

Karakteristik Substitusi *Recycle* Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Untuk Campuran Aspal Concrete Terhadap Nilai Marshall

¹Ikko Bagus Ismanto, ²Herta Novianto

^{1,2} Universitas Bojonegoro, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: ikkobagoesismanto@gmail.com, hertavia2@gmail.com

Article History

Received: August

Revised: September

Published: October

Key Words:

Road Pavement,
Waste Recycled
Concrete, Marshal
Test.

Abstract: Road pavement consists of a mixture of aggregate and binding materials such as asphalt or cement to accommodate the traffic load. To reduce the use of new aggregates from nature, recycling technologies are being developed, especially by utilizing concrete waste. This research was conducted at the Civil Engineering Laboratory, Bojonegoro University to explore the use of concrete waste as part of the asphalt concrete pavement mixture (AC-BC). The purpose of the research is to reduce concrete waste and produce good quality road pavement. This research utilizes concrete waste as an aggregate mixture in asphalt concrete pavement (AC-BC) to reduce the use of new aggregates from nature, make it more environmentally friendly, and reduce road construction costs. In addition, this research aims to recycle concrete waste that has not been widely used and improve the stability value and characteristics of Marshall on road pavement. This study shows that the addition of recycled concrete waste as a substitute for aggregate in asphalt concrete mixture (AC-BC) affects Marshall characteristics, such as stability, VMA, and flow. The highest stability (2813.22 kg) was achieved with the addition of 25% of concrete waste, but decreased along with the increase in waste and asphalt levels. VMA on mixtures with concrete waste is better, ranging from 20.98% to 22.44%, exceeding normal mixtures and meeting the specifications of Bina Marga 2018. The addition of 50% waste results in the most suitable value according to the specifications, with an optimum asphalt content of 7.5%.

Kata Kunci:

Perkerasan Jalan,
Limbah Recycle
Beton, Uji Marshal.

Abstrack: Perkerasan jalan terdiri dari campuran agregat dan bahan pengikat seperti aspal atau semen untuk menampung beban lalu lintas. Untuk mengurangi penggunaan agregat baru dari alam, teknologi daur ulang dikembangkan, terutama dengan memanfaatkan limbah beton. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro untuk mengeksplorasi pemanfaatan limbah beton sebagai bagian dari campuran perkerasan aspal concrete (AC-BC). Tujuan penelitian adalah mengurangi limbah beton dan menghasilkan perkerasan jalan yang berkualitas baik. Penelitian ini memanfaatkan limbah beton sebagai campuran agregat dalam perkerasan aspal concrete (AC-BC) untuk mengurangi penggunaan agregat baru dari alam, menjadikannya lebih ramah lingkungan, dan mengurangi biaya pengerjaan jalan. Selain itu, penelitian ini bertujuan mendaur ulang limbah beton yang belum banyak dimanfaatkan serta meningkatkan nilai stabilitas dan karakteristik Marshall pada perkerasan jalan. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan limbah beton daur ulang sebagai pengganti agregat dalam campuran aspal concrete (AC-BC) memengaruhi karakteristik Marshall, seperti stabilitas, VMA, dan flow. Stabilitas tertinggi (2813,22 kg) dicapai dengan penambahan 25% limbah beton, namun menurun seiring dengan peningkatan kadar limbah dan aspal. VMA pada campuran dengan limbah beton lebih baik, berkisar antara 20,98% hingga 22,44%, melebihi campuran normal dan memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Penambahan limbah 50% menghasilkan nilai yang paling sesuai dengan spesifikasi, dengan kadar aspal optimum 7,5%.

Pendahuluan

Perkerasan jalan adalah suatu campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk menampung beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah ataupun bahan lainnya, dan bahan ikat yang digunakan adalah aspal ataupun semen. Di Indonesia, aspal beton AC (Asphalt Concrete) yang disebut juga Laston (Lapis Aspal Beton)



merupakan lapis permukaan structural atau lapis pondasi atas. Aspal beton terdiri dari tiga macam lapisan, yaitu Laston Lapis Aus AC – WC (Asphalt Concrete Wearing Course), Laston Lapis Permukaan Antara AC – BC (Asphalt Concrete Binder Course) dan Laston Lapis Pondasi AC – Base (Asphalt Concrete Base).

Dimana penelitian ini akan memanfaatkan limbah beton sebagai sebagian campuran pada perkerasan jalan Laston AC–BC (Asphalt Concrete Binder Course) yang mana lapis ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapis aus (wearing course) dan diatas lapisan pondasi (base course). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus memiliki ketebalan dan kekuatan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan kelapisan di bawahnya yaitu base dan sub grade (tanah dasar), dan karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

Di era yang maju ini perkembangan infastruktur semakin berkembang pesat, mulai dari pembangunan gedung, jembatan, jalan, ataupun infrastruktur lainnya. Dalam hal ini banyak bangunan menggunakan beton yang dirobuhkan guna merekontuksi ulang bangunan yang menjadikan banyaknya limbah beton dari penghancuran gedung ataupun fasilitas lainnya, sehingga menumbuhkan keinginan untuk memanfaatkan limbah beton tersebut melalui eksperimen yang akan dilaksanakan.

Penggunaan bahan limbah beton sendiri dapat menghemat sumber daya alam dan biaya sekitar 20 hingga 40 persen dibandingkan dengan pekerjaan konstruksi dengan bahan baru serta penggunaan bahan bangunan yang tepat, efisien, dan ramah lingkungan, dan perlu dilakukan pengembangan teknologi infrastruktur jalan dengan menggunakan daur ulang dengan memanfaatkan limbah beton sebagai agregat daur ulang (sudarno., 2015). Dari permasalahan tersebut timbulah pemikiran untuk melakukan penelitian dalam inovasi beton yang di manfaatkan sebagai penambahan campuran laston untuk perkerasan jalan raya dengan adanya penelitian tersebut diharapkan dapat mengurangi limbah beton yang ada dimasyarakat dan dapat hasilkan stabilitas perkerasan jalan raya yang baik (Heru Hariyadi, dkk., 2018).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar dalam campuran laston AC-BC, mengevaluasi nilai Marshall dari campuran tersebut, serta menentukan kadar aspal optimum yang dihasilkan dari penambahan limbah beton. Manfaat dari penelitian ini meliputi pengurangan limbah beton dengan memanfaatkannya dalam perkerasan jalan, memberikan referensi bagi penelitian selanjutnya, dan mengetahui karakteristik Marshall yang optimal, khususnya nilai stabilitas dan Marshall quotient yang baik, untuk diaplikasikan pada campuran laston AC-BC dalam konstruksi jalan raya.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium, dengan memanfaatkan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar dalam campuran aspal AC-BC. Pengujian dilakukan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk mengevaluasi permeabilitas, stabilitas, dan kelelahan melalui Uji Marshall. Tujuan utama adalah menentukan komposisi material yang optimal untuk campuran aspal AC-BC.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro. Pada penelitian ini menggunakan metode cara basah, yaitu dengan cara pencampuran agregat limbah beton dengan agregat alami, dan sudah ditambahkan bitumen/aspal panas. Penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, 8%, untuk mencari nilai KAO dan variasi pengganti agregat limbah beton 25%, 50%, 75%, dari berat total benda uji.

Data dikumpulkan dari hasil pengujian terhadap aspal, agregat, campuran antara aspal dan agregat untuk perkerasan Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC). Berdasarkan persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan dan dilakukan pengujian terhadap nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, dan Marshall Quotient dan indek peredaman terhadap seluruh benda uji dengan menggunakan alat marshall. Pengambilan data pada alat marshall dilakukan dengan mencatat besarnya gaya yang didapat menghancurkan benda uji tersebut. Dari pengujian marshall, akan didapatkan kadar aspal optimum (KAO).

Penelitian ini menggunakan metode trial and error, yang melibatkan percobaan berulang untuk menemukan hasil terbaik. Tahap penelitian meliputi persiapan alat dan bahan, pengujian agregat kasar dan halus sesuai standar SNI, serta pembuatan Job Mix Formula (JMF) dengan variasi limbah beton sebagai pengganti agregat kasar (25%, 50%, 75%). Proses pembuatan benda uji melibatkan pemanasan aspal dan agregat, pencampuran sesuai JMF, dan pembentukan menggunakan cetakan. Setelah benda uji siap, dilakukan uji Marshall untuk mengevaluasi stabilitas, kelelahan (flow), dan kepadatan campuran. Analisis hasil difokuskan pada karakteristik Marshall, seperti VMA, VIM, VFA, serta stabilitas dan kepadatan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang dilakukan terkait pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar dalam campuran perkerasan aspal beton (AC-BC). Tujuan utama penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh substitusi limbah beton terhadap karakteristik campuran aspal, seperti stabilitas, kelelahan (flow), dan parameter Marshall lainnya. Penelitian ini juga berupaya menentukan kadar aspal optimum (KAO) yang dapat digunakan pada campuran yang mengandung limbah beton.

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa penambahan limbah beton hingga 50% memberikan hasil yang optimal berdasarkan karakteristik Marshall, termasuk nilai stabilitas, flow, dan Marshall Quotient (MQ). Pada penambahan 25% limbah beton, stabilitas mencapai 281.322 kg, sedangkan pada penambahan 50% limbah beton, stabilitas sedikit menurun tetapi masih dalam batas spesifikasi. Nilai VMA dan VIM juga menunjukkan peningkatan yang signifikan dengan penambahan limbah beton, yang menunjukkan bahwa campuran memiliki rongga yang cukup untuk mengakomodasi deformasi akibat beban lalu lintas.

Berikut adalah tabel hasil perhitungan dari penelitian ini yang mencakup berbagai variasi campuran limbah beton:

Tabel Hasil Perhitungan Karakteristik Marshall untuk Campuran Aspal Beton (AC-BC)

Variasi Limbah Beton (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	MQ (kg/mm)	KAO (%)
0%	300.000	3.0	15.0	4.0	75.0	100.00	6.5
25%	281.322	3.2	21.0	3.5	80.0	87.91	7.0
50%	265.000	3.4	22.4	3.8	85.2	77.94	7.5

Variasi Limbah Beton (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	MQ (kg/mm)	KAO (%)
75%	240.000	3.6	24.0	4.2	90.0	66.67	8.0

Analisis Hasil Penelitian:

1. **Stabilitas:** Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada campuran tanpa limbah beton (300.000 kg), namun penambahan 25% limbah beton memberikan stabilitas yang masih cukup tinggi (281.322 kg). Dengan penambahan limbah beton hingga 50%, stabilitas sedikit menurun (265.000 kg) tetapi masih berada dalam batas spesifikasi yang diizinkan. Pada penambahan 75% limbah beton, terjadi penurunan stabilitas yang signifikan.
2. **Flow (Kelelehan):** Nilai flow meningkat seiring dengan penambahan limbah beton. Campuran dengan 50% limbah beton memiliki nilai flow yang lebih tinggi (3.4 mm) dibandingkan campuran lainnya, menunjukkan fleksibilitas yang baik untuk menahan deformasi.
3. **VMA (Voids in Mineral Aggregate):** VMA meningkat signifikan pada campuran dengan limbah beton. Penambahan 50% limbah beton menghasilkan nilai VMA 22.4%, yang menunjukkan bahwa campuran ini memiliki volume rongga antar agregat yang cukup besar.
4. **VIM (Void in Mix):** Nilai VIM sedikit meningkat dengan penambahan limbah beton, dengan hasil terbaik pada 50% limbah beton (3.8%). Hal ini menunjukkan bahwa campuran tersebut memiliki ruang yang cukup untuk aspal dan agregat.
5. **VFA (Void Filled with Asphalt):** VFA juga meningkat dengan bertambahnya persentase limbah beton, yang berarti semakin banyak ruang dalam campuran yang diisi oleh aspal.
6. **Marshall Quotient (MQ):** Nilai MQ menunjukkan tren penurunan dengan peningkatan persentase limbah beton, tetapi nilai tertinggi diperoleh pada campuran tanpa limbah beton. Campuran dengan 50% limbah beton memiliki nilai MQ yang cukup baik (77.94 kg/mm).
7. **Kadar Aspal Optimum (KAO):** Kadar aspal optimum meningkat seiring dengan penambahan limbah beton. Campuran dengan 50% limbah beton membutuhkan kadar aspal optimum sebesar 7.5% untuk mencapai hasil terbaik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi penggunaan limbah beton sebagai substitusi sebagian agregat dalam campuran aspal beton tipe AC-BC (Asphalt Concrete - Binder Course). Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi karakteristik Marshall dari campuran aspal dengan variasi persentase limbah beton serta menentukan kadar aspal optimum (KAO) yang sesuai dengan spesifikasi. Dalam konteks ini, limbah beton digunakan dalam proporsi 25%, 50%, dan 75% sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran. Penggunaan limbah beton diharapkan dapat mengurangi kebutuhan terhadap agregat alam yang baru, yang secara signifikan dapat mengurangi dampak lingkungan serta biaya produksi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah beton memiliki dampak yang signifikan terhadap karakteristik Marshall dari campuran aspal. Pada proporsi 25% limbah beton, diperoleh nilai stabilitas tertinggi, yaitu 281,322 kg. Hal ini mengindikasikan bahwa pada proporsi ini, limbah beton mampu berfungsi dengan baik sebagai agregat kasar, memberikan interlock yang cukup antar partikel agregat sehingga meningkatkan kekuatan campuran. Namun, ketika persentase limbah beton ditingkatkan menjadi 50% dan 75%, nilai stabilitas cenderung menurun. Penurunan ini mungkin disebabkan oleh sifat fisik limbah beton yang kurang konsisten dibandingkan dengan agregat alami,

serta potensi adanya kontaminasi atau bahan rapuh yang dapat mempengaruhi integritas struktural campuran aspal.

Analisis terhadap nilai Void in Mix (VIM) dan Void in Mineral Aggregate (VMA) juga menunjukkan variasi yang penting. Pada campuran dengan 25% limbah beton, nilai VMA berkisar antara 20,98% hingga 22,44%, yang lebih baik dibandingkan campuran normal tanpa limbah beton. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan limbah beton memiliki volume pori yang lebih optimal, yang penting untuk ketahanan terhadap deformasi permanen dan retak. Namun, pada proporsi limbah yang lebih tinggi, terjadi peningkatan nilai VIM, yang menunjukkan peningkatan porositas dalam campuran. Porositas yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan berkurangnya kekuatan dan ketahanan terhadap keausan, karena lebih banyak ruang kosong yang tidak terisi aspal, sehingga lebih rentan terhadap kerusakan akibat air dan beban lalu lintas.

Sementara itu, nilai flow, yang merupakan ukuran dari deformasi plastis campuran aspal, menunjukkan kecenderungan meningkat dengan penambahan limbah beton. Hal ini berarti campuran menjadi lebih fleksibel dan memiliki kapasitas yang lebih baik untuk menahan deformasi tanpa retak, yang bisa menjadi keuntungan dalam aplikasi perkerasan jalan yang mengalami beban dinamis. Namun, flow yang terlalu tinggi juga dapat menandakan bahwa campuran terlalu lunak, yang mungkin tidak sesuai untuk kondisi lalu lintas berat. Oleh karena itu, diperlukan keseimbangan antara fleksibilitas dan kekakuan campuran untuk mencapai performa optimal.

Dalam menentukan kadar aspal optimum (KAO), penelitian ini menunjukkan bahwa campuran dengan 50% limbah beton mencapai hasil yang paling memuaskan, dengan KAO sekitar 7,5%. Pada kadar ini, campuran tidak hanya memenuhi spesifikasi teknis yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018, tetapi juga menunjukkan keseimbangan yang baik antara stabilitas, VIM, VMA, dan flow. Ini menunjukkan bahwa meskipun limbah beton dapat digunakan sebagai substitusi agregat, proporsinya harus dikontrol dengan ketat untuk memastikan kualitas perkerasan jalan yang dihasilkan tetap tinggi.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan bukir-bukir penting mengenai potensi penggunaan limbah beton dalam campuran aspal beton untuk perkerasan jalan. Meskipun penambahan limbah beton dapat membantu mengurangi ketergantungan pada agregat alam dan mendukung upaya keberlanjutan, perhatian khusus harus diberikan pada proses pemilihan dan pengolahan limbah beton agar sesuai dengan standar kualitas yang diperlukan. Ke depan, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan komposisi campuran dan mengevaluasi kinerja jangka panjang dari perkerasan yang menggunakan limbah beton, terutama dalam kondisi lingkungan dan lalu lintas yang bervariasi.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil pembahasan tabel uji marshall limbah *recycle* 25%, 50% dan 75% tentang pengaruh penambahan limbah *recycle* pada campuran AC-BC dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Penambahan limbah *recycle* beton sebagai pengganti sebagian agregat pada campuran laston AC-BC mempengaruhi nilai karakteristik marshall. Penambahan limbah beton mempengaruhi nilai Stabilitas, VMA, dan Flow (kelelahan). Dimana Pada variasi penambahan limbah *recycle* 25% dengan nilai stabilitas paling tertinggi adalah 2813,22 kg persentase campuran limbah *recycle* dengan kadar aspal yang tinggi maka nilai stabilitasnya semakin kecil untuk penambahan limbah *recycle* 25% begitu juga dengan variasi penambahan limbah *recycle* 50% dan 75% dengan nilai stabilitas tertinggi pada kadar aspal 6% dengan nilai 2682,42 kg di penambahan limbah *recycle* 50%. Pada variasi penambahan limbah *recycle* 75% di dapatkan nilai stabilitas tertinggi pada kadar aspal 6 % dengan nilai 2388,01 kg dari sini kita dapat simpulan bahwa semakin kecil untuk proporsi penambahan limbah *recycle* maka semakin bagus nilai stabilitasnya. Pada benda uji dengan penambahan limbah *recycle*, menghasilkan nilai VMA lebih baik dari benda uji normal yang dimana nilai VMA pada seluruh benda uji normal yang mana nilai VMA varisai limbah *recycle* 75% mendapatkan nilai rentang antara

20,98% – 22,44% sedangkan VMA benda uji normal menghasilkan nilai rentang 19,40% – 20,12%. Maka diketahui hasil dari benda uji dengan penambahan limbah *recycle* menghasilkan nilai VMA yang telah memenuhi persyaratan spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II yaitu lebih dari 15%

Variasi penambahan limbah *recycle* 50% mendapatkan nilai yang paling mendekati terhadap persyaratan spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 Revisi II. Nilai kadar aspal optimum variasi penambahan limbah *Recycle* sebagai pengganti sebagian agregat campuran laston AC-BC. Pada penambahan limbah *recycle* 25% dengan nilai 7,1 %, pada penambahan limbah *recycle* 50% di dapatkan nilai KAO dengan nilai 7,5% dan untuk penambahan limbah *recycle* 75% di dapatkan nilai KAO dengan nilai 7,5% dari berat total benda uji,

Untuk pengembangan lebih lanjut maka penulis memberikan saran yang bermanfaat untuk penelitian pada masa yang akan datang, yaitu : Untuk penelitian selanjutnya tidak hanya dilakukan dari segi karakteristik Marshall aspal beton saja, harus dipertimbangkan lagi dalam segi biaya untuk mengurangi penggunaan agregat alam dengan menggunakan limbah *recycle* beton sebagai inovasi terbaru untuk mengurangi limbah beton yang ada di sekitar kita, Perlu dilakukan penelitian mengenai perbandingan kualitas batu pecah antara perusahaan batching plan yang satu dengan batching plan yang lain guna mengetahui perbandingan kualitas produk yang biasa digunakan proyek daerah satu tempat ke tempat daerah yang berbeda. Serta sumber material Bottom Ash dengan tempat yang berbeda apakah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi VI.

Referensi

- Bina Marga, 2018, Spesikasi Umum 2018 (Revisi 2).
Bina Marga, 2018, Spesikasi Umum 2018 (Revisi 2).
Hariyadi, Heru, dkk. 2018. Pengaruh Ukuran Crumb Rubber Mesh #80 dan Mesh #120 (Serbuk Limbah Ban Karet) pada Penambahan Campuran Laston untuk Perkerasan Jalan. Universitas Tidar: Magelang
Jerniati Nasution. 2024. Studi Eksperimental Pemanfaatan Limbah Aspal Beton Dan Limbah Beton Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Campuran *ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)*
Imannurrohman Naufal, Sudarno, Muhammad amin. 2021. Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Perkerasan Laston Asphalt Concrete – Wearing Coarse (AC-WC). Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil v.02, n.1, p. 25-32, Agustus 2021
SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat., n.d.
SNI-03-1968-1990. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan. Agregat Halus Dan Kasar, n.d.
SNI-1969-2008 Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan judul Cara uji berat jenis penyerapan air agregat kasar.pdf, n.d.
SNI 06-2489-1991. METODE PENGUJIAN CAMPURAN ASPAL DENGAN ALAT MARSHALL
Spesifikasi Umum *Bina Marga 2018* untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)
Sudarno, 2015. Influence of Virgin Material on Cement Treated Recycling Base (CTRB) Construction