

Analisis Karakteristik Marshall dari Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) dengan Penambahan Limbah Styrofoam (Polystyrene) pada Aspal Penetrasi 60/70

Rahmat Tisnawan^{1*}, Rizki Ramadhan Husaini², Muhammad Yazid³, dan Ega Marta Saventina⁴

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abdurrah, Pekanbaru, Riau

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 12 Februari 2025

Revised: 25 Februari 2025

Accepted: 17 Maret 2025

Keywords:

Aspal Modifikasi

Styrofoam

Uji Marshall

Published by

Impression : Jurnal Teknologi dan Informatika

Copyright © 2025 by the Author(s) | This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Jalan memegang peranan krusial dalam pembangunan Indonesia, di mana kualitasnya berbanding lurus dengan kelancaran transportasi darat. Material penyusun jalan, terutama aspal dan agregat, menjadi penentu utama kualitas tersebut. Penggunaan aspal murni secara terus-menerus dapat mengancam ketersediaannya, sehingga inovasi penggunaan aspal modifikasi menjadi penting. Aspal modifikasi melibatkan pencampuran aspal dengan material lain untuk mengurangi penggunaannya. Salah satu material yang berpotensi sebagai campuran aspal adalah styrofoam, yang dikenal ringan, kaku, tembus cahaya, dan ekonomis. Pemanfaatan styrofoam sebagai campuran didasari oleh ketersediaannya yang melimpah namun pemanfaatannya yang masih terbatas. Penelitian ini menggunakan analisis kuantitatif untuk menguji pengaruh penambahan styrofoam terhadap karakteristik Marshall campuran aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi styrofoam 6% menghasilkan nilai flow terendah (2,70 mm) dan nilai Marshall Quotient (MQ) tertinggi (986,60 Kg/mm), memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II. Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,5% menghasilkan nilai stabilitas 1317,4 Kg, flow 3,47 mm, MQ 380,02 Kg/mm, VMA 15,71%, VFA 79,64%, dan VIM 3,32%, juga memenuhi persyaratan. Secara keseluruhan, variasi styrofoam 6% dan 8% dengan kadar aspal optimum 6,5% menunjukkan karakteristik Marshall yang memenuhi klasifikasi Bina Marga. Sementara variasi 10% dan 12% tidak sepenuhnya memenuhi persyaratan. Kesimpulannya, variasi styrofoam 6% dan 8% berpotensi menjadi campuran yang baik untuk aspal modifikasi, memenuhi standar yang ditetapkan.

Roads play a crucial role in Indonesia's development, where their quality is directly proportional to the smoothness of land transportation. Road construction materials, especially asphalt and aggregates, are the main determinants of this quality. The continuous use of pure asphalt can threaten its availability, making innovation in the use of modified asphalt important. Modified asphalt involves mixing asphalt with other materials to reduce its use. One material with potential as an asphalt mixture is styrofoam, which is known for being lightweight, rigid, translucent, and economical. The use of styrofoam as a mixture is based on its abundant availability but limited utilisation. This study employs quantitative analysis to test the effect of adding styrofoam on the Marshall characteristics of asphalt mixtures. The results show that a 6% styrofoam variation produces the lowest flow value (2.70 mm) and the highest Marshall Quotient (MQ) value (986.60 kg/mm), meeting the General Specifications for Road Construction 2018 Revision II. The Optimum Asphalt Content (OAC) of 6.5% produced a stability value of 1317.4 kg, flow of 3.47 mm, MQ of 380.02 kg/mm, VMA of 15.71%, VFA of 79.64%, and VIM of 3.32%, also meeting the requirements. Overall, the 6% and 8% styrofoam variations with an optimum asphalt content of 6.5% exhibit Marshall characteristics that meet the Bina Marga classification. Meanwhile, the 10% and 12% variations do not fully

meet the requirements. In conclusion, the 6% and 8% styrofoam variations have the potential to be good mixtures for modified asphalt, meeting the established standards.

Corresponding Author:

Rahmat Tisnawan

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Abdurrab, Pekanbaru, Riau
Jl. Riau Ujung No. 73 Pekanbaru, Riau Indonesia, 28292

Email: rahmat.tisnawan@univrab.ac.id

PENDAHULUAN

Aspal, yang secara umum dikenal sebagai bitumen dalam konteks material perekat konstruksi, memegang peranan sentral dalam pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia. Kualitas perkerasan jalan secara langsung berkorelasi dengan efisiensi transportasi darat, menjadikannya faktor krusial dalam mendorong perkembangan pembangunan nasional. Material utama penyusun perkerasan jalan adalah aspal dan agregat. Namun, ketergantungan pada aspal murni dalam skala manufaktur menimbulkan kekhawatiran terhadap ketersediaannya di masa depan. Oleh karena itu, pengembangan aspal modifikasi melalui pencampuran dengan material lain menjadi sebuah kebutuhan mendesak untuk keberlanjutan konstruksi jalan.

Styrofoam merupakan, material ringan, kaku, tembus cahaya, dan ekonomis, menarik perhatian sebagai campuran potensial untuk memodifikasi aspal, menawarkan alternatif untuk mengurangi penggunaan aspal konvensional. Ketersediaannya yang melimpah sebagai produk sampingan, namun dengan tingkat daur ulang rendah, menjadi alasan pertimbangan pemanfaatannya. Secara kimiawi, styrofoam adalah polimer termoplastik yang melunak saat dipanaskan, mengeras saat dingin, serta tahan terhadap berbagai zat kimia dan larut dalam hidrokarbon aromatik.

Penggunaan styrofoam sebagai campuran aspal juga dilatarbelakangi oleh masalah lingkungan terkait limbahnya. Styrofoam, yang termasuk plastik kelompok 6 berbahan polistiren dan gas, sulit didaur ulang dan sangat lambat terurai, bahkan diperkirakan tidak dapat terdegradasi. Hal ini menyebabkan penumpukan limbah styrofoam menjadi masalah lingkungan yang besar. Oleh karena itu, ide untuk memanfaatkan limbah styrofoam sebagai alternatif dalam memperkuat perkerasan aspal hadir sebagai solusi ganda: mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan sekaligus menghasilkan material konstruksi yang lebih ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi secara mendalam dampak penambahan styrofoam terhadap sifat-sifat fisik aspal. Selain itu, studi ini juga berupaya untuk menentukan karakteristik Marshall dari campuran AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course) yang telah dimodifikasi dengan penambahan styrofoam. Diharapkan, temuan dari penelitian ini dapat memberikan sumbangsih bagi pengembangan material perkerasan jalan yang lebih efisien dan berwawasan lingkungan melalui penggunaan limbah styrofoam.

URAIAN TEORI

Pengertian Aspal

Aspal adalah material pengikat pada konstruksi perkerasan lentur yang sangat berpengaruh. Untuk mendapatkan aspal berkualitas baik, dapat dilakukan dengan melakukan modifikasi pada campuran aspal, yang didapatkan dari proses pencampuran aspal keras dengan suatu bahan tambahan. Pencampuran aspal bertujuan untuk menekan jumlah kebutuhan aspal yaitu dengan cara meminimalisir serendah mungkin penggunaan bahan dasar aspal, atau dapat juga dengan meningkatkan mutu aspal dalam campuran seperti peningkatan nilai stabilitas, dengan menambahkan bahan tambahan berupa aditif (Diansari, Sepriskha, 2016).

Bitumen adalah zat perekat material (*viscous cementitious material*), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Aspal

bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperature turun. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 – 5% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran. (Sukirman, 2003).

Styrofoam

Styrofoam adalah sejenis plastik yang terbuat dari 90%-95% polistirena dan 5%-10% gas seperti n-butana atau n-pentana, yang banyak digunakan sebagai pelindung dan penahan getaran barang-barang seperti barang elektronik. Penggunaan limbah sebagai bahan tambah alternatif sangat menguntungkan bagi lingkungan terutama penggunaan limbah yang sangat sulit untuk terurai seperti *styrorofam*.

Saleh, dkk (2014) telah meneliti penggunaan *styrofoam* pada perkerasan aspal porus. Berdasarkan hasil penelitiannya pada kadar aspal 6,26% dengan substitusi *styrofoam* 9%, semua parameternya telah memenuhi spesifikasi kecuali nilai stabilitas yang hanya 495,92 kg atau sedikit di bawah spesifikasi yang disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association* (1997) untuk lalu lintas sedang yaitu minimum 500 kg. Sehingga penelitian penggunaan *styrofoam* dilanjutkan untuk jenis perkerasan AC-WC sehingga disamping menghasilkan perkerasan yang lebih stabil juga dapat menjaga lingkungan dengan mengurangi jumlah limbah *styrofoam*.

Laston Lapis Aus

Bagi Direktorat Jendral Bina Marga (1987) dalam Pedoman Metode Nomor. 13/ PT/ B/ 1987, lapis aspal beton (laston) merupakan sesuatu susunan konstruksi jalur yang terdiri dari kombinasi aspal keras dengan agregat yang memiliki gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam kondisi panas pada temperatur tertentu.

Buat mengeringkan agregat serta memperoleh tingkatan kecairan yang lumayan dari aspal sehingga diperoleh kemudahan buat mencampurnya, hingga kedua material wajib dipanaskan dahulu saat sebelum dicampur, sebab dicampur dalam kondisi panas hingga kerap kali diucap dengan aspal (*hot mix*). Pekerjaan pencampuran dicoba di pabrik pencampur, setelah itu dibawa kelokasi serta dihampar dengan mempergunakan perlengkapan penghampar (*paving machine*) sehingga diperoleh susunan lepas yang seragam serta menyeluruh buat berikutnya dipadatkan dengan mesin pemadat serta kesimpulannya diperoleh susunan padat aspal beton (Sukirman, 1999).

Laston selaku susunan aus, diketahui dengan nama AC- WC (*Asphalt Concrete- Wearing Course*) dengan tebal minimum AC-WC merupakan 4cm. Susunan ini merupakan susunan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan serta dirancang buat tahan terhadap pergantian cuaca, style geser, tekanan roda ban kendaraan dan membagikan lapis kedap air buat susunan dibawahnya.

Pengujian Gradasi

Pengujian agregat bertujuan buat mengenali sifat ataupun ciri-ciri agregat yang diperoleh dari hasil pemecahan *stone crusher* (mesin pemecah batu). Gradasi ataupun lapisan butir merupakan distribusi dari dimensi agregat. Distribusi ini bermacam- macam bisa di bedakan jadi 3 yaitu gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continous grade*) serta gradasi seragam (*uniform grade*). Untuk mengenali gradasi tesebut dicoba pengujian lewat analisa ayak yang sesuai dengan standard dari BS 812, ASTM C- 33, C 136, ASHTO T. 26 maupun Standard Nasional Indonesia.

Pengujian ini sangat penting dilakukan untuk memastikan komposisi dari *bricket/sample* kombinasi Aspal yang akan kita jadikan acuan untuk pengaspalan dilokasi proyek, hasil dari uji gradasi ini akan di peroleh pada grafik amplop yang nantinya pada grafik ini di tentukan berapa persen komposisi yang masuk spesifikasi. Saringan/ayakan buat gradasi ini berbeda dengan gradasi tanah serta susunan berbutir, ada pula dimensi gradasi aspal dari yang terbesar sampai yang terkecil adalah 1.5", 1", 3/ 4", 1/ 2", 3/ 8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200.

Pengujian Volumetrik Benda Uji

Dilakukannya pengujian volumetrik ini bertujuan untuk membandingkan volumetrik benda uji yang akan digunakan pada pengujian marshall yaitu berupa stabilitas dan flow. Pengujian volumetrik

dilakukan dengan cara membandingkan nilai density, VMA, VIM, dan VFA pada benda uji untuk masing-masing alat uji digital dan analog. pengujian marshall

Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal rencana merupakan perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan pengabungan pada tiga fraksi agregat. Sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%filler) + K$$

Keterangan:

Pb = Kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran.

CA = Persen agregat tertahan saringan no.8.

FA = Persen agregat lolos saringan no.8 dn tertahan saringan no.200

Filler = Persen agregat minimal 75% lolos saringan no.200.

K = Konstanta (0.5 - 1 untuk laston, 2 - 3 untuk laston; 1- 25 untuk campuran lain). Hasil perhitungan Pb dibulatkan ke 0,5% ke atas terdekat

Pengujian Marshall

Pengujian dengan alat marshall dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal.

Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (*flow*) adalah 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. Dan jika *flow* semakin tinggi maka aspal semakin mampu menahan beban.

Dari hasil pengamatan pada pengujian marshall kemudian dibuat grafik hubungan antara presentase kadar aspal dengan presentase rongga terisi aspal *Void Filled With Asphalt* (VFA), Volume pori diantara partikel agregat *Void in Mineral Aggregates* (VMA), presentase rongga dalam campuran *Void in the Mix* (VIM), kelelahan (*flow*), stabilitas, dan *Marshall Quotient* (MQ). Berikut ini penjelasan dari kata-kata di atas :

1. Uji *Marshall* Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh *Bruce Marshall*. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum. Alat *marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *Proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*.
2. Parameter Pengujian *Marshall*
Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain :

- a) *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga diantara mineral agregat yaitu banyaknya pori diantara butir-butir agregat didalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase

$$VMA = \left(100 - (100 - \text{kadar aspal}) \times \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \right) \quad (2.4)$$

Keterangan :

VMA= rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{mb}= berat jenis bulk campuran

G_{sb}= berat jenis efektif agregat

- b) *Void in Mix* (VIM)

Rongga dalam campuran / *Void in Mix* (VIM) yaitu persentase rongga yang terdapat dalam total campuran.

$$VIM = \left(\frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm} \times 100} \right) \quad (2.5)$$

Keterangan :

VIM = Rongga dalam campuran, persen terhadap volume total campuran
 G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran

c) *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga antar agregat / *Void Filled with Asphalt* (VFA) yaitu ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

$$VFA = \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \times 100 \quad (2.6)$$

Keterangan :

VFA = pori antar butir agregat yang terisi aspal % VMA

VMA = pori antar butir agregat didalam beton aspal padat % dari volume beton bulk aspal padat

VIM = pori dalam beton aspal padat % dari volume beton bulk aspal padat.

d) Stabilitas

Stabilitas yaitu kemampuan campuran aspal untuk menahan perubahan bentuk akibat beban yang bekerja tanpa mengalami perubahan bentuk permanen seperti gelombang, alur ataupun bleeding yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb.

$$S = p \times q \quad (2.7)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

p = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka korelasi benda uji

e) Kelelehan (*flow*)

Suatu campuran yang dengan kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai kelelehan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis.

f) *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall quotient yaitu hasil perbandingan antara stabilitas dan kelelehan (*flow*).

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (2.8)$$

Keterangan :

MQ = *Marshall quotient* (kg/mm)

S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg)

F = Nilai *flow* (mm)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dan eksperimen di laboratorium Teknik Sipil Universitas Abdurrab. Benda Uji untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebanyak 12 buah dan pembuatan benda uji sebanyak 15 buah dengan variasi kadar styrofoam 0%, 6%, 8%, 10%, dan 12%. Langkah-langkah dalam penelitian ini sebagai berikut : Pertama dilakukan adalah persiapan bahan untuk dilakukan uji agregat dan pengujian filler, setelah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga Revisi II maka dilakukan perancangan komposisi campuran AC-WC dengan kadar aspal rencana, setelah itu dibuatkan benda uji di uji dengan pengujian Marshall untuk mendapatkan Kadar aspal Optimum, kemudian membuat benda uji dengan variasi Styrofoam, setelah dilakukan pengujian marshall dengan parameter yang meliputi Stabilitas, Flow, MQ, VFA, VMA, dan VIM maka dilakukan Analisa, pengolahan dan pembahasan sehingga terakhir di dapat kesimpulan dari penelitian ini.

HASIL PENELITIAN

Penentuan Kadar Aspal Rencana (Pb)

Penentuan kadar aspal rencana awal ditentukan dengan cara menghitung Pb. Sebelum mendapatkan nilai Pb, terlebih dahulu harus mengetahui persentase CA (Agregat kasar tertahan saringan no. 8), FA (Agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 200) dan FF (Agregat halus lolos saringan no. 200).

Data yang diketahui adalah persentase gradasi gabungan agregat yang lolos saringan no.8 adalah 42,70% , persentase gradasi gabungan agregat yang lolos saringan no. 8 dan lolos saringan no.200 adalah 6,34% dan persentase *filler* yang lolos saringan no.200 adalah 6,34% , maka untuk mendapatkan persentase CA,FA dan FF dapat ditentukan dengan cara berikut:

$$Pb = (0,035 \times CA) + (0,045 \times FA) + (0,18 \times FF) + K$$

Diketahui:

$$CA = 100 \% - 42,70 \% = 57,30 \%$$

$$FA = 57,30 \% - 6,34 \% = 51,0 \%$$

$$FF = 6,34 \%$$

$$K = 0,5$$

$$\begin{aligned} \text{Maka, Pb} &= (0,035 \times 57,30 \%) + (0,045 \times 51,0 \%) + (0,18 \times 6,34\%) + 0,5 \\ &= 5,9 \% \approx 6,0 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan Pb, didapatkan kadar aspal rencana sebesar 6 %. Kemudian ditentukan nilai variasi kadar aspal untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO), maka dibuat benda uji dengan rentang 4 kadar aspal atas kadar aspal rencana (Pb) dengan ketentuan Pb -1%, Pb-0,5%, Pb, Pb+0,5%. Oleh karena itu, kadar aspal yang akan digunakan memiliki 4 (Empat) kadar aspal yaitu 5,0%, 5,5%, 6%, dan 6,5%.

Hasil Pengujian Marshall Benda Uji

Hasil dari pengujian marshall yang meliputi besarnya nilai parameter-parameter marshall pada benda uji, kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan nilai parameter benda uji normal. Berdasarkan hasil pengujian marshall masing-masing variasi filler benda uji maka diperoleh seperti tabel dibawah ini.

Tabel 1. Hasil pengujian marshall dengan variasi styrofoam

No	Variasi styrofoam	VIM	VMA	VFA	STABILITAS	FLOW	MQ
	%						
1	0	3,20	15,71	79,64	1317,4	3,47	380,02
2	6	3,67	16,12	77,23	2663,8	2,70	986,60
3	8	3,26	15,76	79,34	2663,8	3,00	927,68
4	10	2,47	15,07	83,64	3002,9	3,80	790,23
5	12	1,62	14,34	88,67	2494,3	2,90	860,11
	Spesifikasi	3-5 %	Min. 15%	Min. 65%	Min. 800 Kg	2-4 %	Min. 250 Kg

Sumber: Data Peneliti

PEMBAHASAN

Nilai stabilitas marshall terbesar terdapat pada variasi styrofoam 10% yaitu sebesar 3002,9 Kg. Nilai *flow* (kelelahan) terendah terdapat pada variasi *styrofoam* 6% yaitu sebesar 2,70 mm dan nilai *marshall quotient* (MQ) terbesar juga terdapat pada variasi *styrofoam* 6% yaitu sebesar 986,60 Kg/mm. Hal ini menunjukkan bahwa pada variasi *styrofoam* 6% merupakan variasi *styrofoam* untuk pencampuran dan

pemadatan yang baik digunakan dan telah memenuhi semua Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi II.

PENUTUP

Berdasarkan temuan dan diskusi dalam penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa kualitas agregat yang digunakan telah sesuai dengan standar Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi II. Analisis parameter Marshall menunjukkan bahwa Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,5% menghasilkan nilai stabilitas, flow, Marshall Quotient, VMA, VFA, dan VIM yang seluruhnya berada dalam batas persyaratan. Pengujian Marshall dengan variasi penambahan styrofoam sebesar 6%, 8%, 10%, dan 12% mengindikasikan adanya pengaruh styrofoam terhadap kinerja campuran. Lebih spesifik, campuran dengan variasi styrofoam 6% dan 8% pada KAO 6,5% memperlihatkan karakteristik Marshall yang memenuhi seluruh klasifikasi yang ditetapkan, termasuk nilai stabilitas, flow, Marshall Quotient, VMA, VIM, dan VFA yang sesuai. Berbeda halnya dengan variasi styrofoam 10% dan 12% yang tidak sepenuhnya memenuhi standar klasifikasi karakteristik Marshall. Secara umum, penelitian ini menyimpulkan bahwa campuran dengan variasi styrofoam 6% dan 8% menunjukkan kinerja yang baik dan memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Revisi II.

REFERENSI

- Binamarga. (2018a). *Dokumen Pelelangan Nasional Pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi BAB VII, Spesifikasi Umum 2018 Revisi II Divisi 6*. Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Jakarta.
- Binamarga. (2018b). *Spesifikasi Umum 2018 Revisi II Divisi 6 Perkerasan Beraspal*. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Lebang, J. R., Rachman, R., & Alpius. (2022). Pengaruh Penambahan Limbah Styrofoam Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 4(2), 289-297. <https://doi.org/10.52722/pcej.v4i2.458>
- Nasot, M., & B, A. M. (2022). Pengaruh penambahan styrofoam terhadap Karakteristik marshall pada lapisan aspal beton AC-WC. 2(2), 10-18.
- Pasapan, R. M., Ali, N., & Rachman, R. (2021). Pengaruh Styrofoam sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Laston Lapis Antara. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(4), 646-654. <https://doi.org/10.52722/pcej.v3i4.345>
- Putri, E. E. (2016). Tinjauan Substitusi Styrofoam Pada Aspal Pen. 60/70 Terhadap Kinerja Campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (Ac-Wc). *Jurnal Teknik Sipil*, 6(1), 105-114.
- Sulianti, I., Ibrahim, I., Subrianto, A., Monita, A., & Medici, M. (2019). Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) Dengan Penambahan Styrofoam. *Forum Mekanika*, 8(2), 51-62. <https://doi.org/10.33322/forummekanika.v8i2.653>
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Granit. Bandung.