

PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH BAN BEKAS DALAM CAMPURAN AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN

Hariz Athhar Yattaqi¹, Sugeng Riyanto², Utami Retno Pudjowati³

¹ Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang
^{2,3}, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

¹ harisathhar@gmail.com, ² gusriyan74@yahoo.com, ³ utami.retno@polinema.ac.id

Abstrak

Limbah merupakan hasil samping dari suatu perusahaan atau kegiatan yang mengandung zat berbahaya atau beracun yang karena sifat, konsentrasi, dan jumlahnya dapat secara langsung maupun tidak langsung membahayakan lingkungan, kesehatan manusia, dan keberadaan organisme lain. Sampah ban tergolong jenis sampah yang tidak mudah terurai secara hayati, sehingga memerlukan inovasi dan upaya lebih untuk mendapatkan hasil yang bermanfaat. Laston AC-WC merupakan material komposit yang digunakan untuk permukaan jalan yang secara langsung berinteraksi dengan roda kendaraan. Aspal akan digantikan sebagai salah satu komponen aspal beton. Aspal berfungsi sebagai pengikat agregat dan perekat hitam. Tujuan penelitian untuk menganalisis seberapa besar pengaruh limbah ban terhadap campuran aspal beton dengan variasi kadar limbah aspal (6%, 8%, 10%, 12%, 14%). Penelitian ini dilakukan di laboratorium Uji Bahan Jalan Gedung Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang. Metode yang digunakan melibatkan 36 total benda uji dengan 21 untuk KAO dan 15 untuk limbah ban. Hasil pengujian campuran laston AC-WC dengan metode marshall non substitusi mendapatkan KAO 6,75%. Variasi limbah ban 6% dengan nilai stabilitas 1382,08 Kg, Flow 2,28 Kg, VFA 74,36%, VIM 4,08, VMA 15,59 dan MQ 483,98 Kg/mm. Sedangkan variasi limbah ban 8 % mendapatkan nilai Stabilitas 1230,08Kg, Flow 2,25mm, VFA 82,10%, VIM 3,34%, VMA 18,61%, dan MQ 453,94Kg/mm. Biaya yang dibutuhkan oleh Laston AC-WC dengan penggantian limbah ban 8% dengan harga Rp.1.651.936,24/ton.

Kata kunci: Limbah Ban, AC-WC, Aspal, Anggaran Biaya.

Abstract

Waste is the byproduct of a company or activity that includes dangerous or poisonous substances which, owing to their inherent properties, concentration, and quantity, may directly or indirectly jeopardize the environment, human health, and the existence of other organisms. Tire trash is categorized as a kind of garbage that is not readily biodegradable, requiring more innovation and effort to get beneficial outcomes. Laston AC-WC is a composite material used for road surfacing that directly interacts with vehicle wheels. Asphalt will be replaced as one of the components of asphalt concrete. Asphalt serves as both an aggregate binder and a black adhesive. The purpose of the study was to analyze how much tire waste affects the concrete asphalt mixture with variations in asphalt waste content (6%, 8%, 10%, 12%, 14%). This research was carried out in the Road Material Test laboratory of the Civil Engineering Building of the Malang State Polytechnic. The method used involved a total of 36 test pieces, of which 21 were for KAO and 15 were for waste tires. The results of testing the laston AC-WC mixture with the non-substitution marshall method obtained a KAO of 6.75%. The variation of tire waste was 6% with a stability value of 1382.08 Kg, Flow 2.28 Kg, VFA 74.36%, VIM 4.08, VMA 15.59 and MQ 483.98 Kg/mm. Meanwhile, the variation of 8% tire waste gets a stability value of 1230.08Kg, Flow 2.25mm, VFA 82.10%, VIM 3.34%, VMA 18.61%, and MQ 453.94Kg/mm. The estimated cost owned by Laston AC-WC with 8% tire waste substitution at a price of Rp.1,651,936.24/ton.

Keywords: Waste tires, AC-WC, asphalt, cost budget.

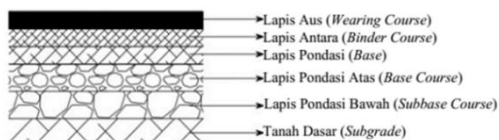
Pengaruh Substitusi Limbah Ban Bekas Dalam Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Campuran

Pendahuluan

Jalan merupakan infrastruktur yang digunakan oleh individu dengan berbagai kendaraan untuk menghubungkan satu lokasi ke lokasi lain. Jalan merupakan bagian integral dari kehidupan; oleh karena itu, pengembangan dan pemeliharannya perlu dipertimbangkan secara saksama. Selama tahun 1980-an, aspal Pen digunakan, khususnya 80/100, menggunakan gradasi celah untuk menciptakan rongga yang lebih besar di antara partikel, dengan banyak butiran yang lebih kecil untuk membantu menjaga aspal di dalam matriks. Akibatnya, kandungan aspal dalam campuran Hot Rolled Sheet biasanya melebihi 7%, sedangkan jenis beton aspal lainnya umumnya berkisar antara 5,3% hingga 5,8%. Ban sisa dari mobil yang dinonaktifkan dapat digunakan sebagai aditif dalam campuran aspal dengan tingkat penetrasi 60/70. Memasukkan campuran limbah karet ban bagian dalam ke dalam campuran aspal diharapkan dapat meningkatkan daya tahan permukaan perkerasan dan meningkatkan ketahanannya terhadap retak yang disebabkan oleh defleksi.

Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston merupakan campuran beraspal yang terdiri dari campuran antara agregat dan aspal. Aspal berfungsi sebagai perekat antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Lapisan aspal beton atau AC terdiri dari tiga macam, yaitu Laston Lapis Aus/ Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC), Laston Lapis Pengikat/ Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC), dan Laston Lapis Pondasi/ Asphalt Concrete – Base (AC-Base) dengan masing-masing ukuran maksimum agregat campuran yaitu 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).



Gambar 1. Susunan Lapis Aspal Beton

Pengujian Marshall

Teknik Marshall digunakan untuk menilai kualitas dan mutu campuran aspal. Pendekatan ini, yang dikembangkan oleh Bruce Marshall, telah distandarisi oleh ASTM dan AASHTO melalui banyak versi. Premis metode Marshall melibatkan analisis rongga, aliran, dan stabilitas

campuran aspal atau material yang diteliti. Uji Marshall adalah peralatan bertekanan dengan cincin pembuktian atau cincin uji dengan kapasitas 2500 kg atau 5000 pon. Cincin pembuktian dilengkapi dengan jam tangan pengukur untuk menilai stabilitas campuran, sementara pengukur aliran mengukur aliran plastik.

Metodologi

Persiapan Material

Penelitian ini menggunakan agregat kasar, agregat halus, aspal, dan filler sebagai komponennya. Material kasar diperoleh dari Pasuruan, sedangkan agregat halus diperoleh dari Lumajang. Pada penelitian ini, digunakan aspal dengan tingkat penetrasi 60/70, dengan abu batu dimanfaatkan sebagai material filler atau bahan pengisi.

Pengujian Sifat Fisik Material

Tujuan dari evaluasi kualitas fisik material adalah untuk menjamin bahwa semua material yang digunakan mematuhi Bina Marga 2018, sehingga memastikan hasil yang optimal untuk spesimen uji. Untuk memastikan karakteristik material, dilakukan serangkaian pengujian, yaitu: penetrasi, berat jenis, dan titik lembek untuk aspal; berat jenis serta kadar organik untuk agregat halus; serta berat jenis, kekerasan, dan keausan untuk agregat kasar.

Pembuatan Benda Uji

Terdapat dua pembuatan benda uji meliputi benda uji KAO (tanpa Limbah ban) dan benda uji dengan substitusi Limbah ban. Untuk benda uji KAO dibuat menggunakan 7 variasi kadar aspal dengan pengulangan 3 benda uji untuk tiap variasi antara lain: Pb, (Pb -0,5), (Pb -1,0), (Pb - 1,5), (Pb + 0,5), (Pb + 1,0) dan (Pb + 1,5) menggunakan formula:

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + k(1)$$

Berdasarkan perhitungan, diperoleh nilai Pb sebesar 6,75%. Benda uji tanpa tambahan Limbah Ban kemudian digunakan untuk menentukan KAO.

Setelah didapat nilai KAO dapat dilakukan pembuatan benda uji substitusi limbah ban menggunakan 5 variasi limbah ban dengan 3 kali pengulangan benda uji untuk tiap variasi, antara lain aspal substitusi limbah ban sebesar 6%,8%,10%,12% dan 14%.

Pengaruh Substitusi Limbah Ban Bekas Dalam Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Campuran

Pengujian Marshall Benda Uji

Uji Marshall menggunakan instrumen Marshall terkomputerisasi untuk memastikan nilai karakteristik kombinasi. Setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan, pengukuran volumetrik dilakukan, meliputi pengukuran ketebalan, diameter, berat benda dalam kondisi permukaan kering jenuh (SSD), dan berat saat terendam dalam air. Material kemudian direndam dalam air pada suhu 60 °C selama 30 menit dan dievaluasi menggunakan mesin Marshall untuk menentukan parameter stabilitas dan aliran. Setelah memperoleh angka-angka ini, selanjutnya dapat dihitung nilai MQ, VFA, VMA, dan VIM.

Tabel 1. Ketentuan Karakteristik Gabungan Laston AC-WC

Karakteristik Campuran	Gabungan Laston		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
Frekuensi tumbukan per bidang	75		112
VIM (%)	3,0-5,0		
VMA (%)	Min.15	Min.14	Min.13
VFB (%)	Min.65	Min.65	Min.65
Stabilitas Marshall (kg)	Min. 800		Min. 1800
Flow (mm)	2,0 - 4,0		3,0 - 6,0
Marshall Quotient (kg/mm)	Min. 250		

Tabel 2. Ketentuan Karakteristik Gabungan Laston AC-WC Modif

Karakteristik Campuran	Gabungan Laston		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
Frekuensi tumbukan per bidang	75		112
VIM (%)	3,0-5,0		
VMA (%)	Min.15	Min.14	Min.13
VFB (%)	Min.65	Min.65	Min.65
Stabilitas Marshall (kg)	Min. 1000		Min. 1800
Flow (mm)	2,0 - 4,0		3,0 - 6,0
Marshall Quotient (kg/mm)	Min. 250		

Analisis Biaya

Anggaran Biaya ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung koefisien untuk setiap

material, tenaga kerja, dan alat. Koefisien yang telah dihitung kemudian dikalikan dengan harga satuan proyek Kota Malang 2022, dan ditambah dengan biaya overhead, sehingga diperoleh biaya akhir konstruksi lapisan perkerasan.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Analisis yang dilakukan meliputi uji karakteristik fisik material, perhitungan kebutuhan material, analisis karakteristik marshall, analisis ANOVA dan analisis biaya.

Hasil Uji Karakteristik Fisik Agregat Kasar

Tabel 3. Hasil Uji Karakteristik Fisik Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan		Metode Pengujian
		Min	Max	
Berat Jenis				
-Bulk	2.649	2,5	-	
-Apparent	2.803	2,5	-	SNI 1969-2008
-JPK/SSD	2.704	2,5	-	
-Efektif	2.726	-	-	
Penyerapan	2.095	-	3%	SNI 1969-2016
Kekerasan	3.98	-	40%	SNI 7619-2012
Keausan	16.160	-	40%	SNI 2417-2008

Hasil Uji Karakteristik Fisik Agregat Halus

Tabel 4. Hasil Uji Karakteristik Fisik Agregat Halus

Pengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan		Metode Pengujian
		Min	Max	
Berat Jenis				
-Bulk	2.707	2,5	-	SNI 1969-2008
-Apparent	2.771	2,5	-	
-JPK/SSD	2.730	2,5	-	
-Efektif	2.739	-	-	
Penyerapan	0.857	-	3%	SNI 1969-2008
Kadar Orgaink	1	1	3	SNI 03-2816-2014

Hasil Uji Karakteristik Fisik Aspal

Tabel 5. Uji Karakteristik Fisik Aspal

Pengujian	Persyaratan
-----------	-------------

Pengaruh Substitusi Limbah Ban Bekas Dalam Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Campuran

	Hasil Pengujian	Min	Max	Metode Pengujian
Penetrasi, 25°C	62.688	60	70	SNI 2456-2011
Titik Lembek, °C	48	48°C	58°C	SNI 2434:2011
Berat Jenis	1.030	1,0	-	SNI 2441:2011

Kebutuhan Bahan Penyusun Laston AC-WC

Berdasarkan komposisi agregat dan variasi kadar aspal, dibuat benda uji normal dengan 3 benda uji untuk setiap variasi kadar aspal, yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, dan 8% yang selanjutnya akan digunakan untuk penentuan KAO.

Tabel 6. Kebutuhan Bahan Penyusun Laston AC-WC

Material	Variasi Kadar Aspal (%)			
	5	5.5	6	6.5
Aggregat Kasar	429	429	429	429
Aggregat Halus	599.5	599.5	599.5	599.5
Filler	71.5	71.5	71.5	71.5
Total	1100	1100	1100	1100
Aspal	54.9	60.4	65.9	71.4
Total + Aspal	1154.9	1160.4	1165.9	1171.4

Material	Variasi Kadar Aspal (%)		
	7	7.5	8
Aggregat Kasar	429	429	429
Aggregat Halus	599.5	599.5	599.5
Filler	71.5	71.5	71.5
Total	1100	1100	1100
Aspal	76.9	82.5	88
Total + Aspal	1176.9	1182.5	1188

Hasil Uji Marshall Benda Uji KAO

Pada Tabel 7 merupakan rekapitulasi hasil uji Marshall pada campuran normal dengan kadar aspal 5% hingga 8% yang mencakup nilai stabilitas, flow, MQ, VMA, VIM, dan VFA.

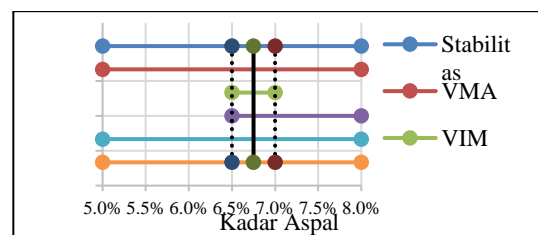
Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall

Karakteristik	Kadar Aspal (%)			
	5.00%	5.50%	6.00%	6.50%
Stabilitas (kg)	1010.69	1233.05	1400.43	1285.51
Flow (mm)	2.23	2.52	2.83	3.07
MQ (kg/mm)	489.19	490.82	490.02	487.87
VMA (%)	21.73	19.47	18.95	17.49
VIM (%)	12.87	9.3	7.65	4.92
VFA (%)	40.78	52.24	59.61	71.9

Karakteristik	Kadar Aspal (%)		
	7.00%	7.50%	8.00%
Stabilitas (kg)	1179.19	990.29	846.875
Flow (mm)	3.13	3.235	3.13
MQ (kg/mm)	462.59	361.692	295.194
VMA (%)	18.03	17.492	17.982
VIM (%)	4.46	2.756	2.26
VFA (%)	75.27	84.246	87.571

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Untuk penentuan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan dengan diambil kadar aspal yang paling ideal dari batas kadar aspal 6,5% sampai kadar aspal 7%, sehingga didapat KAO pada kadar 6,75%. Berikut adalah diagram untuk menentukan kadar aspal terpilih dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan KAO

Hasil Uji Marshall Substitusi Limbah Ban

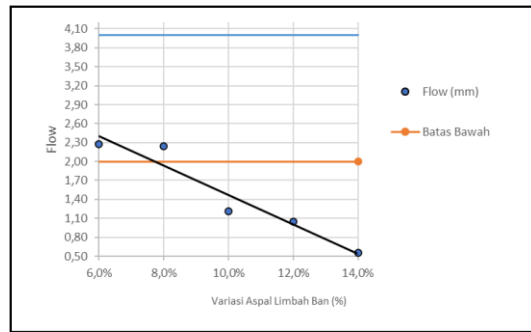
Hasil pengujian Marshall dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Benda Uji Variasi

Karakteristik	Kadar Aspal (%)
---------------	-----------------

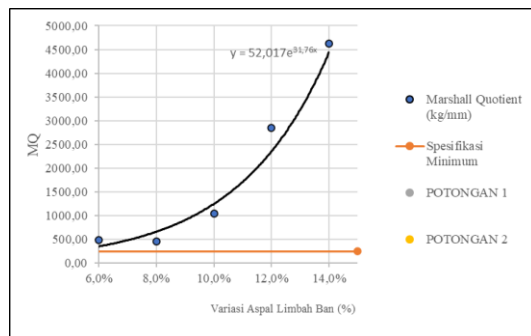
Pengaruh Substitusi Limbah Ban Bekas Dalam Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Campuran

	6%	8%	10%
Stabilitas (Kg)	1382,08	1230,35	1534,40
Flow(mm)	2,28	2,25	1,22
MQ(Kg/mm)	483,98	453,94	1036,02
VMA(%)	15,59	18,61	21,24
VIM(%)	4,08	3,34	2,43
VFA(%)	74,36	82,10	94,17



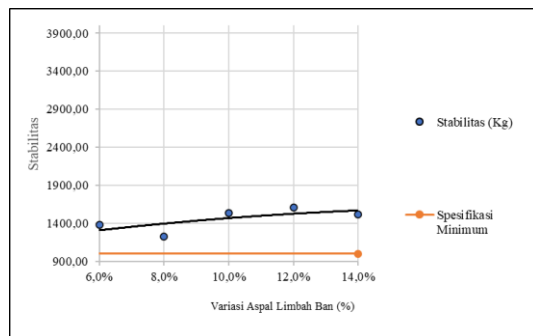
Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Limbah ban dengan Flow

	12%	14%
Stabilitas(Kg)	1607,71	1518,58
Flow(mm)	1,04	0,56
MQ(Kg/mm)	2849,61	4626,37
VMA(%)	23,51	26,14
VIM(%)	1,31	0,92
VFA(%)	94,56	96,47

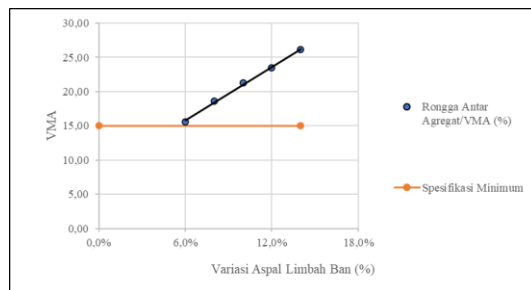


Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Limbah ban dengan MQ

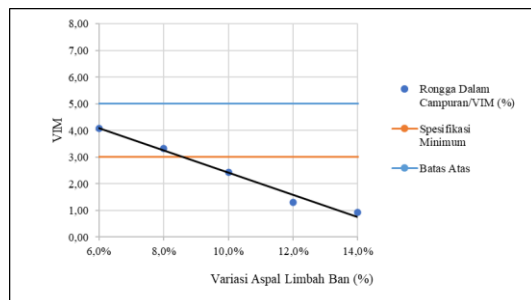
Hasil pengujian ditampilkan dalam tabel dan grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar limbah ban substitusi dengan karakteristik Marshall.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Limbah ban dengan Stabilitas

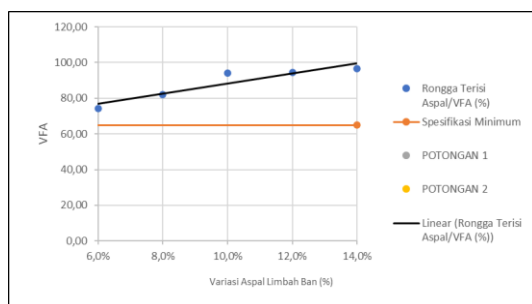


Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Limbah ban dengan VMA



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Limbah ban dengan VIM

Pengaruh Substitusi Limbah Ban Bekas Dalam Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Campuran



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Limbah ban dengan VFA

Dari hasil pengujian karakteristik Marshall diperoleh kadar aspal limbah ban terbaik pada presentase 8%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa limbah ban dapat digunakan sebagai bahan substitusi aspal.

Hasil Uji Anova

Berdasarkan dari hasil pengujian anova bahwa Substitusi Aspal Limbah ban berpengaruh terhadap nilai Stabilitas, Flow, MQ, dan tidak berpengaruh terhadap nilai VMA, VIM, VFA.

Analisis Biaya

Hasil perhitungan analisis biaya berpedoman pada AHSP bidang Bina Marga Kementerian PU dan HSP Kota Malang, diperoleh nilai estimasi biaya pada pekerjaan perkerasan laston AC-WC tanpa substitusi 0% Limbah ban sebesar Rp1.553.375 /ton dan dengan substitusi Limbah ban 8% sebesar Rp 1.525.911 /ton.

Kesimpulan

Mengacu pada hasil pengujian, analisis data, dan pembahasan yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian sifat fisik campuran aspal dan agregat untuk campuran beton aspal AC-WC memenuhi standart SNI 03-1737-1989.
2. Dari hasil pengujian karakteristik untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal rencana 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; 7%; 7,5%; dan 8% dijadikan kedalam grafik dan diagram barchart, didapatkan kadar aspal dengan batas 6,5% sampai 7% menghasilkan karakteristik campuran yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu stabilitas, flow, Marshall Quotient (MQ), VMA, VFA, dan VIM. Sehingga kadar aspal optimum yang merupakan rata-rata dari batas kedua kadar aspal tersebut adalah 6,75%

3. Hasil pengujian sifat fisik bahan campuran Asphalt Concrete – Wearing Coarse (AC – WC) substitusi limbah ban dengan variasi 6%, 8%, 10%, 12%, 14%. dijadikan kedalam grafik dan diagram barchart, didapatkan hanya kadar variasi 6% dan 8% yang menghasilkan karakteristik campuran yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, serta dipilih yang terbaik yaitu 8% dan dilakukan uji analisis varian/anova metode satu arah/one-way menunjukkan bahwa, Penggunaan Limbah Ban Sebagai Substitusi Aspal Dalam Campuran AC-WC berpengaruh terhadap Marshall Quotient serta Void in Mineral Aggregate (VMA) dan tidak berpengaruh terhadap Stabilitas, Flow, Void In Mixture (VIM), Void Filled with Bitumen (VFA) dengan resiko kesalahan 5%.
4. Dari hasil beberapa tabel analisis biaya diatas, didapatkan total hasil biaya perkerasan kondisi normal atau non substitusi sebesar Rp 1.553.375, total biaya perkerasan variasi substitusi aspal limbah ban 8% sebesar Rp. 1.525.911 / Ton. Disimpulkan bahwa anggaran yang dimiliki oleh laston AC – WC dengan substitusi aspal limbah ban pada variasi 8% jika dibandingkan dengan kondisi normal tanpa variasi akan lebih murah sebesar 19%.

Saran

Berdasarkan hasil pengalaman dalam melakukan penelitian di laboratorium, dapat dikemukakan saran yang mungkin dapat digunakan untuk penelitian lanjutan:

1. Dapat dilanjutkan penelitian dengan menggunakan variasi penambahan filler yang berbeda, dengan metode variasi pencampuran yang berbeda.
2. Peneliti lebih teliti dalam pemilihan dan pengecekan terhadap material dan spesifikasi yang bersangkutan agar mendapatkan hasil yang memuaskan dan sesuai dengan syarat ditetapkan.
3. Melakukan pengecekan alat yang akan digunakan pada penelitian agar mendapatkan hasil yang memuaskan dan sesuai standart yang diisyaratkan.

Daftar Rujukan

Prof(R) Dr. Ir. Raden Anwar Yamin, S.T., M.T., ME. IPM. ASEAN. Eng. (2023) *Gondorukem Sebagai Bahan Baku Bio Aspal*. Laporan Akhir Penelitian Dasar

Pengaruh Substitusi Limbah Ban Bekas Dalam Campuran AC-WC Terhadap Karakteristik Campuran

- Dana Penelitian DIpa Politeknik Pekerjaan Umum Tahun Anggaran 2023.
- Diaz Shania Ahmad A. (2019). *Pengaruh Gondorukem Sebagai Bahan Aditif Pada Aspal AC-WC Dengan Pengujian Marshal*. Theses and Dissertations Repository | ETD UGM
- Yulia Rizki Maulida. (2019). *Pengaruh Penambahan Gondorukem Dan Filler Abu Batu Bara (Fly Ash) Pada Laston (AC-BC) Terhadap Karakteristik Marshall*. Proyek Akhir Program Studi D3 Teknik Sipil Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
- Cut Nawalul Azka. (2018.) *Pengaruh Substitusi Gondorukem Pada Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Menggunakan Agregat Halus Sabang Terhadap Stabilitas Marshall*. <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JARSP/index>
- Dea Putri Perceka. (2016.) *Pengaruh Getah Pinus Pada Stabilitas, Pelelehan, Dan Durabilitas Lapis Pengikat Beton Aspal*.
- Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018*. Balai Besar Pelaksanaan Jalan. Nasional V. Yogyakarta : Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Sulaksono, S. (2001). *Catatan Kuliah Rekayasa Jalan*. Bandung: ITB.
- Sikku, D. (2019). *Penggunaan Kapur Maruni (CaCO₃) Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Pada Campuran Aspal Panas Hrs-Wc* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Coppen, J. J. W. And Hone, G. A. 1995. *Non Wood Forest Product 2*. <http://www.fao.org>.
- BSN, (2001). *Gondorukem Indonesia*. SNI 01.5009.12-2001. Badan Standarisasi Nasional.
- Dwipayana, I. K. (2018). *Perbandingan Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Pada Campuran Aspal AC-BC (Studi Kasus: Simpang Semarang–Watu Klotok)* (Doctoral dissertation).
- Kurniawan, W., Lizar, L., & Pribadi, J. A. (2021). *Karakteristik Marshall Campuran Aspal AC-WC Menggunakan filler Spent Bleaching Earth Sebagai Pengganti Abu Batu*. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 3(2), 80-89.
- Suhardi, S., Pratomo, P., & Ali, H. (2016). *Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik*. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, 4(2), 284-293.
- SNI 03-4804-1998. (1998). *SNI 1970-2016 Metode Pengujian Berat Isi Dan Rongga Udara Dalam Agregat*. www.bsn.go.id
- SNI 03-6723-2002. (2002). *SNI 03-6723-2002 Spesifikasi Bahan Pengisi Untuk Campuran Beraspal*. www.bsn.go.id
- SNI 06-2489-1991. (1991). *SNI 06-2489-1991 METODE PENGUJIAN CAMPURAN ASPAL DENGAN ALAT MARSHALL*. www.bsn.go.id
- SNI 1969-2016. (2016). *SNI 1969-2016 Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. www.bsn.go.id
- SNI 1970-2016. (2016). *SNI 1970-2016 Metode Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus*. www.bsn.go.id