

Pengujian Marshall dan *Draindown* Campuran SMA Kasar Menggunakan Agregat Gunung Bittuang

Reny ^{*a}

Submit:
13 Januari 2026

Review:
23 Januari 2026

Revised:
15 Maret 2026

Published :
31 Maret 2026

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, renytangkearung987@gmail.com

^aCorresponding Author: renytangkearung987@gmail.com

Abstrak

Campuran SMA cenderung mengalami pengaliran di mana aspal memisahkan diri dari agregat pada kondisi temperatur tinggi. *Draindown* dilakukan untuk memahami kondisi di mana agregat dan aspal terpisah dari campuran, sehingga aspal mengalir ke bagian bawah campuran tersebut. Tujuan penelitian ini guna mengetahui karakteristik batu Gunung Bittuang dalam campuran SMA Kasar kemudian dilakukan pengujian *draindown* untuk mengetahui pengaliran aspal, pengujian *Marshall* untuk memperoleh karakteristik campuran dan pengujian *Marshall Immersion* untuk mendapatkan stabilitas *Marshall* sisa. Adapun metode pengujian *draindown* menggunakan SNI 8129-2015 dan pengujian *Marshall* yaitu SNI 06-2489-2018. Dari hasil pengujian campuran SMA Kasar menggunakan batu Gunung Bittuang untuk hasil uji *Draindown* yaitu tidak lebih dari 0,3%, dari pengujian *Marshall* yang telah dilakukan dengan kadar aspal 6,00% - 7,00% untuk nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA dan VFB memenuhi spesifikasi. Untuk Kadar Aspal Optimum yaitu 6,50% dengan komposisi agregat kasar 70,44%, agregat halus 13,69%, *filler* 9,37% dan aspal 6,50%. Hasil pengujian *Marshall Immersion* diperoleh nilai 93,44%.

Kata kunci: Stone Matrix Asphalt Kasar, Batu Gunung, Karakteristik Campuran, Pengujian *Draindown*, Pengujian *Marshall*.

Abstract

SMA mixtures tend to experience flow where the asphalt separates from the aggregate at high temperature conditions. *Draindown* is carried out to understand the conditions in which the aggregate and asphalt separate from the mixture, so that the asphalt flows to the bottom of the mixture. The aim of this research was to determine the characteristics of Mount Bittuang stone in the Rough SMA mixture, then carry out the *Draindown* test to determine asphalt flow, the *Marshall* test to obtain the characteristics of the mixture and the *Marshall Immersion* test to obtain residual *Marshall* stability. The *Draindown* testing method uses SNI 8129-2015 and *Marshall* testing, namely SNI 06-2489-2018. From the test results of the Rough SMA mixture using Mount Bittuang stone for the *Draindown* test results, namely no more than 0.3%, from the *Marshall* test which was carried out with asphalt content of 6.00% - 7.00% for stability, *flow*, VIM, VMA and VFB values that met specifications. The Optimum Asphalt Content is 6.50% with a coarse aggregate composition of 70.44%, fine aggregate 13.69%, *filler* 9.37% and asphalt 6.50%. *Marshall Immersion* test results obtained a value of 93.44%.

Keywords: Stone Matrix Asphalt, Mountain Stone, Mixed Characteristics, *Draindown* Testing, *Marshall* Testing

PENDAHULUAN

Salah satu aspek penting dalam pembangunan jalan adalah pemilihan agregat sebagai bahan utama dalam perkerasan. Untuk memenuhi kebutuhan ini, pemanfaatan sumber daya alam yang tersedia menjadi opsi yang dapat dipertimbangkan. Salah satunya yaitu batu gunung. Di Kabupaten Tana Toraja, khususnya di Kecamatan Bittuang, terdapat Gunung Bittuang yang memiliki potensi sebagai sumber material agregat untuk pembangunan jalan. Oleh karena itu, optimalisasi pemanfaatan sumber daya alam ini perlu dilakukan guna mendukung pembangunan infrastruktur. Maka dari itu dilakukan penelitian mengenai penggunaan batu Gunung Bittuang dalam campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar.

Berikut ini beberapa penelitian mengenai penggunaan batu Sungai Tapparan pada campuran SMA Kasar menghasilkan nilai *Marshall Immersion* sebesar 95,10% dengan kadar aspal 7,00% dan memenuhi persyaratan yaitu >90%. [1]. Penelitian mengenai penggunaan serat daun nanas dan serat ijuk, sebagai bahan tambahan selulosa pada campuran SMA menunjukkan bahwa variasi penambahan sebesar 0,3% menghasilkan nilai durabilitas tertinggi, yaitu sebesar 95,23%. [2]. Penggunaan agregat dari sungai Sungai Sa'dan pada campuran SMA kasar menghasilkan nilai *Marshall Immersion* 97,53% dan ketentuan, yakni minimal 90%. [3]. Penggunaan batu sungai Limbong sebagai agregat pada campuran SMA kasar menghasilkan nilai kadar aspal optimum 7,00%. [4]. Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan bahwa peningkatan kadar viatop66 berhubungan langsung dengan peningkatan titik lembek aspal, yang menunjukkan bahwa aspal menjadi semakin keras. Titik lembek tertinggi tercatat pada kadar aspal 5,5% dan kadar viatop 0,6%, dengan nilai mencapai 60,2°C. [5]. Pemanfaatan batu Sungai Sibangke sebagai agregat pada campuran SMA menghasilkan kadar aspal optimal 7,00 %, nilai durabilitas sebesar 96,81%. [6]. Penggunaan batu sungai Siwi sebagai agregat pada campuran SMA kasar menghasilkan nilai kadar aspal optimum 7%, dan nilai stabilitas sisa 95,10%. [7]. Penggunaan batu Sungai Laeya sebagai agregat pada campuran SMA Kasar dengan nilai kadar aspal 6 sampai 7% menghasilkan nilai kadar aspal optimum 7,00% dan nilai *Marshall* sisa sebesar 96,30%. [8]. Penggunaan limbah nikel sebagai agregat untuk campuran SMA kasar memiliki nilai kadar aspal optimum sebesar 7% dan nilai *Marshall* Sisa 95,55%. [9]. Penggunaan serat sabut kelapa pada campuran SMA Kasar dengan variasi penambahan 0,1 sampai 0,5% menghasilkan karakteristik campuran yaitu nilai stabilitas menjadi menurun pada pengujian selama 24 jam. [10]. Penggunaan abu ban bekas pada campuran SMA Kasar menghasilkan karakteristik campuran yaitu Stabilitas, *Flow*, VIM dan VMA, semuanya memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. [11]. Penggunaan serat ijuk sebagai stabilisasi pada campuran SMA Kasar menghasilkan bahwa penggunaan serat ijuk berpengaruh pengaliran aspal tetapi di pengaruhi juga oleh kadar aspal dalam campuran dan juga di pengaruhi oleh karakteristik agregat berupa penyerapan dan bentuk permukaan agregat tersebut. [12].

Dengan penambahan *fiber mesh*, nilai stabilitas serta MQ naik sampai batas optimum lalu mengalami penurunan kembali. Kadar *fiber mesh* yang baik digunakan dengan panjang 0,36 cm sebanyak 0,3% dari total berat campuran yang mampu meningkatkan 6% nilai stabilitas. [13]. Pemanfaatan batu sungai Laeya pada campuran SMA halus. Melalui pengujian *Marshall Immersion*, dengan KAO sebesar 7,00% diperoleh SMS yaitu 98,54%. [14]. Penggunaan batu sungai tabu pada campuran SMA Kasar dengan KAO 7,00% diperoleh Indeks Kekuatan Sisa sebesar 95,05% dan telah memenuhi ketentuan minimal 90%. [15].

METODOLOGI

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Bahan yang dipakai diambil dari Gunung Bittuang, yang berada di Kabupaten Tana Toraja. Proses pengumpulan material dilakukan secara manual menggunakan tangan. Agregat yang diambil kurang lebih

seberat 35 kg, dan pengambilan dilakukan dari berbagai sisi agar dapat mewakili seluruh bagian Gunung Bittuang.



Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Agregat

B. Komposisi Campuran *Stone Matrix Asphalt* Kasar

Komposisi campuran SMA Kasar yang pakai merupakan campuran aspal panas (*Hot Mix*), yang terdiri dari agregat, *filler*, dan aspal. Ukuran saringan yang digunakan pada pengujian analisis saringan adalah nomor 1 inci sampai dengan nomor 8 dan 200.

C. Perhitungan Kadar Aspal

Penentuan kadar aspal efektif yaitu 6% hingga 7% dengan peningkatan 0,25% dari setiap kadar aspal. Untuk kadar aspal 6% didapatkan berat aspal yaitu 72g. Sebagian besar kadar aspal yang naik dalam campuran maka berat aspal dalam campuran juga akan meningkat.

D. Pembuatan Benda Uji

Dalam tahapan pembuatan beda uji, diterapkan beberapa variasi aspal, yang meliputi 6,00%, 6,25%, 6,5%, 6,75%, dan 70%. Pada pengujian *Marshall* Konvensional, diperlukan 15 benda uji, sementara untuk pengujian *Marshall Immersion* dibutuhkan 3 benda uji, dan untuk pengujian *Drain Down* diperlukan 3 sampel. Dengan demikian, total sampel yang digunakan mencapai 21 buah. Untuk setiap kadar aspal pada pengujian *Marshall* konvensional digunakan 3 benda uji sehingga total benda uji yang digunakan 15. Untuk pengujian *Marshall Immersion* 3 benda uji pada kadar aspal optimum. Untuk pengujian *draindown* dibutuhkan 3 benda uji sehingga total benda uji yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah 21 buah.



Gambar 2. Bahan Tambah Serat Ijuk

E. Pengujian *Draindown* Campuran SMA Kasar

Draindown mengacu pada keadaan di mana bahan agregat serta aspal terpisah dari keseluruhan campuran dan mengalir menuju bagian bawah campuran itu (proses di mana aspal mengalir keluar). Uji *Draindown* ini dilakukan untuk mengukur jumlah *Draindown* dalam campuran aspal. Pengujian ini biasanya dilakukan pada campuran yang kandungan agregat kasarnya tinggi, di mana rongga udara dalam campuran lebih besar, menyebabkan *Draindown* menjadi lebih signifikan. Contoh campuran yang sering diuji adalah *Stone Matrix Asphalt*.

F. Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik fisik dan mekanik campuran aspal. Melalui pengujian ini, kita dapat mengetahui kekuatan aspal, stabilitasnya, serta sifat kelelahan yang dimilikinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Karakteristik

1. Agregat

Dari hasil pengujian abrasi menggunakan mesin *Los Angeles* didapatkan nilai keausan fraksi A 11,34%, fraksi B 8,16%, fraksi C 7,18% dan fraksi D 5,52%. Pemeriksaan berat jenis serta penyerapan agregat kasar di peroleh nilai 2,68% untuk *bulk*, 2,69% untuk SSD, 2,72% untuk semu serta 0,55% untuk penyerapan. Untuk berat jenis serta penyerapan pada agregat halus didapatkan *bulk* 2,54%, SSD 2,56%, berat jenis semu 2,58% dan penyerapan 0,60%. Dari hasil uji Analisa saringan didapatkan bahwa agregat memenuhi spesifikasi. Material lolos ayakan nomor 200 diperoleh 0,41%. Untuk pengujian kadar lumpur didapatkan 4,78% dan *Sand Equivalent* 95,22%. Untuk partikel pipih diperoleh 3,70%, 3,90% dan 3,30%, pengujian partikel lonjong yaitu 3,90%, 3,70%, 3,50%. Semua hasil pengujian karakteristik agregat memenuhi spesifikasi.

2. Aspal

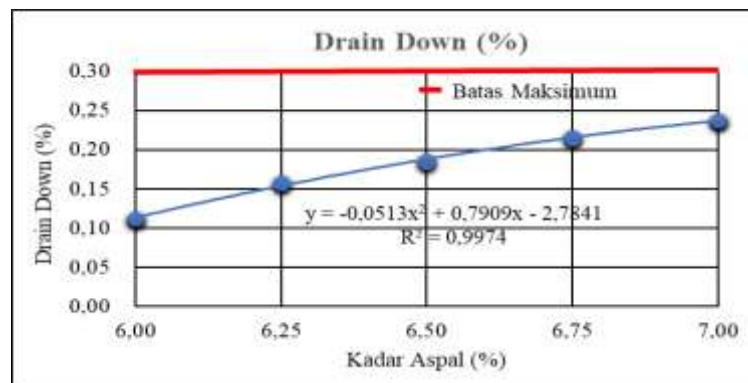
Dari hasil pengujian penetrasi pada 25°C diperoleh nilai yaitu 65,2 mm, pengujian titik leleh dimana aspal melunak pada suhu 50,2°C. pada pengujian titik nyala suhu pemanasan aspal adalah 280°C. untuk pengujian kelekatan yang dilihat secara visual dimana didapat nilai lebih dari 95%. Pada pengujian kehilangan berat diperoleh nilai 0,03%. Pada pengujian daktilitas diperoleh nilai 145 cm dan pengujian berat jenis aspal diperoleh nilai yaitu 1,017 g/cc.

3. *Filler*

Hasil uji pemeriksaan berat jenis *filler* diperoleh nilai 2,72% Dimana *filler* dapat mengisi kekosongan rongga antar agregat dengan baik.

B. Pengujian *Draindown*

Berdasarkan hasil perhitungan *draindown* yang dilakukan dengan kadar aspal 6% - 7%, nilai yang diperoleh berkisar antara 0,11% hingga 0,24%. Semua nilai tersebut memenuhi spesifikasi yang ditetapkan, yaitu batas maksimum 0,3% untuk semua jenis campuran SMA.



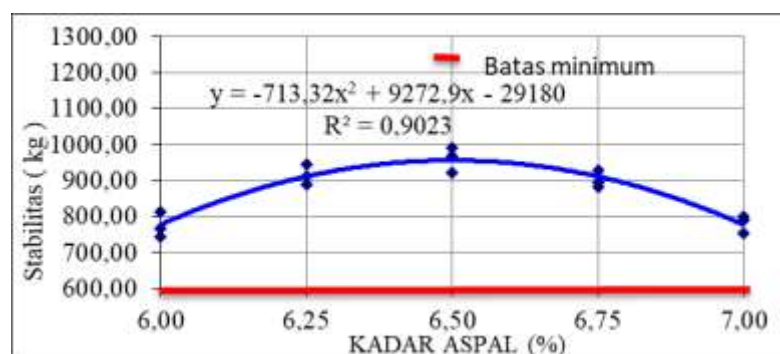
Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal dengan *Draindown* Campuran SMA Kasar

Dari Gambar 3 terlihat bahwa penambahan setiap kadar aspal akan menyebabkan peningkatan nilai *draindown*. Hal demikian terjadi karena peningkatan kadar aspal dalam campuran akan menyebabkan aspal terpisah dari agregat setelah dipanaskan, sehingga aspal mengalir keluar dari keranjang dan menyebabkan nilai *draindown* meningkat.

C. Karakteristik Campuran *Stone Matrix Asphalt* Melalui Pengujian Marshall

1. Analisis Terhadap Stabilitas

Pada penggunaan kadar aspal 6,00% hingga 7,00% untuk campuran SMA Kasar, diperoleh hasil pada kadar aspal 6,00%, stabilitas mencapai 775,08 Kg. Kemudian, stabilitas meningkat menjadi 915,70 Kg pada kadar aspal 6,25%. Selanjutnya, stabilitas kembali meningkat menjadi 960,19 Kg pada kadar aspal 6,50%. Tepai untuk kadar aspal 6,75%, nilai stabilitas mengalami penurunan menjadi 901,68 Kg, dan menjadi 781,72 Kg pada kadar aspal 7,00%.

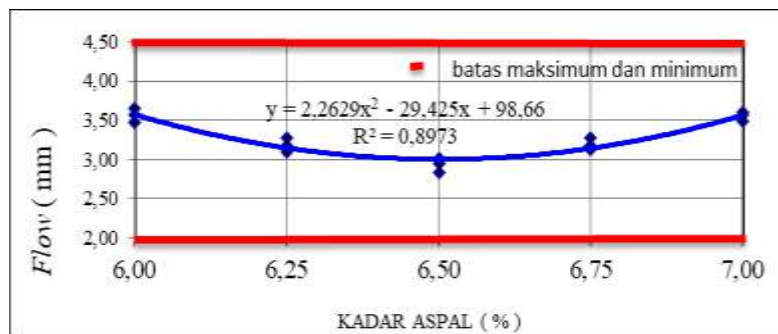


Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas Campuran SMA Kasar

Penambahan 0,25% kadar aspal berpengaruh 90,23% terhadap nilai stabilitas. Semua nilai stabilitas memenuhi spesifikasi. Penggunaan kadar aspal yang rendah dapat menyebabkan lapisan aspal menjadi tipis, yang berakibat pada lemahnya ikatan di antara agregat. Hal ini mengakibatkan stabilitas yang rendah.

2. Analisis Terhadap *Flow*

Penggunaan kadar aspal 6,00% hingga 7,00% dalam campuran SMA Kasar, diperoleh nilai *flow* yang berkisar antara 3,56% hingga 3,55%. Semua nilai *flow* tersebut memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga pada tahun 2018. Penambahan kadar aspal sebesar 0,25% memiliki pengaruh sebesar 89,73% terhadap nilai *flow* yang dihasilkan.

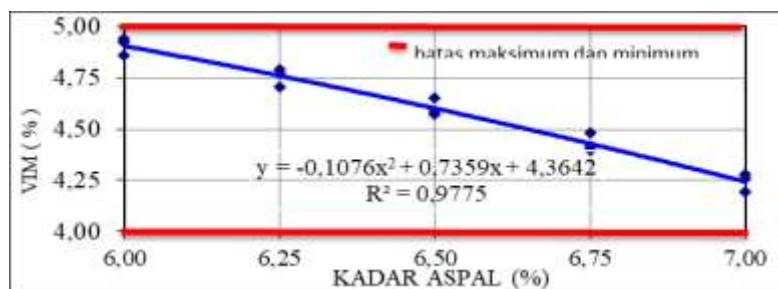


Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dengan Flow Campuran SMA Kasar

Penambahan 0,25% kadar aspal berpengaruh 89,73% terhadap nilai *flow*. Jika aspal yang digunakan dalam jumlah sedikit, maka hubungan antara agregat akan melemah yang menghasilkan kelenturan yang tinggi. Namun, jika jumlah aspal meningkat, maka hubungan antar agregat dalam campuran akan menjadi lebih kokoh yang berakibat pada pengurangan kelenturan campuran aspal.

3. Analisis Terhadap VIM

Dengan menggunakan kadar aspal 6% hingga 7% untuk campuran SMA Kasar didapatkan nilai antara 4,91% – 4,24% untuk VIM.

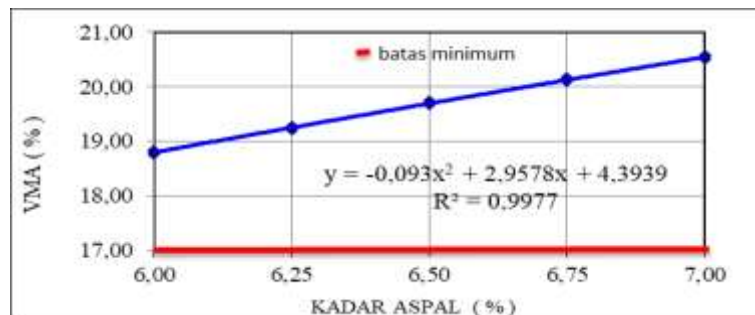


Gambar 6. Hubungan Kadar Aspal dengan VIM Campuran SMA Kasar

Penambahan 0,25% kadar aspal menurunkan 97,75% nilai VIM. Semakin banyak aspal yang digunakan, semakin tinggi nilai VIM. Sebaliknya, jika jumlah aspal yang digunakan semakin sedikit, nilai VIM akan mengalami peningkatan dikarenakan selain untuk pengikat, aspal juga berfungsi mengisi ruang kosong dalam campuran.

4. Analisis Terhadap VMA

Dengan menerapkan persentase penggunaan aspal antara 6,00% hingga 7,00% untuk campuran SMA Kasar, diperoleh nilai VMA (Ruang kosong dalam agregat terisi aspal) berkisar antara 18,80% hingga 20,54%.

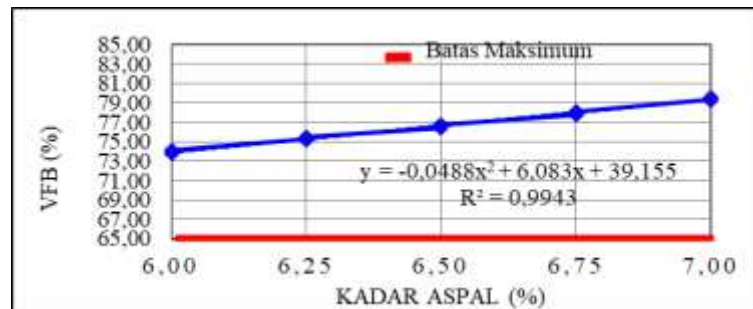


Gambar 7. Hubungan Kadar Aspal dengan VMA Campuran SMA Kasar

Penambahan 0,25% kadar aspal meningkatkan 99,77% nilai VMA. Semakin tinggi jumlah aspal yang digunakan, semakin besar rongga yang terisi di dalam agregat. Hal ini akan menyebabkan peningkatan nilai VMA (*Void in Mineral Aggregate*). Peningkatan ini disebabkan oleh banyaknya aspal yang digunakan dalam proses pencampuran dan pemadatan, yang melapisi dan mengisi ruang antar agregat serta ruang di dalamnya.

5. Analisis Terhadap VFB

Penggunaan kadar asal 6% hingga 7% untuk campuran SMA Kasar didapatkan nilai VFB yaitu 73,89% - 79,35%. Penambahan 0,25% kadar aspal meningkatkan 99,54% nilai VFB.



Gambar 2. Hubungan Kadar Aspal dengan VMA Campuran SMA Kasar

Penggunaan aspal dalam jumlah yang lebih rendah akan menyebabkan penurunan nilai VFB, sedangkan penggunaan aspal dalam jumlah yang lebih tinggi akan meningkatkan VFB.

D. Pengujian *Marshall Immersion*

Setelah menentukan KAO, kemudian selanjutnya dibuat beda uji berdasarkan kadar KAO tersebut, yakni 6,50%. Beda uji ini kemudian direndam selama sekitar 24 jam dengan 60°C guna memperoleh nilai Stabilitas *Marshall*. Hasil uji diperoleh nilai 93,44% untuk *Marshall Immersion* dimana nilai tersebut memenuhi ketentuan yakni melebihi nilai minimum sebesar 90%.

SIMPULAN

Berdasarkan karakteristik batu Gunung Bittuang, aspal, dan berat jenis *filler*, campuran ini memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 untuk *Stone Matrix Asphalt* Kasar. Berdasarkan komposisi campuran SMA Kasar menggunakan Batu Gunung Bittuang, diperoleh hasil sebagai berikut: agregat kasar sebanyak 70,44%, agregat halus 13,69%, *filler* 9,37%, dan aspal 6,50%. Berdasarkan hasil pengujian *draindown* menggunakan Batu Gunung Bittuang pada campuran SMA Kasar dengan kadar aspal sebesar 6,00% - 7,00%, ditemukan bahwa nilai *draindown* tersebut memenuhi syarat, dimana nilai *Draindown* tidak melebihi 0,3%. Berdasarkan hasil pengujian, karakteristik campuran SMA Kasar menunjukkan bahwa campuran beraspal tersebut memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Nilai stabilitas, *flow*, VIM, VMA, serta VFB semuanya sesuai dengan ketentuan. Hasil uji *Marshall Immersion* untuk campuran SMA Kasar yang memanfaatkan batu Gunung Bittuang dari Kabupaten Tana Toraja telah memenuhi standar spesifikasi dengan persentase sebesar 93,44%. Saran penelitian selanjutnya adalah penelitian terkait durabilitas menggunakan komposisi campuran di atas.

REFERENSI

- [1] E. Loli, A. Alpius, dan C. Kamba, "Testing of Coarse SMA Using Tapparan River Stone, Tana Toraja Regency," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, nomor 3, hlm. 1–9, 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i3.279.

- [2] I. Handayasari, I. Sepriyanna, dan S. Herni Wulandari, "Kajian Laboratorium Penggunaan Serat Daun Nanas dan Serat Ijuk Pada Campuran Stone Matrix Asphalt," *Teras Jurnal*, vol.13, nomor 2, 2023. doi: 10.29103/tj.v13i2.877.
- [3] A. Sandabunga, N. Ali, dan R. Rachman, "Karakteristik Campuran SMA Kasar Menggunakan Batu Sungai Sa'dan Kecamatan Sesean Toraja Utara," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, nomor 4, hlm. 282–288, Jan 2021, doi: 10.52722/pcej.v2i4.186.
- [4] C. Timbonga, A. Alpius, dan L. Radjawane, "Pemanfaatan Batu Gunung Limbong Kecamatan Rantepao Dalam Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, nomor 1, hlm. 31–39, Feb 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i1.200.
- [5] A. F. Abdillah, N. Pradani, dan J. F. Batti, "Pengaruh Penggunaan Bahan Tambah Viatop66 pada Campuran Stone Matrix Asphalt Terhadap Titik Lembek Aspal dan Sifat Draindown Campuran," *J. HPJI Himpun. Pengemb. Jalan Indones.*, vol. 4, no. 1, 2018, doi: 10.26593/jh.v4i1.2848.%p.
- [6] F. Jusuf, A. Alpius, dan Elizabeth, "Studi Pemanfaatan Batu Sungai Sibangke Kabupaten Toraja Utara Pada Campuran SMA Kasar," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, nomor 1, hlm. 106–112, Feb 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i1.213.
- [7] S. Simak, A. Alpius, dan C. Kamba, "Karakteristik Campuran SMA Kasar Menggunakan Batu Sungai Siwi Desa Minanga Kabupaten Mamasa," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, nomor 2, Jun 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i2.459.
- [8] R. Palebangan, A. Alpius, dan Elizabeth, "Pemanfaatan Batu Sungai Laeya Kabupaten Konawe Selatan untuk Stone Matrix Asphalt Kasar," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, nomor 4, hlm. 591–599, Des 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i4.542.
- [9] F. Supit, M. Palinggi, dan A. Alpius, "Pemanfaatan Limbah Nikel Sorowako Dalam Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, nomor 1, hlm. 63–69, Feb 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i1.205.
- [10] I. F. Anwar, Desriantomy, Salonten, dan A. Purwantoro, "Penggunaan Serat Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah pada Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Kasar," *J. Civ. Eng. Study*, vol. 4, no. 01, hlm. 56–65, Apr 2024, doi: 10.34001/ces.v4i01.813.
- [11] D. Bangngalino, R. Rachman, dan A. Alpius, "Karakteristik Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar dengan Bahan Tambah Kadar Ban Bekas," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, nomor 3, hlm. 452–460, Okt 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i3.521.
- [12] Alpius, R. Irmawaty, M. W. Tjaronge, dan S. H. Aly, "Pemanfaatan Serat ijuk Sebagai Bahan Stabilisasi pada Campuran Stone Matrix Asphalt Kasar," *Konf. Nas. Tek. Sipil KoNTekS*, vol. 2, no. 1, Jan 2025, doi: 10.62603/konteks.v2i1.258.
- [13] R. B. Alkam dan B. Bulgis, "Karakteristik Marshall Campuran Stone Mastic Asphalt dengan Penggunaan Fiber Mesh Sebagai Bahan Tambah," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, hlm. 1103–1116, Nov 2023, doi: 10.24912/jmts.v6i4.21601.
- [14] G. Manggasa, A. Alpius, dan E. Elizabeth, "Pemanfaatan Batu Sungai Laeya Kabupaten Konawe Selatan sebagai Campuran Stone Matrix Asphalt Halus", *PCEJ*, vol.4, nomor 4, Okt 2024, doi: 10.52722/pcej.v4i4.540.
- [15] F. Bato'tanete, R. Rachman, dan A. Alpius, "Characteristics of the Stone Matrix Asphalt Coarse using the Tabu River Stone North Toraja Regency," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1088, hlm. 012094, Feb 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1088/1/012094.