

Cite this:
J.SSE Vol 1(2), 1-7, 2022

Received Date:
7 Nopember 2022
Accepted Date:
24 Nopember 2022

Keywords:
Hollow asphalt, concrete waste, coarse aggregate, tensile strength, elastic modulus

Kata Kunci:
Aspal Berongga, Limbah Beton,
Agregat Kasar, Kuat Tarik,
Regangan Modulus Elastis

Analisis Kinerja Campuran Aspal Berongga Menggunakan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar

Performance Analysis of Hollow Asphalt Mix Using Waste Concrete as Coarse Aggregate

Sukardi Mustafa^{1*}; Muhammad Chaerul²; Sri Gusty³

¹ Mahasiswa Tugas Akhir, MRIL, Universitas Fajar, Makassar, Indonesia

² Prodi MRIL, Universitas Fajar, Makassar, Indonesia

*Email: sukardi.54@yahoo.com; Muhammad.chaerul@unifa.ac.id; srigusty@unifa.ac.id

Abstract. *Hollow asphalt is one part of the flexible pavement layer which is an innovation for asphalt mixtures in the field of road pavement which is dominated by the use of coarse aggregate in the mixture gradation. Concrete waste can be used as coarse aggregate which is easy to find because it is waste or remnants resulting from a construction or building renovation that is being carried out so that concrete waste is not wasted. This study aims to determine the KAO in the asphalt mixture, the value of the indirect tensile strength of the hollow asphalt mixture and the relationship between variations in waste concrete and The value of indirect tensile strength using waste concrete as a substitute for aggregate. From the test results, the average recapitulation of strain is 0.01796 and the elastic modulus is 2685866.29 with an average ITS value of 0.0 % grade of 13201.60, 15 % grade of 23373.32, 50 % grade of 44798, 86 and the level of 90 % is 34008.7945. For the average value of strain at 0.00 % content of 3.31 vertical and 0.08 horizontal, 15 % grade of 3.37 vertical and 0.10 horizontal, 50 % grade of 3.29 vertical and 0.13 horizontal, 90 % by 3.24 vertical and 0.11 horizontal.*

Keywords: *Hollow asphalt, concrete waste, coarse aggregate, tensile strength, elastic modulus*

Abstrak. Aspal berongga merupakan salah satu bagian dari lapisan perkerasan lentur yang menjadi inovasi campuran aspal pada bidang perkerasan jalan yang didominasi penggunaan agregat kasar pada gradasi campurannya. Limbah beton dapat digunakan sebagai agregat kasar yang mudah ditemukan karena merupakan buangan atau sisa-sisa yang dihasilkan dari suatu pembangunan atau renovasi gedung yang sedang dilaksanakan agar limbah beton tidak terbuang percuma. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui KAO pada campuran aspal, Nilai kuat Tarik tidak langsung campuran aspal berongga dan hubungan antara variasi limbah beton dan nilai kuat Tarik tidak langsung yang menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata rekapitulasi regangan 0,01796 dan modulus elastis 2.685.866,29 dengan nilai ITS rata-rata pada kadar 0,0% sebesar 13201,60, kadar 15% sebesar 23373,32, kadar 50% sebesar 44798,86 dan kadar 90% sebesar 34008,7945. Untuk nilai rata-rata regangan pada kadar 0,00% sebesar 3,31 vertikal dan 0,08 horisontal, kadar 15% sebesar 3,37 vertikal dan 0,10 horisontal, kadar 50% sebesar 3,29 vertikal dan 0,13 horisontal, 90% sebesar 3,24 vertikal dan 0,11 horisontal.

Kata Kunci: Aspal Berongga, Limbah Beton, Agregat Kasar, Kuat Tarik, Regangan Modulus Elastis

PENDAHULUAN

Konstruksi Perkerasan jalan merupakan campuran antara agregat dan bahan pengikat (*binder*) yang digunakan, yang ditempatkan di atas tanah dasar melalui pemadatan untuk melayani beban lalu lintas Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah salah satu perkerasan yang menggunakan bahan campuran berbutir sebagai lapisan bagian bawahnya dan menggunakan campuran aspal sebagai lapisan permukaan. Sehingga perkerasan tersebut memiliki kelenturan yang dapat menyebarkan beban kendaraan yang melintas (Amrin dkk., 2017; Andriyas, 2017).

Aspal porus adalah campuran aspal yang didesain mempunyai porositas lebih tinggi dibandingkan jenis perkerasan yang lain, sifat porus diperoleh karena campuran aspal porus menggunakan proporsi agregat halus lebih sedikit dibandingkan campuran jenis yang lain. Campuran Aspal Porus memakai gradasi terbuka (Hutapea, dkk., 2021). Hal ini berfungsi aspal porus sebagai drainase, *anti aquaplaning*, *anti slip*, serta peredam kebisingan dengan melalui penggunaan pada gradasi terbuka (Hutapea, dkk., 2021; Badaron, dkk., 2019).

Aspal minyak adalah cairan yang bersifat melekat (*adhesive*), yang berwarna hitam maupun coklat, *viscoelastic*, tahan terhadap air dan sebagian besar tersusun dari hidrokarbon. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude oil* yang banyak mengandung aspal, *paraffin base crude oil* yang banyak mengandung parafin, atau mixed base crude oil yang mengandung campuran antara parafin dan aspal (Prawiro, dkk., 2014; Dwiraharjo, dkk., 2014). Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. (Bittencourt, 2004)

Agregat merupakan komponen penting dari lapisan perkerasan jalan, dan menjadi salah satu faktor yang menentukan daya dukung dan ketahanan perkerasan jalan terhadap cuaca, yang memiliki kandungan 90-95% agregat menurut persentase beratnya atau 75-85% menurut persentase volumenya (Alfiansyah, 2016). Oleh karena itu, daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan juga tergantung dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material yang lain. Agregat kasar adalah agregat yang lolos dengan lolos saringan $\frac{3}{4}$ (19,1 mm) dan tertahan saringan No. 4 (4,75 mm). Pada campuran aspal agregat kasar terdiri dari batu pecah yang bebas dari lempung, kuat, kering, dan bersudut serta tekstur permukaan yang tidak membulat. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm), dan tertahan pada saringan No. 200 (0,075 mm) yang terdiri dari batu pecah tersaring dan atau pasir alam yang bersih, keras, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya (Fausiah, 2017). Filler merupakan bahan pengisi material yang berperan penting dalam mengisi rongga-rongga pada campuran. Adapun fungsi dari filler pada perkerasan yaitu untuk meningkatkan stabilitas serta mengurangi rongga udara dalam campuran (Handayani, dkk., 2019).

Limbah adalah suatu material yang dibuang yang berasal dari alam maupun dari hasil buatan teknologi yang keberadaannya tidak dipakai lagi dan tidak memiliki nilai ekonomis. Sedangkan beton adalah campuran agregat kasar, agregat halus serta dengan air dan semen ataupun bahan tambahan. Limbah beton adalah material beton yang tidak terpakai lagi dalam suatu konstruksi (Ichsan, dkk., 2019). Limbah beton merupakan sisa dari bongkahan bangunan, reruntuhan bangunan akibat bencana alam, serta kegagalan saat produksi beton pra cetak (Yuniarti, 2015).

Pengujian Marshall Test bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran pada benda uji. Dalam hal ini dengan mengetahui nilai daya tahan (Stabilitas), kelelahan (*flow*), dan marshall Quotient. Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (*flow*) yaitu berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula *flow*-nya, dan begitu juga sebaliknya. Jadi, semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya (Amrin, dkk., 2017; Lopang, dkk., 2018). Jika *flow* semakin tinggi, maka aspal semakin mampu menahan beban. Hasil pengamatan pada Pengujian Alat Marshall kemudian dibuat grafik hubungan antara persentase kadar aspal dengan persentase rongga terisi aspal (VFA), persentase rongga dalam campuran (VIM),

kelelahan (flow), stabilitas, dan perbandingan antara stabilitas dan kelelahan (MQ) (Oktavia, 2018).

Kadar aspal optimum (KAO) adalah kadar aspal yang memberikan hasil yang memenuhi spesifikasi dari keseluruhan nilai karakteristik yang ada. Dan merupakan kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada lapisan perkerasan, dimana persyaratan yang lainnya terpenuhi, seperti nilai VIM, flow dan lain sebagainya. Kadar aspal optimum ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar minimum dan maksimum yang memenuhi semua persyaratan nilai karakteristik campuran perkerasan jalan (Parayangan, 2018).

Kuat tarik adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban yang ada secara horizontal. Gaya tarik terkadang digunakan untuk mengevaluasi potensi 49 retakan pada campuran aspal. Untuk mendapatkan pembebanan gaya tarik aspal yang terjadi di lapangan masih sulit, sehingga metode yang paling memungkinkan untuk mengetahui gaya tarik dari aspal beton adalah dengan menggunakan metode *Indirect Tensile Strength Test*. Nilai kuat tarik tidak langsung diperoleh dari pembacaan dial alat *Indirect Tensile Strength Test* (Hendrik, dkk., 2014).

METODOLOGI

Tempat Penelitian

Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar, Makassar Jalan Prof. Abdurrahman Basalamah (ex Racing Center) No. 101, Karampuang, Panakkukang Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia.

Alat Dan Bahan Penelitian

Alat pengujian Marshall Test, Automatic Asphalt Compactor, Ayakan dengan nomor saringan 1,5", 1", ¾", ½", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200, Mesin penggetar ayakan (Sieve Shaker), Oven, Timbangan (kapasitas 50 kg), Alat uji berat jenis (picnometer, timbangan, pemanas), Bak perendam, Alat kuat tarik tidak langsung, alat bantu: Ejektor, Panci pencampur, Kompor pemanas, Termometer, Sendok pengaduk, Kaos tangan, Spatula, dan timbangan. Bahan yang digunakan adalah Agregat kasar, dalam hal ini menggunakan batu pecah dan limbah beton, Agregat halus, Filler dan Aspal minyak Alfian, 2012).

Teknik Pengumpulan Data

Data primer adalah data yang dihasilkan dengan pengukuran dan pengujian langsung dengan menggunakan peralatan eksperimen dan observasi di laboratorium untuk mendapatkan data primer yang akan digunakan. Untuk memperoleh data terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan bahan meliputi pemeriksaan agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal, untuk memastikan bahwa bahan yang akan digunakan memenuhi syarat dan standar yang telah ditetapkan. Spesifikasi pemeriksaan bahan yang digunakan sebagai acuan adalah Standar Nasional Indonesia (SNI) Purwoko, dkk., 2020).

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber kedua atau dokumentasi lembaga. Sumber data sekunder adalah data yang dipublikasikan seperti jurnal-jurnal penelitian serupa yang terdahulu dan sumber data sekunder yang tidak dipublikasikan seperti data dari lembaga pemerintah oleh Departemen Pekerjaan Umum, dan lembaga penelitian lainnya yang bisa dijadikan landasan teori untuk kelengkapan penelitian ini. Adapun data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah data Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Bina Marga (Putri & Rusdianto, 2019).

Langkah Kerja

Tahap persiapan/ Studi literatur dimulai dengan pengumpulan data-data yang didapatkan dari hasil pengujian sebelumnya yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu baik dari jurnal-jurnal publikasi maupun data dari buku-buku serta data dari lembaga pemerintah dalam hal ini Departemen Pekerjaan Umum (Putri, dkk., 2020).

Tahap persiapan alat dan bahan bahan yang akan digunakan. Dalam kegiatan ini meliputi kegiatan survey lokasi pengambilan bahan material yang akan digunakan, pengangkutan bahan penelitian dari lokasi pengambilan bahan ke laboratorium (Amrin, dkk. 2017).

Tahap pengujian sifat bahan karakteristik bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari setiap bahan material yang akan digunakan untuk bahan campuran aspal berongga. Untuk memastikan material tersebut memenuhi standar dari spesifikasi yang digunakan yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Bina Marga (Lopang, dkk., 2018).

Pengujian material agregat ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik yang dimiliki oleh agregat yang digunakan pada campuran benda uji (Putri, dkk., 2020).

Penentuan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

Setelah komposisi campuran aspal telah didapat, maka dibuatlah contoh benda uji dengan memvariasikan kadar aspal awal. Variasi kadar aspal yang digunakan yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Benda uji yang telah divariasikan dilakukan uji Marshall untuk mendapatkan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Dari nilai KAO inilah yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan benda uji dengan campuran variasi limbah beton (Rahman, dkk., 2010).

Pembuatan Benda Uji

Setelah nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) didapatkan, maka dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dengan total benda uji sebanyak 12 sampel dengan rincian pengujian ITS sebanyak 12 sampel. Langkah pertama yang dilakukan dalam pembuatan benda uji yaitu mempersiapkan agregat sesuai dengan komposisi campuran yang telah ditentukan sebelumnya. Panaskan agregat hingga mencapai suhu 150°C dan aspal minyak hingga mencapai suhu 120°C. Setelah agregat dan aspal telah mencapai suhu tersebut, campurkan limbah beton dengan agregat dan aspal minyak hingga semua agregat terselimuti oleh aspal. Campuran kemudian dipadatkan dengan Marshall Compaction dengan tumbukan sebanyak 2 x 75 sesuai dengan ketentuan jumlah tumbukan per bidang pada Ketentuan Campuran Aspal Berongga yang disyaratkan Spesifikasi Bina Marga (Irfansyah, dkk., 2017)

Pengujian Benda Uji

Pada pengujian benda uji aspal berongga ini menggunakan metode Pengujian karakteristik Marshall dan Kuat Tarik Tidak Langsung. pengujian yang dilakukan terhadap benda uji yang berupa briket aspal porus merupakan pengujian sifat-sifat mekanis dalam menerima beban statis yang diberikan (Oktavia, 2018).

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan merata-ratakan kadar aspal yang memberikan nilai stabilitas maksimum, kepadatan maksimum dan kadar aspal pada VIM-PRD yang disyaratkan. Hasil ini kemudian di cek apakah pada nilai rata-rata ini persyaratan campuran beraspal lainnya seperti VMA, VFB dan flow campuran telah memenuhi spesifikasi menggunakan alat uji uji kuat tarik langsung (*Indirect Tensile Strength Test*) (Handayani, dkk., 2019)

HASIL DAN PEMBAHASAN

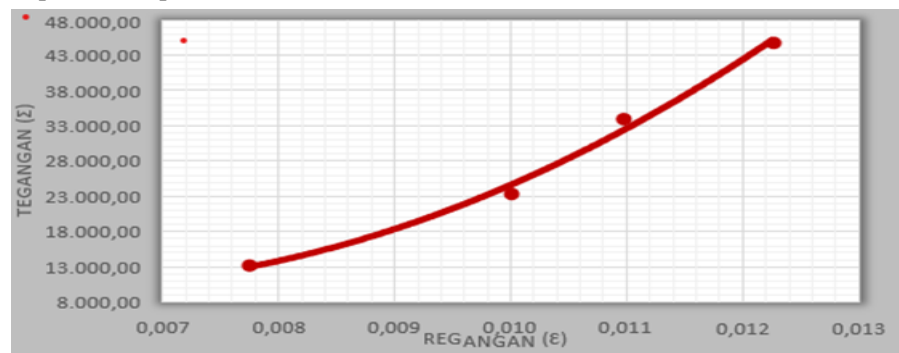
Rekapitulasi Regangan Dan Modulus Elastis

Hasil pengujian ITS didapatkan nilai Regangan (ϵ) pada campuran. Regangan merupakan perubahan benda karena gaya dari luar dibandingkan dengan ukuran semula. modulus Elastis merupakan hubungan dari tegangan dan regangan yang menunjukkan kekakuan dari suatu bahan, setelah nilai tegangan dan regangan dari campuran diperoleh, sehingga dapat dihitung nilai Modulus Elastis dari campuran. Modulus elastis merupakan faktor yang sangat penting yang akan mempengaruhi kinerja perkerasan aspal karena apabila nilai modulus elastis rendah maka perkerasan mudah retak saat menerima beban yang berat (Rosli, dkk., 2015). Pada Tabel 1 merupakan data yang digunakan untuk mendapatkan nilai Modulus Elastis dan nilai regangan dari campuran aspal dengan menggunakan bahan tambah limbah beton dengan persentase kadar 0,0%,15%,50% dan 90% pada tiap-tiap campuran sehingga didapatkan rekapitulasi nilai Modulus Elastis dan nilai regangan yang terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Regangan dan Modulus Elastis

Komposisi Campuran	Diameter mm	ITS Kpa	Deformasi	Deformasi	Regangan (ϵ)	Modulus Elastis E Kpa
			Vertikal mm	Horisontal mm		
0	10,33	13.201,60	3,31	0,08	0,00774	1704656,04
15	10,33	23.373,32	3,37	0,10	0,01000	2336577,72
50	10,33	44.798,86	3,29	0,13	0,01226	3653464,72
90	10,33	34.008,79	3,24	0,11	0,01097	3099801,59
Rata-rata					0,01796	2685866,29

Nilai modulus elastis dan nilai regangan dari tiap-tiap variasi penambahan bahan tambah yang menunjukkan hubungan antara ITS dengan kadar limbah beton yang digunakan, dapat dilihat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Grafik Hubungan antara ITS dengan Kadar Limbah Beton

Berdasarkan grafik 1 hubungan antara tegangan dan regangan terhadap penambahan bahan tambah limbah beton mengalami kenaikan pada setiap penambahan bahan tambah limbah beton. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pengujian variasi kadar aspal awal (5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%) yang masing-masing variasi dibuat sebanyak 3 sampel dan dilakukan Pengujian Marshall. Hasil pengujian tersebut didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,25% (Risdianto, 2014). Berikut ini ditampilkan hasil pengujian KAO (Saepuddin, 2016). hubungan Stabilitas terhadap Kadar Aspal menunjukkan bahwa dengan penggunaan kadar aspal yang rendah, maka Nilai Stabilitas menjadi tinggi sedangkan dengan penggunaan kadar aspal yang tinggi, maka Nilai Stabilitas menjadi rendah. Nilai Stabilitas tertinggi berada pada penggunaan kadar aspal 5% dengan nilai 521,46 kg sedangkan Nilai Stabilitas terendah berada pada penggunaan kadar aspal 7% dengan nilai 400,52 kg, (Saifuddin, dkk., 2017)

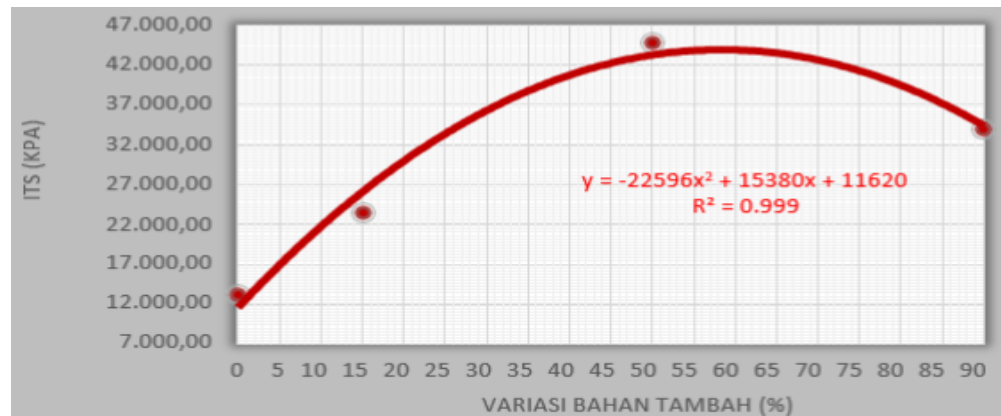
Pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) terhadap Penggunaan Bahan Tambah berdasarkan KAO

Definisi Kekuatan Tarik atau Nilai ITS (Indirect Tensile Strength) adalah kemampuan bahan untuk menerima beban tarik tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum sebelum putus (Siang R. dkk., 2020) . Beban yang diberikan secara terus-menerus akan mengakibatkan tegangan (stress) yang akan diikuti dengan kenaikan regangan sampai pada regangan (strain) tertentu, yaitu keadaan saat benda uji mulai retak sehingga terjadi tegangan maksimum (Sianturi, kk., 2020). Pada Tabel 2. Merupakan data yang digunakan untuk mendapatkan nilai ITS (Indirect Tensile Strength) dari campuran aspal beton dengan menggunakan bahan tambah limbah beton, sehingga didapatkan rekapitulasi nilai ITS pada (Tabel 2).

Tabel 2. Rekapitulasi nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) pada KAO dengan masing-masing variasi kadar bahan tambah

Kadar Limbah Beton	Diameter M	Tebal M	Nilai phi (π)	Nilai rata-rata ITS Terkoreksi Kg/M2	Nilai rata-rata ITS Kpa
0,0%	0,1033	0,0665	3,14	1.345.728,41	13201,60
15%	0,1033	0,0665	3,14	2.382.601,12	23373,32
50%	0,1033	0,0665	3,14	4.566.652,14	44798,86
90%	0,1033	0,0665	3,14	3.466.747,66	34008,794

Nilai Rekapitulasi nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) pada KAO dengan masing-masing variasi kadar bahan tambah.dapat dilihat pada Gambar 2.

**Grafik 1.** Hubungan antara variasi bahan tambah dan ITS

Berdasarkan grafik 2 hubungan antara variasi bahan tambah dan ITS terhadap penambahan bahan tambah limbah beton mengalami kenaikan pada kadar 15% dan 50% sedangkan pada kadar 90% mengalami penurunan pada setiap penambahan bahan tambah limbah beton

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian campuran aspal beton dengan penggunaan bahan tambah limbah beton didapatkan nilai rata-rata pada hasil pengujian yaitu nilai regangan sebesar 0,01796, modulus elastis sebesar 2685866,29. Dan pada pengujian ITS Dengan penggunaan limbah beton 0,0% sebesar 13201,60 Kpa, kadar 15% sebesar 23373,32 Kpa, kadar 50% sebesar 44798,86 dan kadar 90% sebesar 34008,7945 Kpa. Dari pengujian kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa limbah beton kadar 50% memiliki nilai ITS tertinggi dibandingkan persentase limbah beton kadar 0,0%, kadar 15% dan kadar 90%. Maka limbah beton 50% dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar. Berdasarkan hasil penelitian diusulkan beberapa saran sebagai berikut: Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meneliti lebih mendalam pengaruh penggunaan limbah beton sebagai bahan tambah pada Lataston, Latasir, maupun jenis lapisan perkerasan lain serta kepadatan mutlak. Disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk meneliti dengan menggunakan jenis aspal yang lebih bervariasi untuk lebih mengetahui pengaruh bahan tambah limbah beton dengan jenis aspal yang berbeda. Penelitian ini diharapkan dapat lebih dikembangkan untuk penelitian selanjutnya terhadap karakteristik campuran yang berbeda dengan menggunakan limbah beton sebagai bahan tambah.

REFERENSI

1. Amrin, M. A., Gaus, A., & Darwis, M. (2017). Studi Kuat Tarik Tidak Langsung Pada Campuran Asphalt Concrete Menggunakan Asbuton. *Jurnal Sipil Sains*, Vol. 7(14), 1–12.
2. Andriyas Susanto, S. P. S. (2016). Pengaruh limbah beton dan marmer pada campuran aspal porus dengan bahan tambahan gilsonite naskah publikasi teknik sipil. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 1(1), 32.
3. Badaron, S. F., Gecong, A., Anies, M. K., Achmad, W. M., & Setiani, E. P. (2019). Studi Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung terhadap Campuran Aspal Beton dengan menggunakan Limbah Marmer dan Abu Sekam Padi sebagai Filler. *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 4(2), 145. https://doi.org/10.51557/pt_jit.v4i2.593
4. Bangun Prawiro, Nugraha Pasca Ogenta Tarigan., Ludfi Djakfar, HENDI Bowoputro, (2014). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus Dengan Tambahan Gilsonite. Universitas Brawijaya. *Jurnal mahasiswa Teknik Sipil*, Vol. 1(3), 976-985. <http://sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/153>
5. Bebas, T., & Campuran, D. A. N. P. (2010). Pasc Karyono Dwiraharjo Nim I 0105057 Tinjauan Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Dingin Aspal Porus Dengan Rapid Curing Danang,
6. Bittencourt, C. M., & Ladeira, M. E. (2004). No Analysis of the co-dispersion structure of the health-related indicators of the main person Title. 55. <http://eprints.uanl.mx/5481/1/1020149995.PDF>
7. Campuran Asbuton Campur Panas Hampar Dingin Disusun Oleh : M . Alfiansyah Syukur. (2016).
8. Fauziah, N. (2017). Ketua Penyunting : Penyunting : Penyunting Pelaksana : Redaksi : Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya Email : REKATS. *Rekayasa Teknik Sipil*, Vol., 1(1), 144–155.
9. Handayani, A. T., Sipil, J. T., Peni, S. N., & Geologi, J. T. (n.d.). Pengaruh aditif zeolit bayat terhadap kuat tarik tidak langsung campuran beraspal modifikasi polimer hangat. 5(1), 49–56.
10. Hendrik, Setiawan, A. Mashuri, (2014). Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Agregat Dari Loli Dan Taipa, The 17th FSTIPT International Symposium, Jember University, 827-836. file:///C:/Users/asus/Downloads/2906-1-5825-1-10-20160709.pdf
11. Hutapea, M.Y., Desi, & Gusty, S. (2021) Analisis Variasi Jumlah Tumbukan Pada Karakteristik Aspal Berongga Menggunakan Substitusi Limbah Beton, *Jurnal Sipil Sains*, vol. 11 (2), 113-124. DOI: <http://dx.doi.org/10.33387/sipilsains.v11i2.3737.g2400>
12. Ichsan Rauf, Lawalenna Samang, Tri Harianto, A. A. (2019). Pengaruh Pemeraman Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Stabilisasi Limbah Aspal Buton. 127–133.
13. Irfansyah, P.A., Setyawan, A., & Djumari, (2017). Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Daspal Sebagai Bahan Pengikat, *e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 947-858. file:///C:/Users/asus/Downloads/36724-91670-1-PB.pdf
14. Lopang, I., Tedjasukmana, N., Yana, A. L., Jerry, & Makmur, A. (2018). Pengaruh Penggunaan Plastik Hdpe Sebagai Bahan Aditif Terhadap Aspal Dengan Agregat Kasar Hasil Limbah Beton. 389–401.
15. Oktavia, S. R. (2018). *Jurnal teknik sipil*. 1(November), 94–102.
16. Parahyangan, U. K. (n.d.). Pengaruh temperatur terhadap kuat tarik tidak langsung beton aspal pada campuran yang mempergunakan high stiffness modulus asphalt. 1–10.
17. Properties, T. M., Sebagai, D., Satu, S., Untuk, S., Gelar, M., Teknik, S., Jurusan, P., Sipil, T., Teknik, F., & Maret, U. S. (2012). Alfian Noor Ridho, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik.
18. Purwoko Sidi Bambang; Erfan, Mohamad, M. W. (2020). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Ac- Wc). Student Journal Gelagar, 2(Vol. 2 No. 1 (2020): *Jurnal Gelagar*), 36–45. <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/gelagar/article/view/2630>
19. Putri, A., & Risdianto, Y. (2019). Pemakaian Limbah Aspal Sebagai Substitusi Agregat Pada Campuran Aspal Porus. *Rekayasa Teknik Sipil*. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-teknik-sipil/article/view/29828>
20. Putri, E. E., Adji, B. M., Ilmiah, J., Sipil, R., No, V., & April, E. (2020). Pengaruh Penggunaan Styrofoam Terhadap Parameter Kinerja Perkerasan Campuran Aspal Porus. 17(1), 31–40.
21. Rahman, F. I., Tambunan, A. K., Djakfar, L., & Zacoeb, A. (2010). Kajian Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Material Cement Treated Base (Ctb). 12.
22. Rosli, N., Ambak, K., Daniel, B. D., Prasetijo, J., Tun, U., Onn, H., & Pahat, B. (2015). *Jurnal Teknologi*. 1, 1–6.
23. Saepuddin, U. (2016). Kajian Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Pengganti Agregat Kasar pada Campuran Cement Treated Base (CTB) untuk Lapis Pondasi Pekerasan Lentur (Flexible Pavement). *Jurnal Media Teknologi*, 03(01), 13–22.
24. Saifuddin, I. B., Gaus, A., & Anwar, C. (2017). Studi Karakteristik Kuat Tekan Pada Campuran Asphalt Concrete. 07, 25–34.
25. Siang, R., Kristen, U., Wacana, K., Barat, J., Makmur, A., Kristen, U., Wacana, K., & Barat, (2020). Terhadap Parameter Marshall. *J 20(2)*, 97–104.
26. Sianturi, F. N. M., & Sulaiman, S. (2020). Performance analysis of a porous asphalt mixture with the use of concrete waste as a coarse aggregate and the addition of gilsonite materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 732(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/732/1/012013>
27. Risdianto, KN.Y. (2014) Sipil, M. S., Teknik, F., Surabaya, U. N., Jurusan, D., Sipil, T., Teknik, F., & Surabaya, U. N.
28. Yuniarti, R. (2015) Modifikasi Aspal Dengan Getah Pinus Dan Fly Ash Untuk Menghasilkan Bio-Aspal, *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, Vol. 1(2), 1-8. <https://media.neliti.com/media/pub/236567-.pdf>