

ANALISIS KINERJA CAMPURAN ASPAL BERONGGA SUBSTITUSI LIMBAH BETON PENGGANTI AGREGAT BERDASARKAN REAM

Mardiana^{1*}, Natsar Desi¹, Sri Gusty¹

¹ Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan, Universitas Fajar, Makassar

*Email: Mardiana_197@yahoo.com

Abstrak : Gempa Bumi yang terjadi di beberapa daerah di Indonesia, menghasilkan limbah beton dari reruntuhan bangunan infrastruktur yang bisa menghambat aktivitas manusia. Karena itu, tindakan yang dapat diambil untuk mengurangi dampaknya dengan memanfaatkan limbah beton hasil reruntuhan sebagai inovasi bahan baru pengganti agregat. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis nilai kadar aspal optimum, nilai rongga pada campuran dan nilai kehilangan berat pada campuran aspal berongga dengan substitusi limbah beton. Perbandingan limbah beton dan batu pecah yang digunakan yakni 0/100%, 50/50%, 75/25% dan 100/0%. Spesifikasi yang digunakan yaitu Road Engineering Association Of Malaysia (REAM). Hasil penelitian menyatakan bahwa pengujian kadar aspal optimum yang telah dilakukan di laboratorium pada benda uji dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, menghasilkan nilai kadar aspal optimum yang paling baik untuk digunakan yaitu pada kadar aspal optimum 6,25%. Hasil pengujian permeabilitas pada benda uji dengan variasi limbah beton dan batu pecah memenuhi semua variasi limbah beton. Hasil pengujian cantabro pada benda uji dengan variasi limbah beton dan batu pecah yang memenuhi spesifikasi Road Engineering Association of Malaysia (REAM) hanya variasi limbah beton 0/100% dan 100/0%. Penggunaan perbandingan variasi limbah beton dan batu pecah memberikan pengaruh yang besar terhadap hasil pengujian yang dilakukan.

Kata kunci: REAM, Aspal Berongga, Limbah Beton, Kadar Aspal Optimum, Permeabilitas, Cantabro.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang di beberapa daerahnya rawan bencana alam, seperti gempa bumi maupun banjir. Bencana alam yang tidak terduga dapat berdampak besar pada aktivitas manusia sehari-hari. Oleh karena itu, penting untuk mengambil langkah-langkahantisipasi sebelum dan sesudah bencana terjadi. Gempa bumi merupakan contoh bencana alam yang sangat erat kaitannya dengan infrastruktur dan lingkungan. Jika hal ini terjadi, maka perlu dilakukan tindakan darurat untuk mengatasi permasalahan yang ditimbulkan, misalnya gempa bumi yang terjadi menghasilkan limbah beton akibat keruntuhan bangunan infrastruktur yang dapat menghambat aktivitas yang ada. Karena itu, tindakan yang dapat diambil untuk mengurangi dampaknya yaitu memanfaatkan limbah beton hasil reruntuhan sebagai bahan penelitian untuk inovasi baru sebagai pengganti agregat.

Perkembangan teknologi yang sangat pesat dapat menjadi faktor pendorong yang dapat memunculkan berbagai inovasi baru dalam dunia konstruksi, yang pemanfaatannya tidak hanya dari penggunaan material dari alam, salah satunya adalah pemanfaatan limbah sebagai bahan pengganti/substitusi.

Diketahui bahwa limbah merupakan bahan sisa atau buangan yang berasal dari suatu aktivitas atau kegiatan baik dari industri maupun domestik yang dapat memberikan dampak negatif bila tidak dikelola dan dimanfaatkan dengan baik oleh masyarakat. Olehnya itu diperlukan upaya-upaya tertentu yang diharapkan dapat mengurangi dampak yang ditimbulkan adanya limbah yaitu dengan menjadikan limbah sebagai bahan pengganti untuk material penyusun bangunan konstruksi. Salah satunya yaitu pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar.

Pemanfaatan limbah menjadi salah satu alternatif yang bisa dilakukan untuk menutupi keterbatasan dan kekurangan sumber daya alam untuk penyediaan material-material

penyusun dan pembentukan suatu konstruksi bangunan. Dimana dalam hal ini, pemanfaatan limbah yang dilakukan yaitu memanfaatkan limbah beton untuk diolah kembali dengan penambahan zat additive agar bisa dipergunakan kembali dengan nilai strukturnya yang lebih tinggi dari pada sebelumnya. Salah satu tujuan penggunaan limbah beton sebagai bahan pengganti agregat yaitu untuk mengurangi biaya konstruksi bangunan serta untuk menghemat penggunaan material alami yang ada, dan untuk mengurangi kerusakan lingkungan. Dampak yang ditimbulkan dari limbah konstruksi sangat besar pengaruhnya terhadap lingkungan, salah satunya yaitu polusi bahan kimia yang disebabkan oleh pelepasan semen yang dibuang sembarangan [1] Melihat banyaknya limbah beton yang tidak dimanfaatkan, maka para peneliti dan pemerhati lingkungan serta akademisi bermunculan untuk bagaimana memanfaatkan kembali limbah beton, salah satu upaya yang dilakukan yaitu dengan mendaur ulang sebelum digunakan sebagai material agregat [2].

Penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat pada campuran aspal berongga sudah banyak diteliti, dimana aspal berongga adalah campuran aspal perkerasan lentur, di mana air dapat meresap kedalam lapisan aus (*wearing course*) secara vertikal dan mengalirkan secara horizontal. Aspal berongga merupakan jenis campuran aspal yang komposisi agregat yang digunakan yaitu gradasi seragam, dimana gradasi ini mempunyai persentase agregat kasar yang lebih besar dibanding agregat halusya. Pada campuran aspal ini menggunakan gradasi campuran dengan penggunaan agregat kasar yang menjadi dominasi [3].

Beberapa penelitian tentang penggunaan limbah beton sebagai bahan substitusi telah dilakukan, salah satunya yang telah diteliti oleh [4] yang menyatakan bahwa nilai dari proporsi campuran agregat kasar antara batu pecah dan limbah beton yang optimum yaitu 0% batu pecah dan 100% limbah beton, sedangkan untuk nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah beton pada campuran aspal dapat meningkatkan ketahanan campuran.

Pada penelitian sebelumnya penggunaan limbah beton sebesar 35% dari total berat campuran dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) yaitu 6,71% dengan nilai parameter marshall yang semuanya memenuhi spesifikasi. [5]. Penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar berdasarkan hasil penelitian memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada Bina Marga 2010 sebagai pengganti agregat kasar pada campuran AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course). Dengan, mengganti sebagian dari agregat kasar menggunakan limbah ternyata memiliki pengaruh terhadap karakteristik Marshall. [6]

Dari hasil analisis didapatkan nilai negatif, VMA, VIM dan Marshall Quotient meningkat, sedangkan nilai alir dan peningkatan VFB menurun dengan meningkatnya kadar limbah beton. Nilai tertinggi diperoleh pada kadar limbah beton 15% yaitu 1807.1kg, nilai VMA tertinggi adalah highest diperoleh pada kadar limbah 15%. [7].

Dengan hasil penggunaan kadar aspal optimum 5,13, kadar limbah optimum 100% limbah beton dan kadar gilsonit optimum 8,5% menghasilkan nilai karakteristik dan kinerja yang lebih baik dari campuran aspal porus dibandingkan campuran aspal porus normal secara marshall test, dynamic stabilitas, ketahanan slip dan modulus ulet. [8]. Penggunaan kadar optimum pada variasi substitusi limbah beton yaitu 90%. Dari variasi tersebut didapatkan nilai parameter marshall yang tidak memenuhi dari spesifikasi dan untuk hasil pengujian cantabro memenuhi dari spesifikasi yang digunakan. [9]. Berdasarkan hal tersebut diatas, maka peneliti tertarik untuk menganalisis nilai kadar aspal optimum, nilai rongga pada campuran dan nilai kehilangan berat pada campuran aspal berongga dengan substitusi limbah beton sebagai pengganti agregat.

II. METODOLOGI

II.1 Jenis Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen di Laboratorium dengan pengujian benda uji kadar aspal optimum mengacu pada SNI 06-2489-1991, dan untuk benda uji permeabilitas dan benda uji cantabro mengacu pada *Road Engineering Association Of Malaysia* (REAM,2008). Berdasarkan data campuran aspal berongga menggunakan limbah beton sebagai substitusi agregat kasar sesuai dengan spesifikasi *Road Engineering Association Of Malaysia* (REAM, 2008) dan data variasi limbah beton yang digunakan sebagai pengganti agregat. Bahan penelitian menggunakan bahan lokal sebagai material penyusun campuran aspal berongga berupa campuran aspal berongga yaitu agregat kasar, dalam hal ini menggunakan limbah beton dengan variasi 0/100%, 50/50%, 75/25% dan 100/0%. Agregat halus, filler, dan aspal minyak.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1 PENGUJIAN KADAR ASPAL OPTIMUM

Pengujian kadar aspal optimum dilakukan dengan tujuan untuk memberikan hasil kadar aspal optimum yang paling baik untuk digunakan dan memenuhi spesifikasi dari keseluruhan nilai karakteristik yang ada. Dan merupakan kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada lapisan perkerasan.

Untuk pembuatan benda uji dimana setiap kadar aspal memiliki 3 sampel. Agar bisa didapatkan nilai grafik kadar aspal yang stabil, maka penentuan KAO dengan mengambil dua kadar aspal atas dan dua kadar aspal bawah. Dari hasil perhitungan kadar aspal rencana (*Pb*), maka didapatkan nilai kadar Aspal yaitu 6%. Setelah itu, diambil dua kadar aspal dibawah dan dua kadar aspal diatas nilai 6% menggunakan interval 0,5% sehingga nilai variasi kadar aspal optimum yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal	Berat Isi	VIM	VMA	VFB	Stabilitas (Kg)	Flow (Mm)	Marshall Qoutient (Kg/Mm)
		20,61	28,30	27,22			
5,00	1,968	5	5	1	2159,61	3,16	682,70
		17,96	26,83	33,19			
5,50	2,019	0	8	1	2070,59	4,47	463,57
		18,49	28,22	34,51			
6,00	1,991	2	5	7	2183,64	3,06	713,61
		19,15	29,70	35,60			
6,50	1,960	5	0	6	971,86	3,93	247,08
			16,80	83,01			
7,00	2,333	3,113	3	6	846,73	3,51	241,00

Sumber: Olah Data, 2021.

Kadar aspal optimum (KAO) adalah kadar aspal yang memberikan hasil sesuai spesifikasi nilai karakteristik keseluruhan. Dan kadar aspal yang memberikan stabilitas terbesar pada lapisan perkerasan, dimana persyaratan lain terpenuhi, seperti nilai VIM, flow dan lain sebagainya. [5]

Dari Tabel I diatas, menunjukkan hasil pengujian kadar aspal optimum (KAO) didapatkan nilai rata-rata dari variasi kadar aspal, baik nilai rata-rata berat isi maupun nilai rata-rata dari beberapa parameter *marshall*, yaitu VIM, VMA, VFB, stabilitas, flow, dan MQ.

Tabel 2. Penentuan Nilai Tengah Kadar Aspal Optimum

Parameter Marshall	Persentase Sesuai Spesifikasi						Spesifikasi
VIM							18% - 25%
VMA							Min. 16%
VFB							70% - 80%
STABILITAS							350 - 800 kg
FLOW							2 - 4 mm
MQ							Min. 200 kg
	5	5,5	6	6,25	6,5	7	

Sumber: Olah Data, 2021.

Dari Tabel 2, menunjukkan hasil pengujian kadar aspal optimum dari parameter marshall ternyata ada beberapa karakteristik yang tidak memenuhi spesifikasi yang digunakan, seperti pada karakteristik nilai VIM hanya pada kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% yang memenuhi. Pada karakteristik VMA semua kadar aspal yang digunakan memenuhi spesifikasi. Pada karakteristik VFB dan stabilitas tidak ada satupun dari kadar aspal yang memenuhi spesifikasi. Untuk karakteristik flow, yang memenuhi spesifikasi hanya pada kadar aspal 5%, 6%, 6,5% dan 7%. Sedangkan untuk karakteristik MQ dari variasi kadar aspal semuanya telah memenuhi nilai dari spesifikasi yang digunakan. Hasil perhitungan nilai tengah diambil dari kadar aspal yang memenuhi dari semua parameter marshall. Yang memenuhi dari kadar aspal yang terendah hingga kadar aspal yang tertinggi untuk bisa menentukan nilai tengahnya. Dan dari hasil pengujian didapatkan kadar aspal yang memenuhi yaitu pada kadar aspal 6% dan 6,5%. Maka bisa di tentukan nilai kadar aspal optimum yang digunakan untuk campuran aspal berongga pada penelitian ini yaitu 6,25 %. Campuran aspal menggunakan agregat limbah beton sebesar 35% dari total berat campuran aspal dengan kadar aspal perkiraan 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7% didapatkan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6,17%. Hasil dari karakteristik marshall yang didapatkan adalah nilai VIM sebesar 4,8%, nilai VMA yaitu sebesar 17,71%, VFA yaitu 72,9%, nilai stabilitas yaitu sebesar 1627 kg. Nilai flow yaitu sebesar 4,5 mm dan MQ sebesar 361,6 kg/mm. [5]

III.2 Pengujian Permeabilitas

Uji permeabilitas merupakan perbandingan antara banyaknya air yang dapat dialirkan dalam setiap detik. Bila nilai permeabilitas semakin rendah menunjukkan semakin kecilnya rongga udara dalam campuran, sehingga campuran tidak bersifat porus, demikian sebaliknya. Besar dan kecilnya nilai permeabilitas sangat dipengaruhi oleh distribusi dan gradasi agregat yang akan membuat campuran lebih padat. Pemeriksaan permeabilitas pada benda uji dilakukan dengan menggunakan alat uji permeabilitas tipe *Constant Head Permeability* (CHP). Berikut tabel hasil pengujian permeabilitas benda uji dengan variasi limbah beton dan batu pecah.

Tabel 3. Hasil Pengujian Permeabilitas

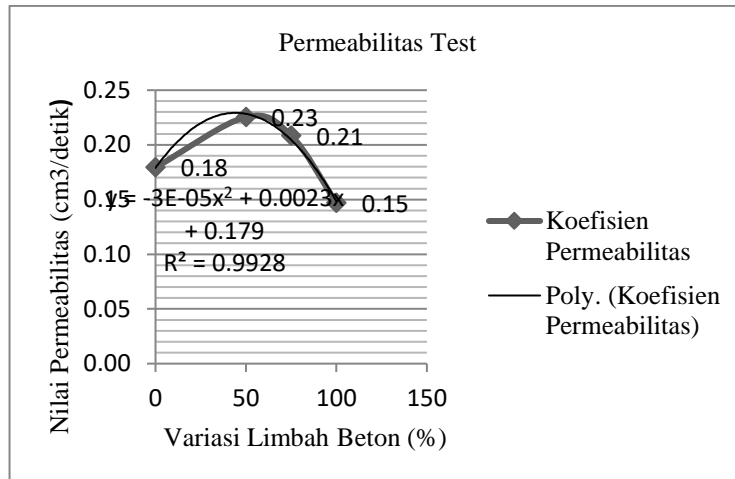
Variasi Limbah Beton (%)	Sampel	Koefisien Permeabilitas (Cm/Detik)
0/100%	1	0,18
	2	0,18
	3	0,18
Rata-rata		0,18
50/50%	1	0,23
	2	0,22
	3	0,23
Rata-rata		0,23
75/25%	1	0,21
	2	0,21
	3	0,21
Rata-rata		0,21
100/0%	1	0,15
	2	0,15
	3	0,14
Rata-rata		0,15

Sumber: Olah Data, 2021.

Berdasarkan spesifikasi permeabilitas, nilai yang disyaratkan yaitu 0,3 cm/detik, maka variasi limbah beton dan batu pecah yaitu 0/100%, 50/50%, 75/25% dan 100/0%, telah memenuhi spesifikasi karena dapat mengalirkan air dengan baik. Dari hasil pengujian permeabilitas dapat dilihat bahwa penggunaan limbah beton pada campuran aspal berongga berpengaruh terhadap nilai koefisien permeabilitas, karena terjadinya penurunan nilai koefisien permeabilitas pada variasi limbah beton 50/50%, 75/25%, dan 100/0% yang digunakan.

Hasil pengujian permeabilitas menggunakan metode constant head permeability (CHP). Permeabilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa air dapat melewati rongga yang ada pada campuran aspal porus agar dapat mencegah terjadinya aqua planning sehingga menghasilkan permukaan yang memiliki tingkat kekesatan yang lebih tinggi dan dapat mengurangi kebisingan [10]

Penggunaan LGA tipe 50/30 sebagai bahan pengikat pada campuran aspal dapat menghasilkan aspal menjadi porus dan membuat rongga yang ada didalam benda uji mampu mengalirkan air yang volumenya di atas persyaratan minimal (0.3 cm³/detik) . Dengan menggunakan gradasi yang mengambil dari spesifikasi REAM (Road Engineering Association of Malaysia). Campuran aspal tetap menghasilkan rongga. Penurunan nilai koefisien permeabilitas pada benda uji seiring dengan peningkatan kadar Asbuton berpengaruh terhadap nilai koefisien permeabilitas yang dimana semakin bertambah nilai persentase LGA maka semakin kecil nilai koefisien permeabilitas yang dihasilkan. Penggunaan limbah oli yang berasal dari kendaraan tipe Diesel yang digunakan sebagai pemeram LGA dapat mempermudah LGA tercampur pada agregat yang telah di panaskan sehingga dengan cepat LGA tercampur dengan merata. [11]



Gambar 1. Kurva hubungan nilai permeabilitas dengan variasi limbah beton

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa hubungan permeabilitas dengan variasi limbah beton membentuk persamaan polynomial $y = -3E-05x^2 + 0,0023x + 0,179$ dengan nilai korelasi $R^2 = 0,9928$. Hubungan antara nilai permeabilitas dengan variasi limbah beton sangat kuat karena nilai korelasi yang dihasilkan hampir mendekati nilai 1.

III.3 Pengujian Cantabro

Pengujian cantabro dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi dengan mesin Los Angeles. Makin kecil kehilangan benda uji makin besar nilai abrasi.

Dari hasil pengujian, berdasarkan spesifikasi yang telah disyaratkan oleh Road Engineering Association Of Malaysia (REAM) yang mensyaratkan bahwa batas nilai kehilangan berat (cantabro) yang dapat terjadi dari campuran aspal berongga adalah tidak boleh lebih dari 20%. Pengujian Cantabro menunjukkan ketahanan suatu benda uji. Makin kecil kehilangan berat yang terjadi pada benda uji berarti makin tahan benda uji tersebut, sesuai tabel 4 berikut.

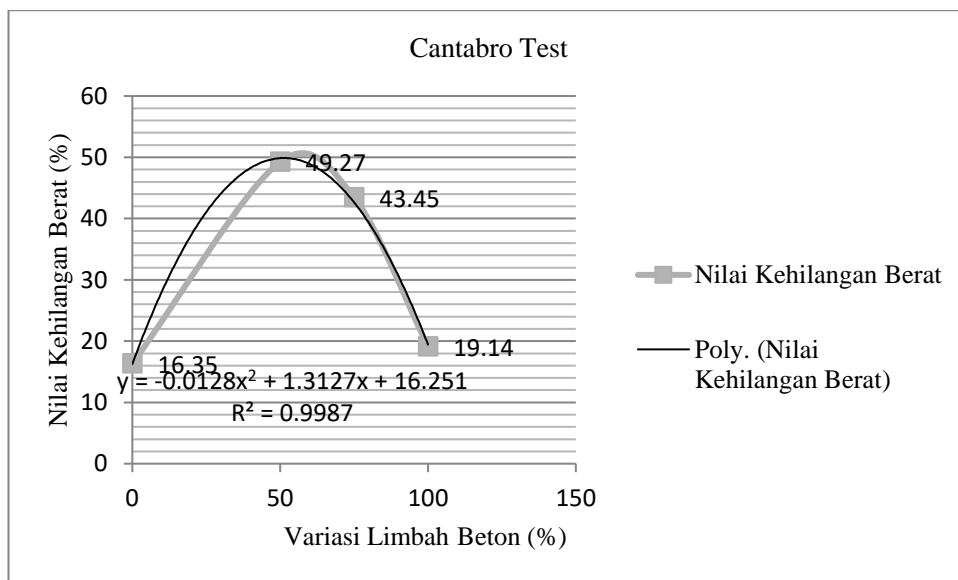
Tabel 4. Hasil Rata-Rata Pengujian Cantabro

Gradasi	Variasi limbah beton	Benda Uji	Kehilangan Berat	Keterangan	
Type	%	No.	(%)	Memenuhi	Tidak Memenuhi
Ream	0/100	1	12,99	Memenuhi	
		2	16,21		
		3	19,85		
		Rata-rata	16,35		
Ream	50/50	1	53,87	Tidak Memenuhi	
		2	46,12		
		3	47,82		
		Rata-rata	49,27		
Ream	75/25	1	45,97	Tidak Memenuhi	
		2	41,91		
		3	42,49		
		Rata-rata	43,45		
Ream	100/0	1	16,91	Memenuhi	
		2	20,08		
		3	20,43		
		Rata-rata	19,14		

Sumber: Olah Data, 2021.

Nilai hasil pengujian *cantabro* pada benda uji menghasilkan nilai rata-rata *Cantabro* pada variasi limbah beton 0% dan batu pecah 100% adalah 16,53%, dan hasil rata-rata *Cantabro* pada variasi limbah beton 50% dan batu pecah 50% menghasilkan nilai rata-rata kehilangan adalah 49,27%. dan hasil rata-rata *Cantabro* pada variasi limbah beton 75% dan batu pecah 25% adalah 43,45% Serta hasil nilai rata-rata *Cantabro* pada variasi limbah beton 100% dan batu pecah 0% adalah 19,14%. Berdasarkan hasil pengujian diatas, dapat diketahui bahwa nilai pengujian *cantabro* yang memenuhi spesifikasi REAM terdapat pada variasi limbah beton 0% dan batu pecah 100% serta variasi limbah beton 100% dan batu pecah 0%. sedangkan hasil pengujian *cantabro* yang tidak memenuhi spesifikasi REAM terdapat pada variasi limbah beton 50% dan batu pecah 50% serta pada variasi limbah beton 75% dan batu pecah 25%. Dari hasil pengujian *cantabro* terjadi penurunan nilai kehilangan berat pada variasi limbah beton 50/50%, 75/25%, dan 100/0% yang digunakan. Dan dapat dilihat bahwa penggunaan limbah beton pada campuran aspal berongga berpengaruh terhadap nilai kehilangan berat.

Hasil pengujian *Cantabro* pada benda uji gradasi Bina Marga dengan hasil rata-rata 7,68% . Nilai tersebut menunjukkan bahwa ketahanan pada benda uji semakin besar. [9]



Gambar 2. Kurva hubungan nilai kehilangan berat dengan variasi limbah beton

Dapat dilihat hubungan antara nilai kehilangan berat dengan variasi limbah beton membentuk persamaan polinomial $y = -0,0128x^2 + 1,3127x + 16,251$ dengan nilai korelasi $R^2 = 0,9928$. Dari hubungan antara nilai kehilangan berat dengan variasi limbah beton yang digunakan sangat kuat karena nilai korelasi yang dihasilkan hampir mendekati nilai 1.

IV. KESIMPULAN

Hasil pengujian kadar aspal optimum yang telah dilakukan di laboratorium pada benda uji dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, menghasilkan nilai kadar aspal optimum yang paling baik untuk digunakan yaitu pada kadar aspal optimum 6,25%. Hasil pengujian permeabilitas pada benda uji dengan variasi limbah beton dan batu pecah yang mempunyai kemampuan mengalirkan air yang paling bagus yaitu pada variasi limbah beton dan batu pecah 50/50% dan 75/25%. Semakin kecil perbandingan variasi limbah beton dan batu pecah maka semakin meningkat pula nilai koefisien permeabilitas yang dihasilkan. Hasil pengujian *cantabro* pada benda uji dengan variasi limbah beton dan batu pecah yang memenuhi spesifikasi Road Engineering Association of Malaysia (REAM, 2008) hanya

variasi limbah beton 0/100% dan 100/0%. Semakin kecil perbandingan variasi limbah beton maka semakin besar nilai kehilangannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis Mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Ir. Erniati, ST.,MT, Dr. Ritnawaty, ST.,MT dan Dr. Sri Gusty, ST.,MT yang telah memberikan dukungan dan nasehat serta saran kepada penulis, dan Terima kasih pula untuk teman-teman magister rekayasa infrastruktur dan lingkungan atas semangat dan kebersamaannya selama ini.

REFERENSI

- [1] V. S. (Vangipuram S. Ramachandran, "Handbook Of Thermal Analysis Of Construction Materials," P. 680, 2002.
- [2] R. Risamawarni, E. Bachtiar, And F. Rachim, "Pengaruh Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Curing Air Laut," *Indones. J. Fundam. Sci.*, Vol. 6, No. 2, Pp. 127–137, Oct. 2020, Doi: 10.26858/Ijfs.V6i2.17464.
- [3] R. Siang *Et AL.*, "Terhadap Parameter Marshall," Vol. 20, No. 2, Pp. 97–104, 2020.
- [4] M. Bangun Prawiro, Nugraha Pasca Ogenta Tarigan, Ludfi Djakfar, Hendi Bowoputro, "Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus Dengan Tambahan Gilsonite Jurnal - Pdf Download Gratis." <https://Docplayer.info/37336001-Pengaruh-Penggunaan-Limbah-Beton-Sebagai-Agregat-Kasar-Pada-Campuran-Aspal-Porus-Dengan-Tambahan-Gilsonite-Jurnal.html> (Accessed Nov. 05, 2021).
- [5] Herwin, "Penentuan Kadar Aspal Optimum (Kao) Dalam Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Herwin Widya Wardana," 2010.
- [6] I. B. Muhammad, "Analisa Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc) Menggunakan Limbah Beton Sebagai Coarse Agregat," 2016.
- [7] G. W. Subagyo And I. Indramaha, "Kinerja Marshall Campuran Beraspal Panas Lapis (Ac-Bc) Menggunakan Limbah Beton," *Indones. J. Constr. Eng. Sustain. Dev.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 80–86, Oct. 2020, Doi: 10.25105/Cesd.V2i2.6451.
- [8] F. N. M. Sianturi And S. Sulaiman, "Performance Analysis Of A Porous Asphalt Mixture With The Use Of Concrete Waste As A Coarse Aggregate And The Addition Of Gilsonite Materials," *Iop Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, Vol. 732, No. 1, Jan. 2020, Doi: 10.1088/1757-899x/732/1/012013.
- [9] J. Chyntia, "Studi Substitusi Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Berongga.," Vol. X, No. X, Pp. 1–9, 2021.
- [10] N. Ali, H. Arfan, J. Patanduk, And M. Hustim, "Seminar Nasional Iii Teknik Sipil 2013 Universitas Muhammadiyah Surakarta Studi Permeabilitas Campuran Aspal Berpori Berbasis Aspal Buton (Asbuton)," 2012.
- [11] D. Januarianto, "Studi Penggunaan Asbuton Pada Campuran Aspal Porus Terhadap Nilai Permeabilitas." 2019.
- [12] P. M. W. Suwastika, "Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai pengganti Agregat Dalam Campuran Lapis Tipis Aspal Beton(Hot Rolled Sheet - Wearing Course, Hrs-Wc)," Sep. 2019.
- [13] V. Veranita, "Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Porus Menggunakan Retona Blend 55 Dengan Metode Australia," *J. Tek. Sipil Dan Teknol. Konstr.*, Vol. 2, No. Vol 2, No 1 (2016): Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi, Pp. 80–90, 2016, [Online]. Available: [Http://Jurnal.Utu.Ac.Id/Jtsipil/Article/View/345](http://Jurnal.Utu.Ac.Id/Jtsipil/Article/View/345).
- [14] Soelarso, Baehaki, And N. F. Sidik, "Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas," *J. Fondasi*, Vol. 5, No. 2, Pp. 22–29, 2016.
- [15] A. B. Ansori, "Pengaruh Mutu Limbah Beton Sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Pada Kualitas Campuran Asphalt Concrete-Binder Coarse (Ac-Bc)," *J. Konstr.*, No. Vol 9, No 1 (2017): Jurnal Konstruksi Vol 9 No. 1 Tahun 2017, Pp. 1–14, 2017, [Online]. Available: <https://Jurnal.Umj.Ac.Id/Index.Php/Konstruksi/Article/View/2483>.
- [16] A. Efendy And E. Ahyudanari, "Analisis Perbandingan Kadar Aspal Optimum (Kao) Untuk Perbedaan Gradasi (Bba, Faa Dan Bm)," *J. Apl. Tek. Sipil*, Vol. 17, No. 1, P. 7, 2019, Doi: 10.12962/J2579-891x.V17i1.4706.

- [17] I. Sulianti, "Studi Pemanfaatan Limbah Beton Mutu Tinggi Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (Ac-Bc)," *Cantilever J. Penelit. Dan Kaji. Bid. Tek. Sipil*, Vol. 9, No. 1, Pp. 7–14, 2020, Doi: 10.35139/Cantilever.V9i1.34.
- [18] Hisbullah, "Pengaruh Substitusi Limbah Plastik Terhadap Kinerja Campuran Aspal Berongga Yang Menggunakan Asbuton Sebagai Pengikat", No. 2020, P. 283, 2020.
- [19] M. W. Purwoko Sidi Bambang; Erfan, Mohamad, "Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Ac-Wc)," *Student J. Gelagar*, Vol. 2, No. Vol. 2 No. 1 (2020): Jurnal Gelagar, Pp. 36–45, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/gelagar/article/view/2630>.
- [20] U. Saepudin, "Studi Komparatif Mutu Lapis Aspal Beton Dengan Menggunakan Agregat Kasar Daur Ulang Limbah Beton," Vol. 04, No. 02, Pp. 147–154, 2018.
- [21] I. Wirahaji, "Analisis Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Pada Ruas Jalan Simpang Sakah Â Simpang Blahbatuh (Studi Kasus Paket Pemeliharaan Berkala Jalan Tahun Anggaran 2011)," *J. Ilm. Tek. Sipil*, Vol. 16, No. 2, Pp. 117–131, 2012.
- [22] F. I. Rahman, A. K. Tambunan, L. Djakfar, And A. Zacoeb, "Kajian Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Material Cement Treated Base (Ctb)," P. 12, 2010.
- [23] S. R. Harnaeni And A. Andhikatama, "Tinjauan Stabilitas Pada Lapisan Aus Dengan Menggunakan Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar," *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, Pp. 314–318, 2003.
- [24] S. N. Jauhari, "Karakteristik Marshall Test Pada Campuran Aspal Berongga Menggunakan Batu Karang Dan Buton Natural Asphalt (Bna)," 2013.
- [25] A. Maulana, M. Amaliah, And R. Utami, "Pemanfaatan Limbah Beton Sisa Pengujian Sebagai Substitusi Agregat Pada Campuran Ac-Wc," *Potensi J. Sipil Politek.*, Vol. 22, No. 1, Pp. 87–95, 2020, Doi: 10.35313/Potensi.V22i1.1678.

Halaman ini sengaja dikosongkan