

Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Terhadap Karakteristik Campuran Beraspal Porus

Refli yenita¹, Sri Widadi², Irfan Maulana³

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung, Kota Bandung ^{1,2}

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Kota Bandung ³

E-mail: refli.yenita@polban.co.id

Abstrak

Indonesia dengan curah hujan tinggi seringkali menghadapi genangan air yang mempercepat kerusakan lapisan aspal, sehingga diperlukan lapisan aspal yang memungkinkan air meresap, seperti campuran beraspal porus. Campuran ini didominasi agregat kasar karena menggunakan gradasi terbuka. Sementara itu, meningkatnya aktivitas konstruksi menimbulkan tantangan lingkungan dengan penumpukan limbah beton. Maka diperlukan pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti agregat pada campuran beraspal porus. Penelitian ini membandingkan pengaruh penambahan limbah beton sebagai pengganti agregat sebesar 0%, 25%, 50%, dan 100% pada karakteristik campuran beraspal porus yang diuji menggunakan uji Marshall. Limbah beton dihancurkan menggunakan mesin stone crusher dengan variasi mutu dari 20 hingga 35 MPa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar penambahan limbah, semakin kecil nilai density. Hal ini sejalan dengan meningkatnya nilai VIM dan VMA, yang menunjukkan meningkatnya rongga pada campuran beraspal porus sehingga nilai stabilitas menurun. Penggunaan limbah beton memengaruhi nilai stabilitas karena perbedaan kualitas antara agregat limbah beton dan agregat alami, dimana semakin banyak limbah beton yang digunakan, semakin menurun nilai stabilitas pada campuran.

Kata Kunci: Agregat, Aspal, Limbah Beton, Porus, Rongga

Abstract

Indonesia, with its high rainfall, often faces water pooling that accelerates asphalt layer damage, thus necessitating an asphalt layer that allows water to seep through, such as a porous asphalt mix. This mix is dominated by coarse aggregate due to its open grading. Meanwhile, increasing construction activities pose environmental challenges with the accumulation of concrete waste. Therefore, the utilization of concrete waste as a substitute for aggregate in porous asphalt mixtures is required. This study compares the effect of adding concrete waste as a substitute for aggregate at 0%, 25%, 50%, and 100% on the characteristics of porous asphalt mixtures, tested using the Marshall test. The concrete waste was crushed using a stone crusher with varying strengths from 20 to 35 MPa. The results show that the greater the addition of waste, the lower the density value. This is consistent with the increase in VIM and VMA values, indicating an increase in voids in the porous asphalt mixture, leading to decreased stability values. The use of concrete waste affects the stability values due to the difference in quality between concrete waste aggregate and natural aggregate, where the more concrete waste used, the lower the stability value of the mixture.

Keywords: Aggregate, Asphalt, Concrete Waste, Porous, Pores.

1. PENDAHULUAN

Berada di wilayah tropis menjadikan Indonesia memiliki curah hujan tinggi dan pencahayaan matahari yang intens setiap tahunnya. Kondisi tersebut juga disertai tingginya resiko bencana akibat peristiwa iklim ekstrem seperti banjir dan kemarau (Nizar Manurul Hidayat, 2018). Tingginya curah hujan di Indonesia menjadi salah satu penyebab yang dominan berpengaruh terhadap kerusakan jalan adalah karena adanya air yang menggenangi jalan pada saat hujan. Genangan air dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan jalan dikarenakan air dapat melonggarkan ikatan antara agregat dengan aspal. Saat ikatan aspal dan agregat longgar karena air, kendaraan yang lewat akan memberi beban yang menimbulkan retak atau kerusakan jalan lainnya (Rahmad Ramdani, 2022).

Untuk menangani hal tersebut, diperlukannya perkerasan jalan yang sesuai dengan masalah yang dihadapi, yaitu, menggunakan campuran beraspal porus. Aspal porus adalah campuran aspal dengan kadar pasir yang rendah untuk mendapatkan ruang pori yang tinggi. Aspal porus merupakan salah satu inovasi untuk meningkatkan resapan air hujan pada tanah dan untuk mengurangi adanya genangan diatas jalan (R., Nariswari, Ariyanto, & Gunawan, 2017).

Dengan adanya ruang pori yang tinggi diharapkan dapat meresapkan air. Jenis perkerasan aspal porus merupakan teknik pelapisan jalan yang sangat inovatif, karena mudah meloloskan air masuk ke dalam perkerasan secara vertikal dan horisontal melalui pori-pori udara kapiler atau dengan menggunakan saluran samping dan lapisan perkerasannya sebagai sistem drainase (Sembung, Sendow, & Planewen, 2020).

Maraknya kegiatan konstruksi di Indonesia yang menggunakan beton, membuat terjadinya penumpukan limbah beton yang menjadi masalah lingkungan karena besarnya volume dan tantangan untuk pembuangannya. Dalam pelaksanaan konstruksi, banyak pula limbah-limbah beton hasil dari pengujian dan pembongkaran bangunan. Kontribusi limbah beton terhadap timbunan sampah konstruksi cukup besar.

Di Indonesia, limbah konstruksi biasanya tidak dimanfaatkan dengan baik (Wilujeng & Yogie Risdianto). Oleh karena itu, diperlukan cara-cara mengelola limbah ini untuk mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan konstruksi. Salah satu caranya menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat dalam campuran beraspal porus. Limbah beton merupakan material yang keras seperti agregat. Jika karakteristik yang dimiliki oleh limbah beton sesuai dengan persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) maka limbah beton tersebut dapat dimanfaatkan untuk bahan campuran beton (Risamawarni, Bachtiar, & Rachim, 2020).

1.1 Campuran beraspal porus

Campuran beraspal porous terdiri dari aspal, agregat halus dan filler yang mengikat agregat kasar dan menjadi satu kesatuan dan dirancang untuk mendapatkan ruang pori-pori yang tinggi yaitu sekitar 18% pori-pori udara, serta mendapatkan rongga-rongga yang saling bersambungan dengan permeabilitas tinggi (R. T. Bethary, D. E. Intari and L. A. Dzunnurain, 2021). Spesifikasi campuran beraspal porus menurut RSNI 2 dapat dilihat pada Tabel di bawah ini.

Tabel 1. Persyaratan Campuran Aspal Porus

Sifat-sifat Campuran	Persyaratan Aspal Porus Mod
Jumlah tumbukan per bidang	50
Rongga dalam campuran (VIM), %	Min. 17 Maks. 23
Rongga dalam agregat (VMA), %	Min. -
Stabilitas Marshall, kg	Min. 450
Pelelehan, mm	Min. 2 Maks. 4.5
Tensile Strength Ratio (TSR), %	Min. -
Catambro loss pada temperature 25° C, % (ASTM D 704)	Maks. 20
Rasio Catambro loss sebelum dan sesudah aging	Maks. 2
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	Min. 3000
Koefisien permeabilitas air	Min. 1×10^{-1}
Draindown pada temperature produksi, % (waktu 1 jam)	Maks. 0.3
Rasio VCA_{mix} dan VCA_{DRC} sesuai AASHTO R 46-08	< 1

1.2 Aspal Pen 60/70

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman pada perkerasan (Suwastika, Wedyantadji, & Erfan, 2019)

1.3 Agregat dan Filler

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. Agregat dapat dibedakan berdasarkan kelompok terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirannya. Jenis filler yang digunakan berupa semen portland yang dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silika (R. Didin Kusdian, 2022).

1.4 Limbah Beton

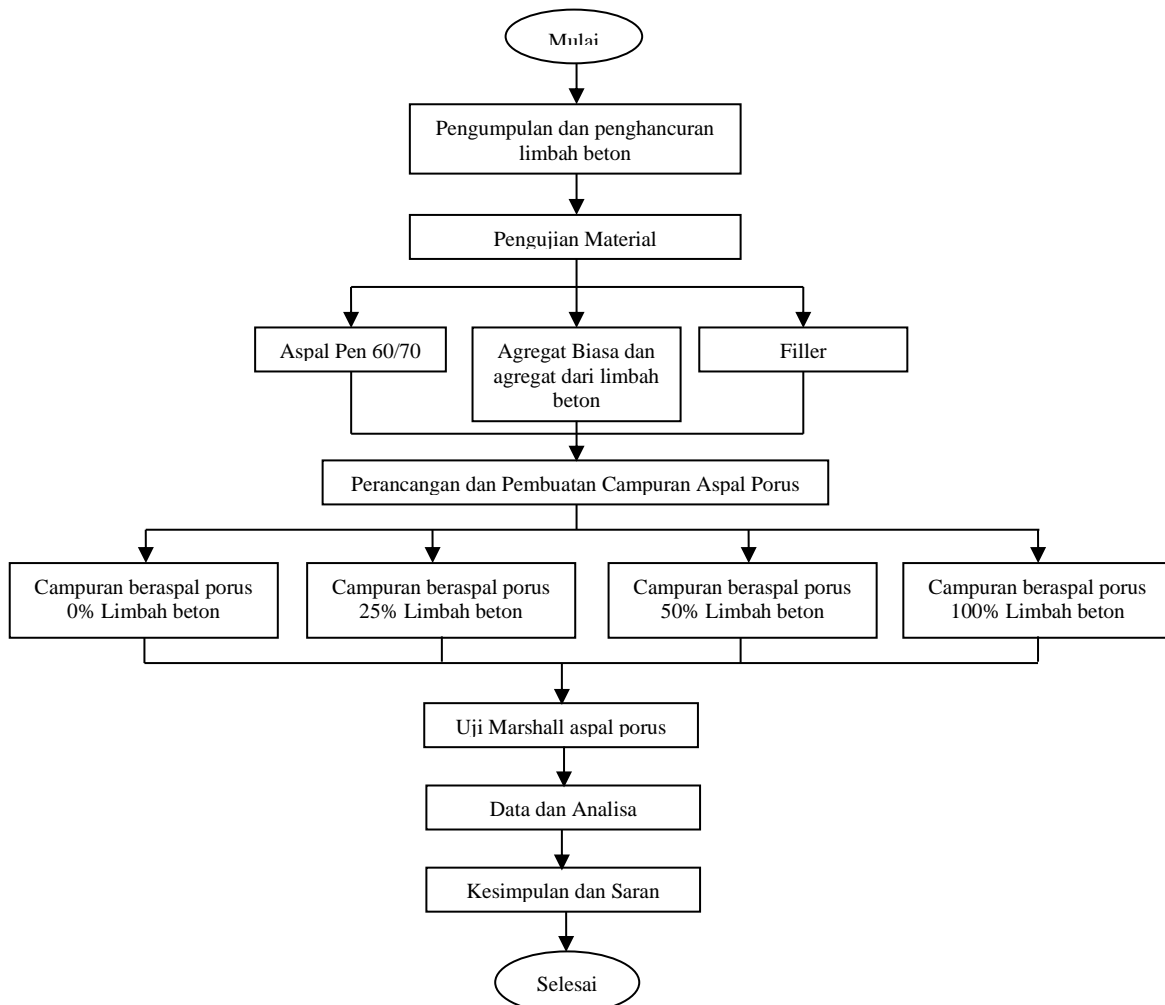
Limbah beton adalah material sisa beton yang sudah tidak layak dipakai lagi untuk konstruksi (Retno Utami, 2020). Limbah beton merupakan sisa-sisa atau limbah dari reruntuhan bangunan akibat gempa, bongkaran bangunan, akibat kebakaran, hasil dari pengujian laboratorium teknik sipil maupun limbah beton yang berasal dari pabrik beton pracetak. Limbah beton dengan pori-pori yang padat dan tingkat (Mohamad Purwoko Sidi, 2020).

1.5 Viatop66

Viatop⁶⁶ adalah serat selulosa yang dilapisi oleh bitumen melalui suatu proses produksi yang khusus. Bitumen ini bertindak membantu proses granulasi, yang memungkinkan untuk mengontrol perilaku proses granulasi yang terjadi pada serat selama proses granulasi. Dalam waktu yang sama bitumen ini mengambil alih fungsi pengisi ruang antar serat yang diperlukan untuk kelengkapan proses dispersi pada serat selama proses pencampuran aspal (Erikasari, Mashuri, & Arifin, 2020).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan merupakan metode eksperimental di laboratorium yang selanjutnya akan diamati pengaruh penambahan limbah beton terhadap karakteristik campuran beraspal porus melalui uji marshall. Kadar limbah beton yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat kasar pada campuran beraspal porus sebanyak 0%, 25%, 50%, dan 100%. Selain untuk mengurangi limbah beton, penambahan limbah ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah pada campuran beraspal porus. Berikut alur pengujian penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pengujian

Pada tahap penghancuran limbah beton, digunakan alat *stone crusher* pada Laboratorium Konstruksi Batu dan Beton Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung. Proses ini dimulai dengan memasukkan limbah beton ke dalam mesin *stone crusher* yang dilengkapi dengan rahang penghancur. Rahang ini akan bergerak dan menghancurkan beton menjadi potongan-potongan yang lebih kecil. Ukuran potongan yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan melalui pengaturan mesin. Potongan beton yang sudah dihancurkan kemudian dipisahkan berdasarkan ukurannya dengan menggunakan saringan khusus. Hasil dari penghancuran ini dapat dimanfaatkan kembali sebagai agregat daur ulang dalam campuran beton baru atau sebagai bahan

dasar pada konstruksi jalan. Dengan demikian, metode ini tidak hanya membantu mengurangi limbah beton yang menumpuk tetapi juga mendukung upaya pembangunan berkelanjutan dengan mengurangi penggunaan agregat alami.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Aspal Pen 60/70

Aspal pen 60/70 yang digunakan berasal dari PT Pertamina yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2 Tahun 2018. Berikut hasil pengujian pada aspal pen 60/70 dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Karakteristik Aspal Pen 60/70.

Jenis Pengujian	Satuan	Spesifikasi	Aspal Pen 60/70
Penetrasi	mm	60 – 70	64,5
Berat Jenis	gr/ml	> 1	1,031
Titik Lembek	°C	> 48	51
Daktilitas	cm	> 100	>100
Viskositas Kinematik	cSt	> 300	440.83

3.2 Agregat dan Filler

Agregat yang digunakan berasal dari Batujajar dan limbah beton yang digunakan berasal dari hasil praktikum mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung dengan ketentuan mutu limbah dari 20 MPa hingga 35 MPa. Jenis semen yang digunakan pada campuran ini merupakan semen tiga roda. Hasil pengujian pada agregat dan limbah beton dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Karakteristik Agregat dan Limbah Beton

Jenis Pengujian	Split	Screen	Abu Batu	Filler	Limbah Beton
Berat Jenis SSD (gr/cc)	2.58	2.58	2.51	2.896	2.35
Berat Jenis Kering Oven (gr/cc)	2.5	2.5	2.42	gr/cc	2.23
Berat Jenis Apparent (gr/cc)	2.72	2.74	2.65		2.53
Penyerapan Air (%)	3	4	4		5.31
Abrasi (%)		21.35			25
Kadar Butir Lolos Ayakan 0.075 mm (%)		1.66	4.8		3.1
Bobot Isi Gembur (ton/m3)		1.3365	1.65		1.16
Bobot Isi Padat (ton/m3)		1.415	1.693		1.29

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa perbandingan karakteristik antara agregat alami dengan limbah beton menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam berbagai aspek. Dari segi berat jenis dan penyerapan air, agregat alami umumnya memiliki berat jenis yang lebih tinggi, yaitu sekitar 2.5 - 2.7, dibandingkan dengan limbah beton yang berada di kisaran 2.1 - 2.4. Selain itu, agregat alami memiliki penyerapan air yang lebih rendah, yakni sekitar 3% - 4%, sedangkan limbah beton menunjukkan penyerapan air yang lebih tinggi, mencapai 5.31% karena adanya pori-pori dari

pasta semen yang tersisa. Dalam hal abrasi, agregat alami lebih tahan terhadap keausan dengan nilai abrasi sebesar 21.35%, sementara limbah beton memiliki nilai abrasi yang lebih tinggi dengan nilai 25%. Kadar butir halus yang lolos ayakan No. 200 pada agregat alami juga lebih rendah dibandingkan limbah beton. Bobot isi gembur dan padat agregat alami juga lebih besar dibandingkan dengan limbah beton. Perbedaan-perbedaan ini menunjukkan bahwa agregat alami memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan limbah beton, meskipun limbah beton masih dapat dimanfaatkan sebagai agregat dalam campuran beton baru, terutama dalam aplikasi non-struktural atau sebagai bahan dasar jalan dengan pengolahan yang tepat.

Adapun proporsi agregat dalam pembuatan benda uji campuran beraspal porus dapat dilihat pada Tabel 4 berikut. Campuran aspal porus yang digunakan adalah aspal porus halus dengan gradasi ideal.

Tabel 4. Gradasi Agregat untuk Campuran Aspal Porus

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos	
ASTM	(mm)	Aspal Porus Kasar (Tebal 5,0 cm)	Aspal Porus Halus (Tebal 4,0 cm)
1"	25	100	
¾"	19	95 – 100	100
1/3"	12,5	64 – 84	85 – 100
No. 4	4,75	10 – 31	10 – 25
No. 8	2,36	10 – 20	5 – 10
No. 200	0,075	3 – 7	2 – 4

3.3 Viatop⁶⁶

Viatop⁶⁶ yang digunakan sebagai aditif campuran aspal porus diharapkan dapat meningkatkan modulus kekakuan, sehingga memperbaiki daya tahan terhadap rutting dan mengurangi terjadinya retak-retak akibat meningkatnya tegangan tarik campuran. Viatop⁶⁶ juga dapat menaikkan kadar aspal optimum campuran sehingga dapat meningkatkan sifat durabilitas. Selain itu, bahan ini juga dapat mencegah terjadinya oksidasi selama pelaksanaan konstruksi dan masa pelayanan (Abdillah, Pradani, & Batti, 2018).

Tabel 5. Spesifikasi Umum Viatop⁶⁶

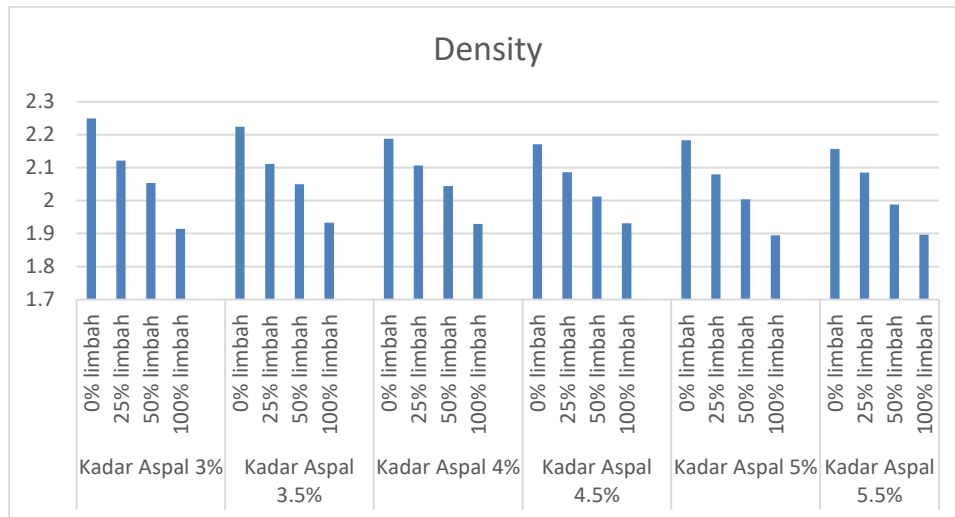
Persentasi ARBOCEL ® ZZ 8-1	65 – 70 %
Panjang rata-rata	2 – 10 mm
Ketebalan rata-rata	5 ± 1 mm
Bulk density	480 – 530 g/l
Analisis saringan > 3,55 mm	Max. 5%

3.4 Pengujian Marshall

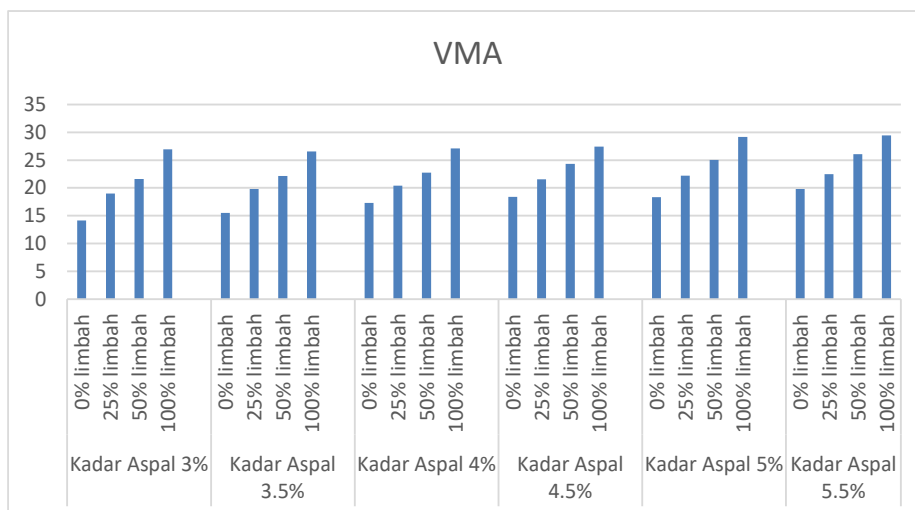
Berdasarkan pengujian marshall yang dilakukan pada ke-4 jenis campuran, hasil pengujian dapat dilihat pada **Tabel 6** di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall

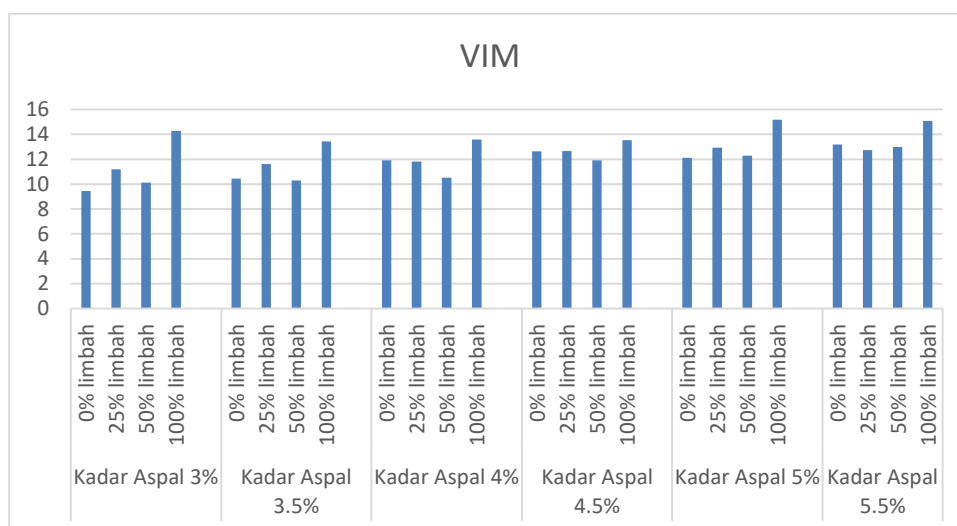
Parameter	Jenis Campuran	Kadar Aspal					
		3.0%	3.5%	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%
Density	0% Limbah + Viatop	2.250	2.225	2.188	2.171	2.184	2.157
	25% Limbah + Viatop	2.122	2.112	2.107	2.087	2.080	2.085
	50% Limbah + Viatop	2.054	2.050	2.044	2.013	2.004	1.988
	100% Limbah + Viatop	1.914	1.933	1.930	1.931	1.895	1.897
VIM	0% Limbah + Viatop	9.460	10.455	11.919	12.629	12.104	13.190
	25% Limbah + Viatop	11.184	11.606	11.802	12.662	12.938	12.738
	50% Limbah + Viatop	10.110	10.284	10.528	11.911	12.286	12.994
	100% Limbah + Viatop	14.288	13.441	13.593	13.534	15.169	15.065
VMA	0% Limbah + Viatop	14.124	15.506	17.318	18.412	18.351	19.784
	25% Limbah + Viatop	18.992	19.792	20.385	21.571	22.229	22.461
	50% Limbah + Viatop	21.589	22.144	22.758	24.348	25.065	26.060
	100% Limbah + Viatop	26.925	26.583	27.092	27.422	29.168	29.454
Stabilitas	0% Limbah + Viatop	156.162	80.733	163.226	189.154	220.895	0.000
	25% Limbah + Viatop	96.526	41.126	0.000	4.002	32.845	47.526
	50% Limbah + Viatop	81.346	133.244	82.053	43.644	72.461	21.995
	100% Limbah + Viatop	52.485	106.290	134.598	121.384	169.755	192.776
Flow	0% Limbah + Viatop	8.610	3.600	5.600	7.200	7.880	0.000
	25% Limbah + Viatop	4.367	4.100	0.000	3.200	6.500	5.600
	50% Limbah + Viatop	8.333	6.967	4.133	5.450	4.200	6.700
	100% Limbah + Viatop	5.950	5.567	4.267	3.933	5.033	3.700



Gambar 2. Grafik Density Hasil Pengujian Marshall



Gambar 3. Grafik VMA Hasil Pengujian Marshall



Gambar 4. Grafik VIM Hasil Pengujian Marshall

Grafik di atas menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat maka terjadi kecenderungan menurunnya nilai pada *density*. Menurunnya nilai *density* sejalan dengan meningkatnya nilai VIM dan VMA. Berdasarkan hasil pengujian di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan limbah, semakin kecil nilai *density*. Hal ini selaras dengan meningkatnya nilai VIM dan VMA yang menyatakan meningkatnya rongga pada campuran beraspal porus sehingga nilai stabilitas pun menurun.

Penggunaan limbah beton pada campuran beraspal porus tentu mempengaruhi nilai stabilitas dikarenakan perbedaan kualitas antara agregat limbah beton dan agregat alami, dimana semakin banyak limbah beton yang digunakan, semakin menurun nilai stabilitas pada campuran. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Mohamad Purwoko Sidi, 2020).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian didapat bahwa penambahan limbah beton sebagai pengganti agregat pada campuran beraspal porus mempengaruhi karakteristik aspal diantaranya menurunkan nilai density dan stabilitas campuran aspal porus. Penggunaan limbah beton dinyatakan cukup efektif sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada campuran beraspal porus karena dapat meningkatkan karakteristik marshall pada campuran beraspal porus mendekati spesifikasi yang berlaku. Dalam pelaksanaan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan variasi mutu limbah yang lebih baik dan mendekati spesifikasi agregat yang memenuhi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang turut berkontribusi dalam penulisan artikel ini termasuk lembaga yang memberikan pendanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, A. F., Pradani, N., & Batti, J. F. (2018). Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Viatop66 Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Terhadap Titik Lembek Aspal dan Sifat Drain Down Campuran. *Jurnal HPJI*, 49-58.
- Erikasari, Y., Mashuri, & Arifin, S. (2020). Pengaruh Perubahan Viskositas Aspal Akibat Penambahan Viatop66 Terhadap Nilai Tegangan Tarik (Tensile Strength) Campuran HRS-WC Menggunakan Uji Semi Circular Bending (SCB). *Jurnal Sains dan Teknologi Tadulako*, 48-62.
- Mohamad Purwoko Sidi. (2020). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton sebagai Pengganti Agregat dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC). *e-journal GELAGAR* , 36-45.
- Nizar Manurul Hidayat. (2018). Identifikasi perubahan curah hujan dan suhu udara menggunakan Rclimindex Di wilayah Serang. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 2, 37-44.
- R. Didin Kusdian. (2022). Uji Laboratorium Pemanfaatan Limbah Beton sebagai Pengganti Agregat Kasar. *SISTEM INFRASTRUKTUR TEKNIK SIPIL (SIMTEKS)*, 125-136.
- R., M. G., Nariswari, W., Ariyanto, E., & Gunawan, T. (2017). Nilai Stabilitas Porous Asphalt Menggunakan Material Lokal. *POTENSI*, 33-40.
- R. T. Bethary, D. E. Intari and L. A. Dzunnurain. (2021). Kinerja Campuran Beraspal Porous yang Menggunakan Agregat Lokal dari Banten (Porous Asphalt Performance By Using Local Aggregate From Banten). *Jurnal Jalan Jembatan*, vol. 38, no. 1, pp. 1-10.
- Rahmad Ramdani. (2022). Analisis Pengaruh Genangan Air Terhadap Kerusakan Jalan Di Kelurahan Uma Sima Kecamatan Sumbawa: Studi Kasus Jalan Tongkol. *Jurnal SainTekA*, 3, 7-12.
- Retno Utami. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Sisa Pengujian Sebagai Substitusi Agregat Pada Campuran AC-WC. *POTENSI*, 87-95.
- Risamawarni, Bachtiar, E., & Rachim, F. (2020). Pengaruh Substitusi Limbah Beton sebagai Agregat Kasar terhadap Kuat Tekan Beton Curing Air Laut. *Indonesian Journal of Fundamental Sciences (IJFS)*, 128.

- Sembung, N. T., Sendow, T. K., & Planewen, S. (2020). Analisa Campuran Aspal Porus Menggunakan Material Dari Kakaskasen Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon. *Jurnal Sipil Statik*, 8, 345-352.
- Suwastika, P. M., Wedyantadji, B., & Erfan, M. (2019). *Pemanfaatan Limbah Beton sebagai Pengganti Agregat dalam Campuran Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet-Wearing Course, HRS-WC)*. Retrieved from Eprints ITN Repository: <https://eprints.itn.ac.id/4229/9/9.%20Jurnal%20Skripsi%20Pande%20Made%20Wisudawan%20Suwastika%20%281521011%29.pdf>
- Wilujeng, B. K., & Yogie Risdianto, S. M. (n.d.). Pemanfaatan Limbah Beton sebagai Bahan Campuran Aspal Porus. 1-2.