

PENGARUH PENAMBAHAN STYROFOAM KEDALAM CAMPURAN PERKERASAN AC – BC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHAL

Awang Yudha Sastra¹, Sugeng Riyanto², Wahiddin³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email : yudhaawang391@gmail.com¹, gusriyan74@yahoo.com², wahiddin@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Saat ini mengharuskan adanya inovasi dalam material jalan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu solusi yang potensial adalah dengan memanfaatkan styrofoam dalam campuran aspal AC – BC. Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC) yang memiliki peranan penting dalam menyebarkan beban dari lapisan atas ke lapisan bawah perkerasan. Penggunaan styrofoam sebagai bahan campuran aspal AC – BC dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi dua masalah sekaligus, yaitu mengurangi limbah styrofoam dan mengoptimalkan kinerja campuran aspal. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh perbandingan styrofoam terhadap campuran aspal beton dengan variasi campuran 18%, 19%, 20%, dan 21%. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode basah. Hasil dari pengujian ini mendapatkan kadar aspal optimum sebesar 6,25%. Nilai stabilitas mengalami peningkatan pada masing – masing variasi. Nilai flow mengalami penurunan pada kadar 21%. Nilai MQ mengalami peningkatan pada masing-masing variasi. Nilai VIM pada persentase 18% dan 19% tidak memenuhi spesifikasi, pada persentase 20% peningkatan dan 21% mengalami penurunan. Nilai VMA pada persentase 21% mengalami penurunan, sedangkan persentase 18% - 20% mengalami peningkatan. Nilai VFA pada persentase 18% tidak memenuhi spesifikasi, persentase 19% dan 20% mengalami penurunan dan persentase 21% mengalami kenaikan. Rencana anggaran biaya yang dimiliki persentase campuran 20% sebesar Rp. 2.212.068.

Kata kunci : Aspal, Styrofoam, AC-BC

ABSTRACT

This time requires innovation in road materials to reduce negative impacts on the environment. One potential solution is to use styrofoam in the AC – BC asphalt mixture. Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC) which has an important role in spreading the load from the top layer to the bottom layer of the pavement. Using styrofoam as an AC – BC asphalt mixture can be a solution to overcome two problems at once, namely reducing styrofoam waste and optimizing the performance of the asphalt mixture. The aim of this research is to determine the effect of the ratio of styrofoam to asphalt concrete mixture with mixture variations of 18%, 19%, 20% and 21%. This research was carried out using the wet method. The results of this test obtained an optimum asphalt content of 6.25%. The stability value has increased with each variation. The flow value decreased by 21%. The MQ value has increased for each. The VIM value at a percentage of 18% and 19% does not meet specifications, at a percentage of 20% it has increased and at 21% it has decreased. The VMA value at a percentage of 21% has decreased, while the percentage of 18% - 20% has increased. The VFA value at a percentage of 18% does not meet specifications, the percentages of 19% and 20% have decreased and the percentage of 21 has increased. The planned cost budget has a mixed percentage of 20% of Rp. 2,212.068.

Keywords: Asphalt, Styrofoam, AC-BC.

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalan yang dipadatkan menggunakan agregat dan aspal atau semen sebagai bahan pengikat, yang dirancang untuk memberikan lapisan konstruksi dengan ketebalan, kekuatan, kekakuan, dan stabilitas tertentu untuk menyalurkan beban lalu lintas ke tanah di bawahnya dengan aman. Tujuan utama perkerasan adalah untuk menyebarkan beban roda ke area permukaan tanah yang lebih luas daripada area kontak roda dengan perkerasan, sehingga mengurangi tekanan maksimum yang diberikan pada tanah dasar. Perkerasan harus memiliki kapasitas untuk menahan beban lalu lintas. Permukaan perkerasan harus rata tetapi tahan terhadap kelicinan. Perkerasan dibangun berdasarkan beberapa faktor, termasuk persyaratan struktural, efektivitas biaya, daya tahan, kenyamanan, dan keahlian.

Rumusan Masalah

1. Menentukan berapa nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) berdasarkan uji marshall pada campuran laston AC – BC tanpa campuran styrofoam.
2. Mengetahui nilai perbandingan karakteristik Marshall dengan penambahan styrofoam dan tanpa styrofoam pada campuran aspal AC – BC.
3. Mengetahui Rencana Anggaran Biaya perkerasan AC–BC dengan styrofoam sebagai penambahan aspal.

Tinjauan pustaka

Laston

Laston merupakan lapisan penutup struktural untuk konstruksi perkerasan jalan. Komposisi ini terdiri dari agregat bergradasi kontinu yang dipadukan dengan aspal keras, yang dicampur, diratakan, dan dipadatkan dalam kondisi dipanaskan pada suhu tertentu. Salah satu produk campuran aspal yang saat ini digunakan oleh Departemen Pekerjaan Umum adalah AC-BC, atau Asphalt Concrete Intermediate Layer. AC-BC adalah salah satu dari 3 macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC-Base.

Pengujian Marshall

Pengujian dengan alat marshall dilakukan sesuai dengan protokol Bina Marga. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat campuran dan mengevaluasi ketahanan atau stabilitas campuran aspal terhadap aliran. Hubungan antara stabilitas aliran berbanding lurus; peningkatan stabilitas menghasilkan peningkatan aliran, dan sebaliknya. Semakin tinggi stabilitas, semakin baik aspal dapat menahan beban, dan sebaliknya. Jika aliran meningkat, aspal menunjukkan kapasitas yang lebih besar untuk menahan tekanan.

Tabel 1. Ketentuan Sifat Campuran AC-BC

Sifat Campuran	Campuran Laston		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang	75		112

Rongga di dalam campuran (VIM) (%)	3,0-5,0		
Rongga di dalam agregat (VMA) (%)	Min.15	Min.14	Min.13
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min.65	Min.65	Min.65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 800		Min. 1800
<i>Flow</i> (mm)	2,0 - 4,0		3,0 - 6,0
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250		

Tabel 2. Ketentuan Sifat Campura AC-BC Mod

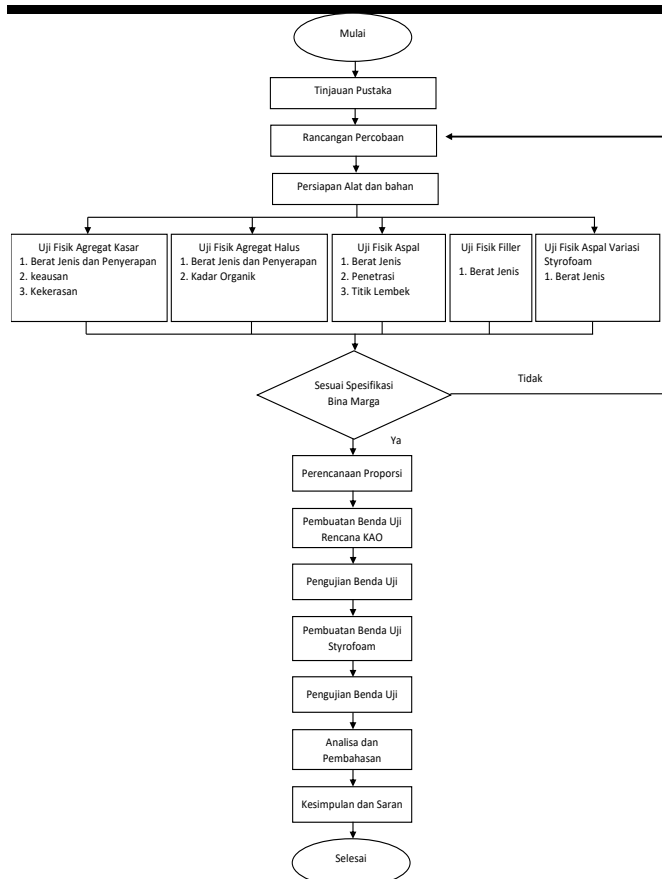
Sifat-Sifat Campuran	Campuran Laston		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang	75		112
Rongga di dalam campuran (VIM) (%)	3,0-5,0		
Rongga di dalam agregat (VMA) (%)	Min.15	Min.14	Min.13
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min.65	Min.65	Min.65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 1000		Min. 1800
<i>Flow</i> (mm)	2,0 - 4,0		3,0 - 6,0
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250		

Analisis Biaya

Rancangan Anggaran Biaya ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung koefisien untuk setiap material, tenaga kerja, dan alat. Selanjutnya, koefisien dikalikan dengan harga satuan proyek Kota Malang dan digabung dengan biaya overhead untuk mendapatkan biaya pekerjaan perkerasan jalan.

2. METODOLOGI

Ada beberapa tahap diagram alir yang akan dilakukan dalam penelitian ini, sebagai berikut :



Gambar 1. Flow Chart

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisa yang dilakukan meliputi analisa perhitungan kebutuhan material, analisa fisik material, analisa karakteristik marshall, anova dan rencana anggaran biaya.

Hasil Dari Pengujian Sifat Fisik Agregat

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat 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 Dari Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Tabel 4. Hasil Dari Pengujian Sifat 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 Dari Pengujian Sifat Fisik Aspal

Tabel 5. Pengujian Dari Sifat Fisik Aspal

Pengujian	Hasil Pengujian	Persyatatan		Metode Penugjian
		Min	Max	
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

Hasil Dari Pengujian Sifat Fisik Aspal Variasi Styrofoam

Tabel 6. Pengujian Dari Sifat Fisik Aspal Variasi Styrofoam

Pengujian	Persentase Styrofoam	Hasil Pengujian	Persyaratan	
			Min	Max
Berat Jenis	18%	1,035	1	-
	19%	1,041	1	-
	20%	1,069	1	-
	21%	1,142	1	-

Kebutuhan Bahan Penyusun Laston AC-BC

Komposisi agregat dan kadar aspal, maka dibuat benda uji normal. Variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5%, 8% yang digunakan untuk mencari KAO.

Tabel 7. Kebutuhan Bahan Penyusun Laston AC-WC

Material	Variasi Kadar Aspal (%)			
	5	5.5	6	6.5
Aggregat Kasar	495	495	495	495
Aggregat Halus	539,00	539,00	539,00	539,00
Filler	66,0	66,0	66,0	66,0
Total	1100	1100	1100	1100
Aspal	55	60,5	66	71,5
Total + Aspal	1155,0	1160,5	1166,0	1171,5

	7	7.5	8
Aggregat Kasar	495	495	495
Aggregat Halus	539,00	539,00	539,00
Filler	66,0	66,0	66,0
Total	1100	1100	1100
Aspal	77	82,5	88
Total + Aspal	1177,0	1182,5	1188,0

Hasil Dari Pengujian Marshall Benda Uji KAO

Nilai kadar aspal optimum (KAO) diperoleh dari pengujian Marshall yang meliputi stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, dan MQ dengan variasi aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan 8%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall

Karakteristik	Kadar Aspal (%)			
	5%	5.5%	6%	6.5%
Stabilitas (kg)	1031,2	1235,1	1388,1	1319,3
Flow (mm)	2,32	2,50	2,63	2,70
MQ (kg/mm)	486,5	488,7	559,1	497,2
VMA (%)	15,97	17,227	17,41	18,24
VIM (%)	5,06	5,40	4,55	2,77
VFA (%)	68,74	66,10	75,44	75,61

Karakteristik	Kadar Aspal (%)		
	7%	7.5%	8%
Stabilitas (kg)	1235,4	1227,8	1001,0
Flow (mm)	2,75	3,04	3,09
MQ (kg/mm)	460,0	394,8	339,0
VMA (%)	17,72	18,57	19,13
VIM (%)	2,77	2,71	2,34
VFA (%)	87,87	85,43	87,76

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian mendapatkan nilai stabilitas, flow, MQ, VMA, VFA semua memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018, sedangkan nilai VIM yang memenuhi syarat Spesifikasi Binamarga 2018 hanya kadar aspal 6% dan 6,5%. Dapat disimpulkan Kadar Aspal Optimum yang dipakai dari pengujian ini adalah 6,25%.

Tabel 9. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Karakteristik Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal						
		5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
Stabilitas	Min 800							
Flow	2 - 4							
MQ	Min 250							
VIM	3 - 5							
VMA	Min 15							
VFA	Min 65							

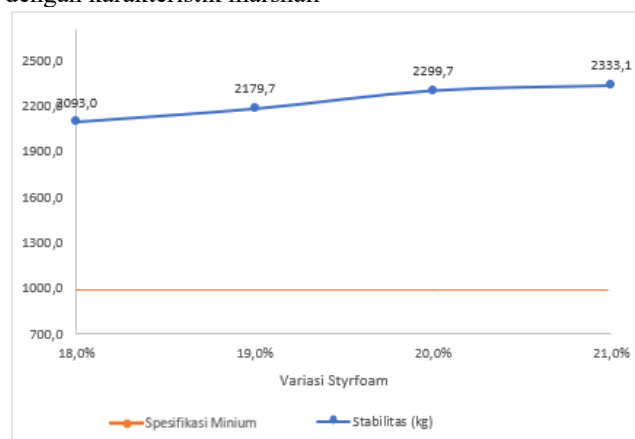
Hasil Dari Pengujian Marshall Benda Uji Campuran Aspal Styrofoam

Hasil dari pengujian Marshall dapat dilihat pada tabel berikut :

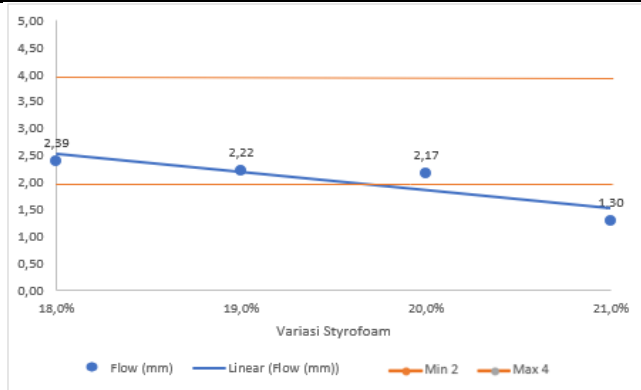
Tabel 10. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Benda Uji Variasi

Karakteristik	Kadar Aspal (%)				Normal
	18%	19%	20%	21%	
Stabilitas (kg)	2093,0	2179,7	2299,7	2333,1	1353,675
Flow (mm)	2,39	2,22	2,17	1,30	2,66
MQ (kg/mm)	896	1009	1041	1675	528,17
VMA (%)	21,77	19,34	18,15	17,80	17,82
VIM (%)	9,07	6,25	4,87	4,46	4,50
VFA (%)	58,43	67,68	73,20	74,95	74,78

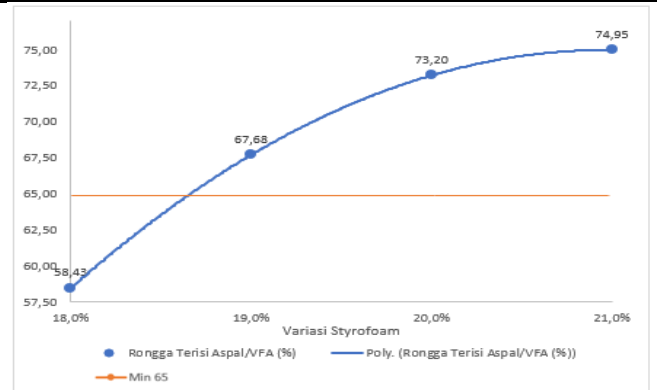
Berikut adalah grafik hubungan antara kadar styrofoam dengan karakteristik marshall



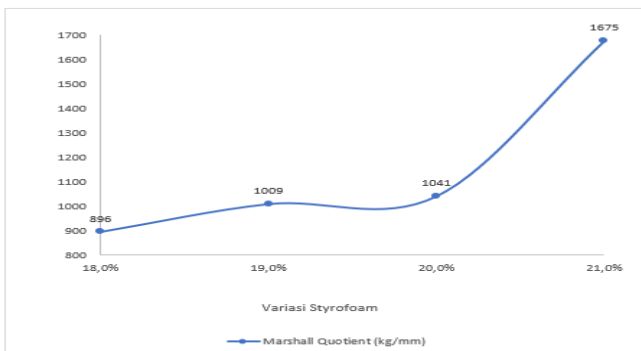
Gambar 2. Grafik Kadar Styrofoam dengan Stabilitas



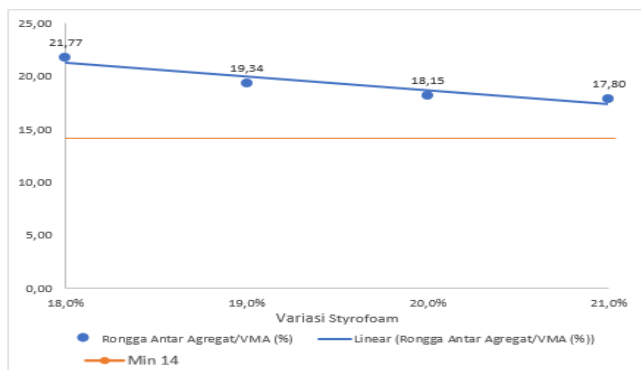
Gambar 3. Grafik Kadar Styrofoam dengan Flow



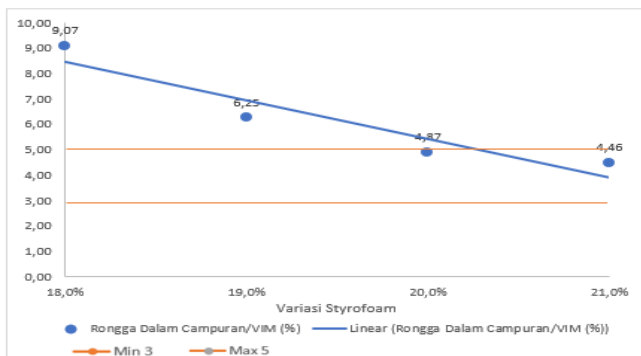
Gambar 7. Grafik Kadar Styrofoam dengan VFA



Gambar 4. Grafik Kadar Styrofoam dengan MQ



Gambar 5. Grafik Kadar Styrofoam dengan VMA



Gambar 6. Grafik Kadar Styrofoam dengan VIM

Berdasarkan hasil pengujian Marshall penambahan styrofoam terhadap campuran aspal diatas, persentase yang memenuhi spesifikasi bina marga dan memiliki nilai yang baik adalah pada persentase 20 %.

Hasil Uji Anova

Berdasarkan dari hasil pengujian anova bahwa penambahan styrofoam kedalam Aspal berpengaruh terhadap nilai flow, MQ, VMA, VIM, VFA dan tidak berpengaruh terhadap nilai stabilitas.

Analisis Biaya

Hasil perhitungan analisa biaya yang mengacu AHSP bidang Bina Marga Kementerian PU dan HSP Kota Malang, diperoleh nilai rencana anggaran biaya pada pekerjaan perkerasan laston AC-BC tanpa substitusi gondorukem sebesar Rp 1.721.193,-/ton dan dengan penambahan styrofoam 20% sebesar Rp 2.212.068,-/ton.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil pengujian yang dilakukan pada AC-BC dengan penambahan styrofoam, maka kesimpulan yang didapat dari penelitian ini :

1. Hasil pengujian Kadar Aspal Optimum (KAO) didapatkan kadar aspal dengan batas 6% sampai 6,5% yang memenuhi spesifikasi. Nilai tengah yang didapatkan sebesar 6,25%.
2. Perbandingan nilai karakteristik Marshall aspal dengan penambahan styrofoam menunjukkan, stabilitas mengalami kenaikan dari campuran aspal normal, flow mengalami penurunan dari campuran aspal normal, MQ mengalami peeningkatan dari campuran aspal normal, VIM mengalami kenaikan pada persentase 18% - 20% dan mengalami penurunan pada persentase 21% dari campuran aspal normal, VMA mengalami kenaikan pada persentase 18% - 20% dan mengalami penurunan pada persentase 21% dari campuran aspal normal, VFA mengalami kenaikan pada persentase 21% dan mengalami penurunan pada persentase 18% - 20% dari campuran aspal normal. Dari penjelasan diatas dapat

disimpulkan, dengan menggunakan metode basah dapat meningkatkan nilai stabilitas, MQ, VIM, VMA, dan menurunkan nilai Flow dan VFA.

3. Hasil rencana anggaran biaya didapatkan, total biaya perkerasan kondisi normal sebesar Rp. 1.721.193,- , total biaya perkerasan variasi penambahan styrofoam 18% sebesar Rp. 2.162.980,- , total biaya perkerasan variasi penambahan styrofoam 19% sebesar Rp. 2.187.524,- , total biaya perkerasan variasi penambahan styrofoam 20% sebesar Rp. 2.212.068,- , dan total biaya perkerasan variasi penambahan styrofoam 21% sebesar Rp. 2.236.611,- . Disimpulkan rencana anggaran biaya pada penambahan variasi styrofoam lebih mahal dari variasi aspal normal.

Saran

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan dapat diambil saran sebagai berikut :

1. Dalam penelitian selanjutnya jika menggunakan styrofoam untuk mencoba menggunakan kadar styrofoam lebih tinggi.
2. Dalam penelitian selanjutnya jika menggunakan styrofoam untuk mencoba menggunakan metode kering pada proses pencampuran.
3. Melakukan kalibrasi alat sebelum digunakan pada penelitian agar mendapatkan hasil yang memuaskan dan sesuai standart yang di isyaratkan.
4. Dalam penelitian selanjutnya menggunakan styrofoam untuk mencoba menggunakan campuran styrene monomer.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Adly, E. (2016). *Styrofoam sebagai Pengganti Aspal Penetrasi 60 / 70 dengan Kadar 0 %*. 11(1), 41–49.
- 2) Agustian, K., & Ridha, M. (2018). *Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Dengan Menggunakan 6% Getah Damar Sebagai Bahan Substitusi Aspal* Jurnal Teknik Sipil Unaya
- 3) Christady, H. H. (2011). Analisis dan Perancangan Fondasi Edisi Kedua. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- 4) Departemen Pekerjaan Umum Spesifikasi (2010). Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Revisi 3 Perkerasan Aspal. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- 5) Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). Jakarta Selatan : Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga.
- 6) Gemo, A. S. (2019). Evaluasi Kerusakan Jalan Dengan Metode Pavement Condition Index (Pci)

Pada Ruas Jalan Ki Hajar Dewantara Kota Borong. Jurnal Sondir, 2, 1–8.

- 7) Hardiyatmo, H.C., 2007, Pemeliharaan Jalan Raya, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- 8) Mochamad Rifansyah (2023) *Pengaruh Penambahan Styrofoam Pada Campuran AC – BC (Asphalt Concrete – Binder Course) Penetrasi 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall*
- 9) Nauval Rizky (2020) *Pengaruh Substitusi Styrofoam Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall*
- 10) Rani Febriani (2023) *Analisis Kekuatan Aspal dengan Pemanfaatan Limbah Styrofoam Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC) Terhadap Pengujian Marshall*
- 11) Saputro, D. T., Suparma, L. B., & Satyarno, I. (2022). *Pengaruh Proses Pencampuran Kering dan Basah Terhadap Kekesatan AC-WC*.
- 12) Sukirman, (1999), Perkerasan Lentur Jalan Raya, Nova, Bandung
- 13) Sukirman, Silvia. (2012). Beton Aspal Campuran Panas. Bandung
- 14) Sukirman, S., 2010, Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur, Bandung; Nova.
- 15) Sukirman, S., 2007, Beton Aspal Campuran Panas, Gra nit, Jakarta. <http://ebook.itenas.ac.id/repository/9df74dd5f5afcf366e0fffb21e5a8a92.pdf>
- 16) Wikipedia, (2010) <https://id.wikipedia.org/wiki/Aspal>