

Tersedia online di www.journal.unesa.ac.idHalaman jurnal di www.journal.unesa.ac.id/index.php/mitrans

Karakteristik Material Limbah Ban Bekas dan Agregat Alam untuk Campuran Aspal Berpori

Hanifah Imtinan^a, Ari Widayanti^b^a Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesia^b Program Studi Sarjana Terapan Transportasi, Universitas Negeri Surabaya, Kota Surabaya, Indonesiaemail: ^ahanifahimtinan.21028@mhs.unesa.ac.id, ^bariwidayanti@unesa.ac.id

INFO ARTIKEL

Sejarah artikel:

Menerima 22 Januari 2026

Revisi 2 Juni 2026

Diterima 15 Juli 2026

Online 20 Agustus 2026

Kata kunci:

Aspal Porus

Limbah Ban Bekas

Agregat

ABSTRAK

Perkembangan infrastruktur perkotaan yang berkelanjutan menjadi fokus utama dalam menangani tantangan perubahan iklim dan urbanisasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aspal porus dengan campuran limbah ban bekas sebagai Solusi inovatif untuk konstruksi jalur sepeda yang dapat mengatasi permasalahan genangan air. Metode penelitian mencakup analisis material limbah ban bekas dan agregat alam. Hasil pengujian material limbah ban bekas menunjukkan sejumlah parameter telah memenuhi kriteria yang ditentukan, serta menunjukkan hasil uji agregat alam juga menunjukkan hasil yang sesuai dengan standar Bina Marga tahun 2018 Revisi 2. Teknologi ini diharapkan mampu mengurangi genangan air di jalur sepeda, serta memberikan manfaat tambahan melalui penggunaan limbah ban bekas yang berkelanjutan. Aspal berpori dengan campuran limbah ban bekas merupakan alternatif yang cocok di gunakan dan ramah lingkungan untuk pengembangan infrastruktur sepeda di perkotaan.

Characteristics of Waste Tire Materials and Natural Aggregates for Porous Asphalt Mixtures

ARTICLE INFO

Keywords:

Porous Asphalt

Waste Tires

Aggregate

ABSTRACT

Sustainable urban infrastructure development is the main focus in overcoming the challenges of climate change and urbanization. This research aims to develop porous asphalt with a mixture of waste tires as an innovative solution for the construction of bicycle lanes that can overcome the problem of waterlogging. The research method includes the analysis of waste materials from waste tires and natural aggregates. The results of testing waste tire materials showed that a number of parameters had met the specified criteria, and showed that the results of the natural aggregate test also showed results in accordance with the Bina Marga standard in 2018 Revision 2. This technology is expected to be able to reduce standing water on bicycle paths, as well as provide additional benefits through the sustainable use of waste tires. Porous asphalt with a mixture of waste tires is a suitable and environmentally friendly alternative for the development of bicycle infrastructure in cities.

Imtinan, H., & Widayanti, A. (2026). Karakteristik Material Limbah Ban Bekas dan Agregat Alam untuk Campuran Aspal Berpori. MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi, v4 (n2), 483 – 490.

© 2023 MITRANS : Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

1. Pendahuluan

Mobilitas kendaraan di Indonesia terus meningkat, dengan jumlah kendaraan mencapai 164 unit per Agustus 2024 (Novelino, 2024). Dalam mengurangi kemacetan dan emisi karbon, salah satu langkah di ambil adalah Pembangunan jalur sepeda. Rute ini berada di sisi kiri jalan mempersempit ruang untuk kendaraan bermotor (Bina Marga, 2021). Penempatan jalur sepeda ini membutuhkan bahan permukaan yang kokoh dan tahan lama, serta mampu menyerap air. Aspal berpori merupakan salah

Optimalisasi Aspal Berpori...

© 2023 MITRANS: Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi. Semua hak cipta dilindungi undang-undang.

sau terobosan yang dapat menurunkan genangan air di jalan setelah hujan (Sembung, dkk., 2020). Aspal berpori menggunakan agregat kasar dengan sedikit agregat halus, menciptakan rongga yang cukup besar, dan memiliki nilai permeabilitas tinggi untuk drainase (Susanto, dkk., 2023).

Beberapa material dapat meningkatkan sifat mekanis campuran aspal berpori, salah satunya adalah limbah ban bekas. Limbah karet ini dapat memperbaiki ketahanan terhadap kerusakan dan meningkatkan daya serap air (Susanto, dkk., 2023). Pemanfaatan limbah ban bekas tidak hanya mengurangi sampah yang mencemari lingkungan, tetapi juga memperbaiki sifat mekanis aspal berpori. Penelitian menunjukkan bahwa campuran limbah ban bekas sebagai agregat halus dapat meningkatkan kinerja material jalan, mengurangi genangan air, serta memberikan kontribusi positif terhadap lingkungan.

Meskipun penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang menjanjikan, masih terdapat kekurangan dalam pemahaman mengenai bagaimana perbedaan kadar dan cara pengolahan limbah ban bekas dapat mempengaruhi sifat mekanis serta tingkat permeabilitas aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan meneliti hubungan antara tingkat limbah ban bekas dan sifat-sifat aspal berpori. Temuan terkini akan melibatkan metode perbandingan untuk menilai dampak variasi kadar limbah ban bekas sebagai bahan agregat halus, serta memberikan saran untuk pembangunan jalan yang lebih ramah lingkungan.

2. Kajian Pustaka

2.1 Aspal Berpori

Aspal porus merupakan sebuah terobosan dalam teknologi pembuatan jalan fleksibel yang menggunakan ukuran pori yang dirancang khusus untuk bertindak sebagai saluran bagi air ketika terjadi genangan di atas permukaan jalan (Perdana, 2024). Aspal berpori merupakan jenis perkerasan permukaan yang ditempatkan di atas lapisan base atau surface, yang Sebagian besar terdiri dari agregat kasar (80%). Hal ini menyebabkan gradasinya memiliki gradasi terbuka (open grades) dan berfungsi sebagai saluran drainase di bawah permukaan jalan (Utami, dkk., 2019). Bagian-bagian yang menyusun aspal porus serupa dengan bagian-bagian aspal biasa, yaitu bahan perekat, agregat, dan bahan pengisi.

2.2 Aspal

Aspal, yang disebut bitumen, adalah senyawa hidrokarbon yang memiliki sifat perekat, bewarna coklat tua hingga hitam, tahan terhadap air, dan memiliki karakteristik viskoelastik (Faizal, 2021). Aspal perlu diambil dari sampel uji mengikuti prosedur ditetapkan dalam SNI-03-3640-1994. Syarat untuk aspal Pen.60/70 disajikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 1 Persyaratan Aspal Pen. 60/70 (Bina Marga,2018)

Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
Penetrasi pada 25°C (0,1mm)	SNI 2456:2011	60 – 70
Viskositas	ASTM D21 70-10	≥ 300
Titik Lembek (°C)	SNI 2434 : 2011	≥ 48
Daktalitas 25°C (cm)	SNI 2432 : 2011	≥ 100
Titik Nyala (°C)	SNI 2433 : 2011	≥ 232
Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥ 99
Berat Jenis	SNI 2441 : 2011	≥ 1,0

2.3 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butiran yang terdiri dari batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya, yang dapat berasal dari alam atau dibuat secara sintesis, sesuai dengan SNI 1737-1989-F (PU, 2007). Agregat merupakan elemen kunci dalam konstruksi permukaan jalan, terdiri dari 90 hingga 95 persen agregat berdasarkan bobot, atau 75 hingga 85 persen agregat berdasarkan volume (Sampoerna University, 2024). Bahan agregat yang akan dipilih harus sesuai dengan kriteria yang tertera dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2. Persyaratan Pemeriksaan Agregat (Bina Marga, 2018)

Pengujian		Metode Penelitian	Nilai
Kekekalan	Natrium	SNI 3407-2008	Maks. 12%
Bentuk Agregat terhadap larutan	Sulfat		Maks. 18%
	Magnesium Sulfat		
Abrasi dengan mesin	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
Los Angeles	500 Putaran		Maks. 30%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439-2008	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SNI 7619-2018	100/90*
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791-10	Maks. 5%
Material lolos No.200	Ayakan	SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

2.4 Filler

Bahan pengisi (filler) merupakan material berbentuk butiran halus yang dapat melewati saringan No. 200 (0,075 mm) dapat terdiri dari partikel debu batu, kapur padam, semen portland, atau bahan non-plastis lainnya (Hardiyatmo, 2007). Butir pengisi bersama dengan aspal akan membentuk gel yang akan bekerja untuk mengikat agregat halus dengan mengubah nilai stabilitas

2.5 Limbah Ban Bekas

Ban bekas adalah salah satu jenis limbah dan barang yang tidak terpakai yang dapat dengan mudah ditemukan di berbagai Lokasi di Indonesia, dan jumlahnya cukup banyak (Ridho, 2012). Penggunaan limbah ban bekas biasanya pada campuran agregat berbentuk serbuk karet (crumb rubber). Serbuk karet diproduksi menggunakan mesin khusus yang mengubah karet berukuran besar menjadi potongan kecil. Proses pembuatan serbuk ini dilakukan melalui tiga metode: craker mill- process, granular process, dan micro process (Noviantoro, 2020).

2.6 Pengujian Campuran Aspal Porus

Perencanaan campuran aspal berpori yang baik meliputi pengujian campuran aspal berpori sesuai dengan spesifikasi Karakteristik menurut AAPA 2004 yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. Karakteristik Pengujian Aspal Berpori (AAPA,2004)

Kriteria Perencanaan	Nilai
Stabilitas Marshall (Kg)	Min. 500
Flow (mm)	2 – 6
Marshall Quotient (Kg/mm)	Maks. 400
VITM (%)	18 – 25
Jumlah Tumbukan Perbidang	50

Kriteria Perencanaan	Nilai
Permeabilitas (cm/detik)	Min. 0,1

Pengujian tersebut dilakukan guna mengevaluasi sifat mekanis, porositas, dan permeabilitas. Berikut ialah parameter utama yang digunakan dalam pengujian aspal berpori:

1. Pengujian Porositas

Pengujian porositas terdapat metode salah satunya ialah metode volumetric test. Dalam pengujian ini melewati harus melewati beberapa pengujian berikut ini:

a. Densitas

Densitas menggambarkan seberapa rapat campuran perkerasan bisa diisi, yang dipengaruhi oleh gradasi agregat, presetase aspal, dan cara pemadatan, yang akan berpengaruh pada tangka kepadatan dari perkerasan lentur (Ridho, 2012). Nilai densitas didapat dari rumus yang berikut ini:

$$D = \frac{W_{dry}}{(W_s - W_w)} \quad (1)$$

b. Specific Gravity Campuran

Specific Gravity Campuran (SGMix) digunakan untuk menunjukan nilainya (Ridho, 2012). Nilai specific gravity campuran di dapat dari rumus berikut :

$$S_{gmix} = \frac{100}{\frac{\%W_{ax}}{SG_{ak}} + \frac{\%W_{ah}}{SG_{ah}} + \frac{\%W_f}{SG_f} + \frac{\%W_b}{SG_b}} \quad (2)$$

c. Porositas

Porositas merupakan ukuran dari jumlah udara dalam campuran untuk membangun jalan, baik yang mampu mengalirkan air maupun yang tidak bisa melakukannya. (Ridho, 2012). Nilai porositas dapat diperoleh melalui rumus berikut:

$$P = \left[1 - \frac{D}{S_{gmix}} \right] \times 100 \quad (3)$$

2. Pengujian Marshall

Uji Marshall merupakan suatu metode yang digunakan untuk menilai kemampuan kemampuan dalam menerima beban (daya dukung), deformasi, dan rongga pada campuran aspal berpori standar SNI 06-2589-1991 (Susanto, dkk., 2023). Nilai Marshall guna menentukan stabilitas, flow, dan Marshall Quotient.

a. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan permukaan jalan untuk menanggung berat sampai mengalami keruntuhan (Susanto, dkk., 2023). Nilai stabilitas yang digunakan dengan rumus berikut:

$$S = p \times q \quad (4)$$

b. Flow

Angka flow diperoleh dari hasil pengukuran pada alat yang menunjukan perubahan bentuk objek uji dalam satuan panjang (mm) (Ridho, 2012).

c. Marshall Quotient

Marshall Quotient merupakan ukuran potensi kemampuan retak elastis yang ditentukan dengan mengukur rasio antara stabilitas dan flow (Ridho, 2012). Nilai Marshall di dapat dengan rumus berikut:

$$MQ = \frac{s}{f} \quad (5)$$

3. Pengujian Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk membiarkan lapisan perkerasan untuk mengalirkan air (Susanto, dkk., 2023). Nilai permeabilitas di dapat dari rumus berikut:

$$K = 2,303 \times \frac{a \times L}{A \times t} \times \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right) \quad (6)$$

2.7 Jalur Sepeda

Jalur sepeda adalah jalur yang dikhususkan untuk pengendara sepeda yang terpisah dari kendaraan bermotor dengan pemisah berupa kereb atau pemisah lainnya (Bina Marga, 2021). Peraturan Nomor 22 Tahun 2009, diberlakukan untuk mengatur penyediaan fasilitas jalan hingga jalur sepeda yang harus dikhususkan untuk lalu lintas masyarakat. Perencanaan perkerasan jalur sepeda biasanya menggunakan Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) yang mengacu pada SNI 6749-2008 mengenai Spesifikasi Lapis Tipis Aspal Pasir (Bina Marga, 2021).

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yang mencakup serangkaian langkah sistematis yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Faklutas Vokasi untuk memperoleh data tentang karakteristik material dan campuran. Hasil yang didapat selanjutnya dianalisis dan dibandingkan dengan ukuran kinerja yang ditentukan dalam pedoman AAPA 2004 dan Bina Marga 2018 sebagai dasar penilaian kualitas campuran.

3.1 Bahan dan Alat

Studi ini menggunakan berbagai perangkat untuk mengumpulkan informasi sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan. Proses pengukuran ukuran dan kelolosan butiran agregat menggunakan saringan, sedangkan pengeringan agregat dilakukan menggunakan oven, dan penimbangan berat agregat dilakukan dengan timbangan. Sampel yang telah disiapkan kemudian menjalani serangkaian pengujian yaitu *Marshall Test* dan Permeabilitas. Bahan yang digunakan antara lain *coarse aggregate* dan *fine Aggregate, filler*, Limbah ban bekas, dan Aspal Pen. 60/ 70. Peralatan dan bahan ini tersebut akan dijelaskan lebih rinci pada bagian berikut:



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.1 Alat Penelitian: (a) Satu Set Saringan; (b) Timbangan; (c) Oven
Sumber : Dokumen Pribadi, 2025



(a)



(b)

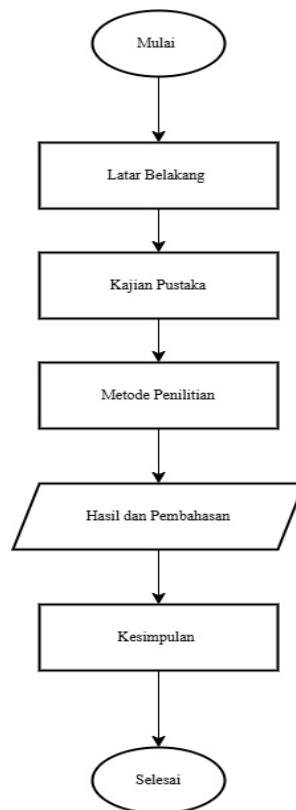


(c)

Gambar 3.2 Bahan Penelitian : (a) *Coarse Aggregate*; (b) *Fine Aggregate*; (c) *Crumb Rubber*
Sumber : Dokumen Pribadi, 2025

3.2 Diagram Alir

Diagram Alir merupakan garis besar pemikiran dalam suatu penelitian. Tahapan dalam diagram alir dimulai dari pemilihan limbah ban bekas dan agregat yang sesuai untuk campuran aspal porus, yang dimana akan diuraikan pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Diagram Alir

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Karakteristik Agregat Alam

Agregat alam yang diuji berasal dari Laboratorium Jalan Raya Fakultas Vokasi Universitas Negeri Surabaya. Agregat yang digunakan adalah Coarse Aggregate dan Fine Aggregate yang tertahan pada saringan No. 8. Semua parameter yang diuji mengikuti standar SNI dan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018, menggunakan metode AASHTO T85 (ASTM C127). Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk memastikan material ini cocok untuk lapisan aspal porus. Pengujian mencakup proses penyerapan, berat jenis *bulk*, berat jenis SSD, berat jenis *apparent*, serta berat jenis efektif. Hasil pemeriksaan fisik akan disajikan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Pemeriksaan Agregat Alam (Penulis, 2025)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Penyerapan	2,865 %	Maks. 3%	Memenuhi
2.	Berat Jenis <i>bulk</i>	2,864 gr/cm ³	Min. 2,5 gr/cm ³	Memenuhi
3.	Berat Jenis SSD	2,860 gr/cm ³	Min. 2,5 gr/cm ³	Memenuhi
4.	Berat Jenis <i>apparent</i>	2,852 gr/cm ³	-	Memenuhi
5.	Berat jenis Efektif	2,858 gr/cm ³	Min.2,5 gr/cm ³	Memenuhi

4.2 Karakteristik Limbah Ban Bekas

Limbah ban bekas berasal dari ban truk yang tidak terpakai. Ban tersebut diolah menjadi serbuk karet, yang disebut *crumb rubber*, dengan ukuran 2-3 mm, diperoleh dari CV. Oby Rubber Perkasa. Dalam penelitian ini, hanya *crumb rubber* yang terjebak di saringan No. 8 yang digunakan sebagai tambahan material agregat halus untuk campuran aspal pori. Pengujian menggunakan prosedur untuk agregat sesuai SNI 1970-2008. Pemeriksaan *crumb rubber* dilakukan untuk mengetahui berat jenis ban bekas dan dilakukan di Laboratorium transportasi. Hasil pengujian karakteristik limbah ban bekas disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Pengujian Limbah Ban Bekas (Penulis, 2025)

No.	Jenis Pemeriksaan	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
1.	Penyerapan	2,9 %	Maks. 3%	Memenuhi
2.	Berat jenis <i>bulk</i>	2,501 gr/cm ³	Min. 2,5 gr/cm ³	Memenuhi
3.	Berat jenis SSD	2,574 gr/cm ³	Min. 2,5 gr/cm ³	Memenuhi
4.	Berat Jenis <i>apparent</i>	2,701 gr/cm ³	-	Memenuhi
5.	Berat Jenis Efektif	2,601 gr/cm ³	Min. 2,5 gr/cm ³	Memenuhi
6.	Titik Kelelehan	130 °C	160 – 200 °C	Tidak Memenuhi

Berdasarkan hasil tabel uji, sejumlah parameter dari limbah ban bekas telah memenuhi kriteria yang ditentukan. Kelelehan adalah kondisi dimana suatu bahan beralih dari bentuk keras menjadi lembek pada suhu tertentu. Fenomena ini terjadi karena kualitas *crumb rubber* yang kurang baik serta adanya kontaminasi atau bahan tambahan (plastik atau minyak) yang mengurangi titik lelehnya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan bukti-bukti penelitian dan penelitian terhadap campuran limbah ban bekas dan aspal berpori, dapat disimpulkan bahwa hal ini memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap peningkatan kualitas material tersebut:

1. Limbah ban bekas yang digunakan dalam penelitian ini dilakukan pengujian karakteristik dengan penyesuaian dari metode AASHTO T85 (ASTM C127). Hasil dari pengujian karakteristik telah memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Hasil Pengujian berat jenis *bulk* sebesar 2,501 gr/cm³ dan berat jenis SSD, *apparent*, serta efektif memperoleh nilai sebesar 2,574 gr/cm³, 2,701 gr/cm³, dan 2,601 gr/cm³. Penyerapan limbah ban bekas mencapai nilai 2,9% dimana berada di ambang nilai maksimal dari spesifikasi yang ditentukan.
2. Berdasarkan hasil pengujian agregat alam yang digunakan dalam campuran aspal porous, seluruh parameter yang dianalisis telah memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018. Persentase penyerapan agregat sebesar 2,865% berada di bawah batas maksimum 3%, menunjukkan daya serap rendah dan sesuai untuk aplikasi aspal porous yang memerlukan ketahanan terhadap retensi air. Hasil pengujian berat jenis bulk, SSD, dan efektif masing – masing sebesar 2,864 gr/cm³, 2,86 gr/cm³, dan 2,858 gr/cm³, serta berat jenis *apparent* sebesar 2,852 gr/cm³, semuanya melampaui syarat minimum 2,5 gr/cm³. Hal ini mengindikasikan bahwa agregat memiliki kepadatan tinggi dan porositas internal yang rendah, yang mendukung stabilitas dan daya dukung campuran.

6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada orang tua saya, dosen pembimbing, dosen penguji, serta pihak – pihak yang terlibat dalam jurnal saya yang telah memberikan dukungan spiritual, *financial*, dan moral pada penelitian ini, juga kepada rekan – rekan D4 Transportasi yang memberikan semangat motivasi dalam penelitian ini

7. Referensi

Bina Marga. (2021). *Perancangan Fasilitas Pesepeda*. Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Faizal, M. (2021). Studi Pemanfaatan Serat Ijuk Pada Campuran *Asphalt Concrete* Terhadap Nilai-Nilai *Marshall Properties* . Lamongan : Universitas Islam Lamongan.

Hardiyatmo, H. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya* . Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Novelino, A. (2024, October 5). *Otomotif*. Retrieved from CNN Indonesia : <https://www.cnnindonesia.com/otomotif/20241004133318-579-1151516/jumlah-kendaraan-di-indonesia-tembus-164-juta-unit-83-persen-motor>

Noviantoro, A. R. (2020). pemanfaatan limbah ban bekas sebagai bahan pengganti agregat pada kuat tekan beton. Semarang: Universitas Semarang.

Perdana, M. G. (2024). Variasi Kekerasan Agregat Terhadap Kinerja Pada Campuran Aspal Berpori. *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 316-330.

PU. (2007). *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*. Jakarta : Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.

Ridho, A. N. (2012). Perencanaan Campuran Aspal Porus terhadap Karakteristik Marshall dan Kuat Tarik Tidak Langsung dengan Serbuk Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Resiana, H. R. & Widayanti, A. (2025). Karakteristik Material RCA, fly Ash, dan Agregat Aam sebagai Alternatif Material pada Campuran Perkerasan AC-BC. *Jurnal Media Publikasi Transportasi*, V4N1. 53-60.

Sampoerna University. (2024, maret 5). Pengertian Agregat Beserta Klasifikasinya. Retrieved from *Sampoerna University*: <https://www.sampoernauniversity.ac.id/id/news/pengertian-agregat-beserta-klasifikasinya>

Sembung , N. T., Sendow, T. K., & Palenewen, S. (2020). Analisa Campuran Aspal Porus Menggunakan Material Dari Kakaskasen Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon. *Jurnal Sipil Statik*, 345 - 352.

Susanto, H. A., Mulyono, B., Widyaningrum, A., & Purnomo, W. H. (2023). Kinerja Perkerasan Aspal Berpori Dengan Campuran Lmbah Plastik Dan Karet . *Jurnal Jalan-Jembatan* , 32 - 43.

Utami, K., Yulia, H., & Pataras, M. (2019). Karakteristik Porous Asphalt Pavement Lapis AC-WC menggunakan Spesifikasi Australia dan Malaysia.

