 0,5\sqrt{f'_c}$ pada kuat tekan beton (Han, 2017).

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi dan Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Melakukan persiapan alat dan bahan penelitian di laboratorium
2. Pengujian sifat – sifat fisik pada material RAP dan RAM :
 - Pemeriksaan Berat Jenis dan Absorpsi agregat halus dan Kasur (SNI 03-1969-1990)
 - Pemeriksaan Gradasi agregat halus dan kasar (SNI 03-1968-1990)
 - Pemeriksaan Gradasi campuran RAP 60% : RAM 40% (Spesifikasi gradasi CTRB Departemen Pekerjaan Umum Pd T-08-2005-B)
3. Pengujian pematatan pada campuran RAP + RAM dengan kadar semen: tras. Percobaan ini dilakukan untuk mendapatkan kadar air optimum (w) dan kepadatan kering maksimum (γ_d) dari masing–masing komposisi campuran RAP + RAM + (semen : Tras).
4. Pengujian kuat tarik tidak langsung pada benda uji.

Tabel 1. Variasi Benda Uji

CTR 60% RAP dan 40% RAM				Jumlah
% Semen (terhadap RAP dan RAM)	% Tras (terhadap semen)			
	0%	15%	30%	
0%	2	-	-	2
2%	2	2	2	6
4%	2	2	2	6
6%	2	2	2	6

5. Data yang diperoleh dianalisis lalu ditarik kesimpulan dan saran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat-sifat fisik matial RAP dan RAM

Material RAP dan RAM yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Tol Cipali Jawa Barat.

Pengujian berat jenis yang terdiri dari berat jenis bulk, berat jenis SSD dan berat jenis semu (apparent) dan pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

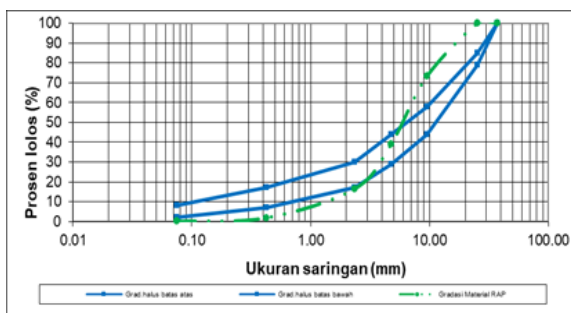
Tabel 2. Pengujian Berat Jenis dan Absorpsi material Rap dan RAM

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian			
		RAP		RAM	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar
1	Berat Jenis Bulk	2.452	2.464	2.541	2.513
2	Berat Jenis SSD	2.495	2.507	2.604	2.578
3	Berat Jenis Apparent	2.562	2.574	2.712	2.688
4	Penyerapan (Absorption)	1.761	1.723	2.470	2.594

Pengujian gradasi yang dilakukan pada material RAP dan RAM mengikuti spesifikasi Pd T-08-2005-B Departemen Pekerjaan Umum. Analisis Saringan RAP dan RAM ditunjukkan pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Pengujian Analisa Saringan RAP

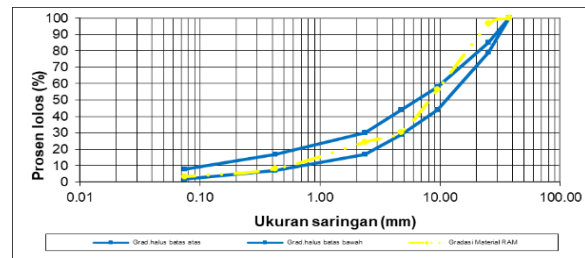
Saringan mm (inci)	Berat Tertahan Gram	Jumlah berat Tertahan Gram	JUMLAH PERSEN	
			Tertahan	Lewat
			%	%
25.4 (1")				100.0
19.1 (3/4")	155.2	155.2	3.2	96.8
12.7 (1/2")	622.8	778.0	16.0	84.0
9.52 (3/8")	528.6	1306.6	26.9	73.1
No. 4	1659.1	2965.7	61.1	38.9
No. 8	872.5	3838.2	79.0	21.0
No. 10	214.0	4052.2	83.4	16.6
No. 16	349.4	4401.6	90.6	9.4
No. 20	193.5	4595.1	94.6	5.4
No. 30	93.1	4688.2	96.5	3.5
No. 40	76.5	4764.7	98.1	1.9
No. 50	30.4	4795.1	98.7	1.3
No. 80	35.1	4830.2	99.4	0.6
No. 100	7.9	4838.1	99.6	0.4
No. 200	16.0	4854.1	99.9	0.1



Gambar 3. Grafik Gradasi RAP

Tabel 4. Pengujian Analisa Saringan RAM

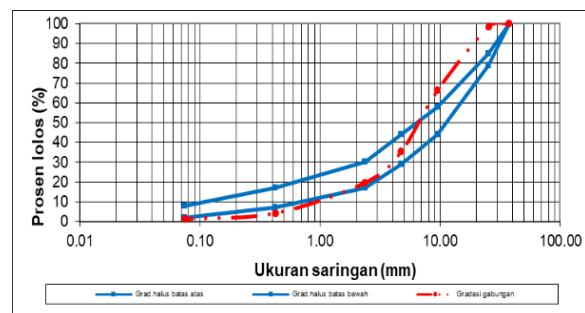
Saringan mm (inci)	Berat Tertahan Gram	Jumlah berat tertahan gram	JUMLAH PERSEN	
			Tertahan	Lewat
			%	%
36.1 (1 1/2")				100.0
25.4 (1")	205.4	205.4	3.4	96.6
19.1 (3/4")	569.6	775.0	12.8	87.2
12.7 (1/2")	1262.2	2037.2	33.6	66.4
9.52 (3/8")	613.2	2650.4	43.6	56.4
No. 4	1562.2	4212.6	69.4	30.6
No. 8	159.4	4372.0	72.0	28.0
No. 10	217.0	4589.0	75.6	24.4
No. 16	406.8	4995.8	82.3	17.7
No. 20	259.1	5254.9	86.5	13.5
No. 30	170.9	5425.8	89.4	10.6
No. 40	154.0	5579.8	91.9	8.1
No. 50	74.1	5653.9	93.1	6.9
No. 80	108.5	5762.4	94.9	5.1
No. 100	27.9	5790.3	95.4	4.6
No. 200	84.0	5874.3	96.7	3.3



Gambar 4. Grafik Gradasi RAM

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

URAIAN	Ukuran Saringan						
	1 1/2" 37.5	1" 25.4	3/8" 9.5	#4 4.75	#10 2.36	#40 0.425	#200 0.075
DATA GRADASI							
Agregat RAP	100.0	100.0	73.1	38.9	16.6	1.9	0.1
Agregat RAM	100.0	96.6	56.4	30.6	24.4	8.1	3.3
KOMBINASI AGREGAT							
Agregat RAP 60.0%	60.0	60.0	43.9	23.3	10.0	1.1	0.1
Agregat RAM 40.0%	40.0	38.6	22.6	12.2	9.8	3.2	1.3
Gradasi gabungan	100.0%	100.0	98.6	66.4	35.6	19.7	4.4
Gradasi Maks.	100	85	58.0	44.0	30.0	17.0	8.0
Gradasi Min.	100	79	44.0	29.0	17.0	7.0	2.0



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

Pengujian fisik Tras

Pengujian sifat-fisik tras yang dilakukan adalah gradasi. Supaya terjadi pozolanik maka dibutuhkan material pozolan yang halus dan untuk menghasilkan ikatan yang kuat dalam campuran maka dibutuhkan material tras yang halus. Untuk itu tras yang digunakan dalam penelitian ini disaring menggunakan saringan No.200 dan disaring lagi menggunakan saringan No.325 untuk mendapatkan tras yang halus.

Tabel 6. Gradasi Tras

Saringan	Jumlah Persen Lolos
No.200	100
No.325	99

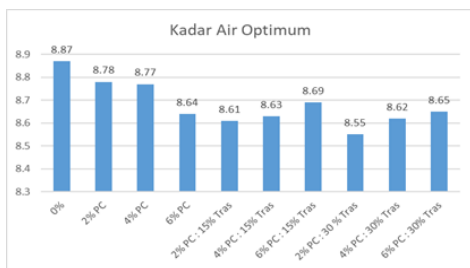
Pengujian Pemadatan (Proctor Test)

Hasil pengujian pemadatan (*proctor test*) akan menghasilkan data kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum. Hasil pemeriksaan kepadatan kering maksimum (γ_d) dan kadar air optimum (w) dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Kadar Air Optimum (w) dan Kepadatan Kering Maksimum (γ_d) masing-masing campuran

No	Campuran	Kepadatan	Kadar Air
1	60% RAP : 40% RAM	2.046	8.87
2	60% RAP : 40% RAM (2% PC)	2.058	8.78
3	60% RAP : 40% RAM (4% PC)	2.078	8.77
4	60% RAP : 40% RAM (6% PC)	2.063	8.64
5	60% RAP : 40% RAM (2% PC dan 15%Tras)	2.066	8.61
6	60% RAP : 40% RAM (4% PC dan 15%Tras)	2.062	8.83
7	60% RAP : 40% RAM (6% PC dan 15%Tras)	2.054	8.69
8	60% RAP : 40% RAM (2% PC dan 30%Tras)	2.069	8.55
9	60% RAP : 40% RAM (4% PC dan 30%Tras)	2.073	8.72
10	60% RAP : 40% RAM (6% PC dan 30%Tras)	2.076	8.83

Grafik kadar air dan kepadatan dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6. Grafik Kadar Air Optimum(w)



Gambar 7. Grafik Kepadatan Kering Maksimum (γ_d)



Gambar 8. Grafik gabungan Kepadatan kering maksimum (γ_d) dan Kadar Air Optimum (w)

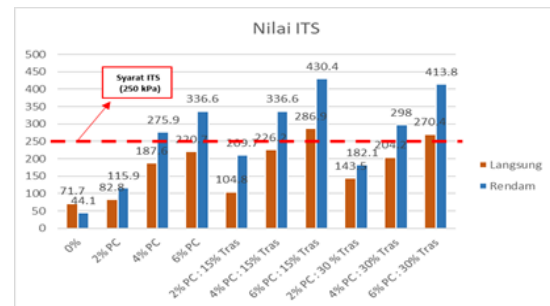
Substitusi 15% terhadap semen mengakibatkan peningkatan kadar air dan kepadatan campuran. Begitu juga dengan substitusi 30% tras terhadap semen, kadar air optimum meningkat diikuti dengan peningkatan kepadatan campuran. Campuran CTRB dengan kadar RAP yang besar, kepadatannya tinggi karena adanya aspal dalam RAP yang membantu mencapai kepadatan campuran. Pengaruh semen dalam campuran ini pada material RAM sehingga kadar material semen (semen + tras) mengakibatkan kepadatan campuran meningkat, baik pada substitusi 15% Tras maupun pada 30% tras terhadap semen.

Pengujian ITS (Indirect Tensile Strength)

Hasil pengujian ITS pada campuran CTRB yang mengandung RAP 60% : RAM 40% ditunjukkan pada Tabel 8 dan grafiknya pada Gambar 9.

Tabel 8. Pengujian ITS

No	Campuran	Nilai ITS	
		Langsung (kPa)	Rendam (kPa)
1	60% RAP : 40% RAM	71.7	44.1
2	60% RAP : 40% RAM (2% PC)	82.8	115.9
3	60% RAP : 40% RAM (4% PC)	187.6	275.9
4	60% RAP : 40% RAM (6% PC)	220.7	336.6
5	60% RAP : 40% RAM (2% PC dan 15%Tras)	104.8	209.7
6	60% RAP : 40% RAM (4% PC dan 15%Tras)	226.2	336.6
7	60% RAP : 40% RAM (6% PC dan 15%Tras)	286.9	430.4
8	60% RAP : 40% RAM (2% PC dan 30%Tras)	143.5	182.1
9	60% RAP : 40% RAM (4% PC dan 30%Tras)	204.2	298
10	60% RAP : 40% RAM (6% PC dan 30%Tras)	270.4	413.8



Gambar 9. Grafik Nilai ITS hubungan semen dan tras masing-masing campuran

Penggunaan tras pada semen menunjukkan adanya peningkatan nilai ITS. Itu berarti tras memiliki pengaruh positif pada campuran. Substitusi tras 15% kedalam campuran meningkatkan nilai ITS dibandingkan dengan

campuran yang hanya mengandung semen. Begitu juga dengan substitusi tras sebesar 30% pada campuran. Walaupun nilai ITSnya menurun dibandingkan dengan substitusi 15% tapi substitusi tras 30% melewati nilai ITS campuran yang hanya mengandung semen saja. Pengujian ITS penting sebagai ukuran daya tahan dalam jangka waktu yang lama, dimana nilai minimum ITS 250 kPa dibutuhkan untuk menahan keretakan yang disebabkan oleh karbonasi (Wirtgen, 2004). Benda uji yang memenuhi syarat ada benda uji yang memiliki nilai ITS 250 kPa ke atas.

PENUTUP

Kesimpulan

Beberapa hal yang menjadi kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Campuran CTRB komposisi 60% RAP : 40% RAM tidak memenuhi spesifikasi gradasi CTRB tetapi setelah dilakukan pengujian ketahanan tarik, campuran CTRB memenuhi syarat ITS 250 kPa. Substitusi pozolan alam (tras) sebesar 15% terhadap semen mengakibatkan nilai ketahanan tarik cenderung meningkat bahkan melampaui syarat ITS begitu juga dengan substitusi 30% pozolan alam (tras) terhadap semen mencapai dan melampaui syarat walaupun nilainya tidak setinggi yang disubstitusikan 15% pozolan alam (tras) terhadap semen.
2. CTRB yang mengandung RAP 20% lebih banyak dari RAM (60% RAP : 40% RAM) memberikan pengaruh terhadap kepadatan campuran yang menjadi tinggi. Karena material RAP mengandung aspal yang membantu campuran untuk mencapai kepadatan sedangkan kadar air campuran menurun karena banyaknya kandungan RAP, dimana material RAP di selimuti oleh aspal yang kedap air dan mengakibatkan penyerapan air jadi berkurang.
3. Campuran RAP 60% : RAM 40% dengan tambahan semen variasi 2%, 4% dan 6% sebagai bahan stabilisasi menghasilkan:

- Terjadi peningkatan kekuatan *Indirect Tensile Strength* (ITS) seiring dengan bertambahnya persentase semen dalam campuran. Namun tidak mencapai syarat nilai ITS (250 kPa) kecuali 4% dan 6% untuk pengujian ITS rendam.

Substitusi tras terhadap semen pada campuran RAP 60% : RAM 40% menghasilkan:

- Nilai ITS cenderung meningkat ketika disubstitusikan 15% tras terhadap semen begitu juga dengan substitusi 30% tras terhadap semen, yaitu melampaui syarat nilai ITS 250 kPa pada 4% semen : 15% tras dengan nilai ITS rendam 336,6 kPa; 6% semen : 15% tras nilai ITS langsung 286,9 kPa dan rendam 430,4 kPa; 4% semen : 30% tras dengan nilai ITS rendam 298 kPa dan 6% semen : 30% tras untuk nilai ITS langsung 270 kPa dan rendam 413,8 kPa.
4. Campuran CTRB yang memenuhi bahkan melampaui syarat kekuatan ITS adalah campuran 60% RAP : 40% RAM dengan kadar semen 6% yang disubstitusikan tras sebesar 15% dan 30%
 5. Dari penelitian yang dilakukan, menunjukkan hasil penggunaan RAP dan RAM memberikan pengaruh positif dalam campuran dimana adanya peningkatan nilai ITS ketika distabilisasikan dengan semen yang disubstitusikan pozolan alam tras

Saran

Untuk itu dalam merekonstruksi kembali jalan yang telah mengalami kerusakan dapat menggunakan kembali material bekas, direkomendasikan adalah campuran CTRB dengan komposisi 60% RAP : 40% RAM dengan 6% semen yang disubstitusikan 15% Tras atau 30% Tras.

Untuk penelitian selanjutnya mengenai campuran CTRB yaitu perlu penelitian lebih lanjut untuk variasi campuran RAP dan RAM yang berbeda, perlu dilakukan tambahan variasi semen dan tras, perlu penelitian lebih lanjut mengenai pozolan selain tras yang dapat disubstitusikan pada semen sebagai bahan stabilisasi campuran CTRB.

DAFTAR PUSTAKA

Abdjan, A. M., Paransa, M. J., Lintong, E., Monintja, S., 2013. *Pemanfaatan Tras pada Perkerasan Jalan*, Jurnal Sipil Statik, Vol 1 No 7. ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

- Afriansyah, Y. and 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.
- ASTM C 311-96a. *Standard Test Method for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*. USA.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI 03-1968-1990. *Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990. SNI 03-1969-1990. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, 2004. SNI 15-2049-2004, *Semen Portland*, Jakarta.
- Consoli, N. C., Rosa, F. D., and Fonini, A., 2009. *Plate load tests on cemented soil layers overlaying weaker soil*, Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, 135(12), pp.1846-1856.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2005. *Pd T-08-2005-B Perencanaan Campuran Lapis Pondasi Hasil Daur Ulang Perkerasan Lama dengan Semen*, Jakarta.
- Emor, E. K., Lalamentik, L. G., dan Waani, J. E., 2018. *Pengaruh Beban Gandar Kumulatif terhadap Penurunan Kinerja Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado-Bitung & Ruas Jalan Bethesda)*, Jurnal Sipil Statik, Vol 6 No 4. ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Han, A. L., 2017. *Pengantar Teknologi Beton*. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Manoppo, M. R., Dapas, S. O., and Walangitan, D. R., 2017. *Pemanfaatan Tras sebagai Bahan Tambahan pada Agregat Halus dalam Campuran Aspal Panas HRS-WC Semi Senjang*. Jurnal Sipil Statik, Vol 5 No 10., ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- 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.
- Nono., 2015. *Teknologi Daur Ulang Bahan Perkerasan Jalan Beraspal*, Puslitbang Jalan dan Jembatan. Bandung
- Palenewen, S. Ch. N., Timboeleng, J. A. dan Jansen, F., 2014. *Pemodelan Matematis Kejadian Kecelakaan di Ruas Jalan AA Maramis Kota Manado*. Jurnal Ilmiah Media Engineering, Vol 4 No 4, Universitas Sam Ratulangi, Manado..
- Panelewen, L., 1993. *Pemakaian Tras sebagai Filler Pada Campuran Aspal Panas*, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Safitra, P. A., Sendow, T. K. dan Pandey, S. V., 2019. *Analisa Pengaruh Beban Berlebih Terhadap Umur Rencana Jalan (Studi Kasus: Ruas Jalan Manado-Bitung)*, Jurnal Sipil Statik, Vol 7 No 3. ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Tanudjaja, H., Sugiri, S. M. dan 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, S., dan Setiadji, B. H., 2014. *Evaluasi Sifat-Sifat Mekanik Campuran CTRB yang Disubstitusi Parsial dengan Pozolan Alam (Tras)*. Jurnal Teknik Sipil, 21(3), pp.229-239.
- Wirtgen, (2004). *Cold Recycling Manual 2nd Edition*. Wirtgen, GmbH, Germany

Yoder, E. J., and Witczak, M. W., 1975. *Principles Of Pavement Design 2nd Edition*. United States of America

Yuan, D., Nazarian, S., Hoyos, L. R., and Puppala, A. J., 2011. *Evaluation and mix design of cement-treated base materials with high RAP content*, Transportation Research Board, TRB, Washington, DC.

Halaman ini sengaja dikosongkan