

Penggunaan Bata Ringan Pecah Sebagai *Filler* Agregat Pada Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* Terhadap Karakteristik Marshall

Fadhan Dio Azitama¹⁾

¹⁾Teknik Sipil, Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta, Kartasura, Indonesia
Email: fadhan59@gmail.com*

Received: 2025-01-15; Accepted: 2025-03-14; Published: 2025-05-20

Abstract

The use of alternative materials as fillers in asphalt mixtures is an innovative solution to improve road quality while utilizing construction waste materials. This study examines the effect of using crushed lightweight bricks as aggregate fillers in Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) mixtures. The research was conducted through experimental methods in the civil engineering laboratory of Universitas Muhammadiyah Surakarta. The experiment utilized crushed lightweight bricks ground into fine particles with mixture variations of 6, 7%, 8%, 9%, and 10%. The objectives of this research were to utilize lightweight brick waste, evaluate the mechanical performance of asphalt mixtures with lightweight brick fillers through Marshall tests—including Density, Flow, Voids in Mineral Aggregate (VMA), Voids in Mix (VIM), and Voids Filled with Bitumen (VFB)—and determine the optimal content of lightweight brick filler for AC-WC asphalt mixtures. The results indicate that using 10% lightweight brick waste as aggregate filler with an optimal asphalt content of 6% improves the Marshall characteristic values. The use of mixed materials as aggregate fillers can involve waste products or binding materials. Crushed lightweight concrete waste has been shown to improve the performance of the mixture when used in optimal proportions. The optimal filler content varies depending on the type and quality of the materials used.

Keywords: crushed lightweight brick; aggregate filler; AC-WC; asphalt mixture; sustainable infrastructure.

Abstrak

Penggunaan material alternatif sebagai filler pada campuran aspal merupakan salah satu solusi inovatif dalam meningkatkan kualitas jalan dan memanfaatkan limbah material konstruksi. Penelitian ini mengkaji pengaruh penggunaan bata ringan pecah sebagai filler agregat untuk campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode percobaan dan pengamatan sampel dari bahan filler lain yang telah dilakukan penguian. Percobaan ini menggunakan bata ringan pecah yang dihaluskan dengan variasi kadar campuran sebesar 6%, 7%, 8%, 9% dan 10%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan limbah bata ringan, mengetahui kinerja mekanis campuran aspal dengan filler bata ringan pecah melalui uji Marshall, meliputi pengujian Density, Flow, Voids in Mineral Aggregate (VMA), Voids Filled with Bitumen (VFB), Voids in Mix (VIM) dan mengetahui kadar optimal campuran bata ringan yang optimal untuk filler agregat pada aspal Laston (AC WC). Penggunaan limbah bata ringan sebagai filler agregat dapat dengan jadar 10% dengan kadar aspeal optimal di 6% dapat meningkatkan karakteristik nilai Marshall. Penggunaan bahan campuran sebagai filler agregat melibatkan limbah atau bahan pengikat tertentu. Limbah bataringan pecah terbukti mampu meningkatkan kualitas campuran jika digunakan pada kadar yang tepat. Kadar optimal filler bervariasi tergantung jenis dan kualitas material yang digunakan.

Kata Kunci: bata ringan pecah; filler agregat; AC-WC; campuran aspal; infrastruktur berkelanjutan.

Pendahuluan

Aspal beton (AC) atau lapisan aspal beton (Laston) salah satu jenis perkersaan fleksibel yang banyak digunakan di Indonesia. AC-WC (Asphalt-Concrete Wearing Course) atau laston adalah lapisan permukaan paling luar dan berperan sebagai lapisan aus (Annisa & Yunus, 2023). Laston yang dikenal di Indonesia terdiri dari aspal concrete wearing course (AC WC), Laston biasanya digunakan pada daerah yang memiliki deformasi yang tinggi contohnya gerbang tol, parkiran, dan simpang (Irianto et al., 2022). Umumnya bahan campuran AC-WC tersusun dari agregat pengisi (filler), agregat kasar dan halus serta aspal (Sukma Damayanti & Khatulistiwa, 2022). Dalam perencanaannya lapisan AC WC harus kedap

air untuk melindungi struktur di bawahnya (Khamid & Abror Izazi, 2019).

Bata ringan atau bata berpori merupakan bata yang memiliki nilai berat jenis yang relatif rendah dibandingkan dengan bata merah atau jenis batu bata lainnya. Bata ringan yang umum dijual adalah (AAC) *Autoclaved Aerated Concrete dan (CLC) Cellular Lightweight Concretes*, keduanya sama-sama menggunakan gelembung udara untuk mengurangi berat. Bata ringan mulai banyak digunakan untuk konstruksi rumah maupun gedung, sifatnya yang tahan api, tahan air, ringan ukuran yang lebih besar dan lebih efisien membuat penggunaan bata ringan semakin diminati (Suradi et al., 2023).

Limbah bata ringan berasal dari sisa hasil pemasangan atau kegagalan saat produksi maupun pengiriman.

Pada saat ini limbah bata ringan masih minim penanganannya dan dibiarkan menumpuk begitu saja. Limbah bata ringan biasanya dijual dengan harga yang relatif murah meskipun dalam jumlah yang besar (Fajar & Johari, 2023). Limbah bata ringan memiliki kelemahan berupa susahnya untuk di daur ulang dan bila dijual harganya sangat rendah dan dapat menambah sampah yang menumpuk (Agung Priyono & Agustapraja, 2021).

Menumpuknya limbah Batu bata ringan akan menjadikan bata ringan menurun nilai ekonomisnya. Salah satu cara untuk memanfaatkan ulang limbah bata ringan adalah mengolahnya sebagai agregat filler. Filler agregat dalam bina marga 2018 disyaratkan adalah agregat yang lolos saringan No.200. Kegunaan filler dalam campuran aspal untuk meningkatkan kerapatan dan stabilitas pada campuran dan meningkatkan kinerja campuran seperti menaikkan kekentalan bitumen dan membuat campuran lebih kuat pada perubahan suhu ((Saifulloh & Prima Arga Rumbyarso, 2024; Chasanah & Sukmo, 2023). Penggunaan filler sebagai bahan tambahan juga dapat meningkatkan kinerja pada saat keadaan basah seperti percobaan yang dilakukan (Budiarto et al., 2020). Pada umumnya filler yang digunakan adalah debu dolomit, abu layang atau fly ash, debu batu kapur, semen portland (Safariska et al., 2020).

Salah satu penyebab rusaknya jalan adalah tergenangnya jalan dengan air yang menyebabkan pori perkerasan dimasuki air, maka perkerasan diharapkan memiliki karakteristik yang kedap air. Sifat kedap air dapat didapat dengan penambahan bahan pengisi pori yaitu filler agregat (Auditia et al., 2018). Kadar campuran filler sangat mempengaruhi karakteristik dari aspal. Penggunaan filler jika terlalu banyak akan membuat campuran aspal menjadi getas atau kaku dan mudah terjadi keretakan namun sebaliknya jika campuran filler kurang maka campuran aspal akan menjadi mudah runtuh atau terdeformasi dan lembek (Rumbyaso & Ulum, 2021). Pada beberapa kasus penggunaan bahan campuran untuk filler dapat memberikan manfaat kepada karakteristik jalan, seperti kasus dari Guha & Assaf dimanah menggunakan semen untuk filler dapat meningkatkan kekuatan jalan pada daerah yang memiliki suhu panas. Pecahan bata ringan merupakan limbah konstruksi yang sering kali menumpuk tanpa pengolahan lebih lanjut, sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Melalui inovasi di bidang teknologi material, limbah pecahan bata ringan dapat dimanfaatkan sebagai agregat pengisi (filler) pada campuran aspal beton (Laston), khususnya untuk lapisan aus (AC-WC). Penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh penggunaan limbah bata ringan terhadap nilai karakteristik Marshall, seperti stabilitas, kelelahan (flow), densitas, dan Marshall Quotient (MQ) dari campuran aspal. Selain itu, penelitian bertujuan untuk menentukan komposisi optimal limbah bata ringan sebagai pengganti filler, yang mampu memberikan

performa terbaik pada campuran Laston (AC-WC). Dengan pendekatan ini, diharapkan limbah bata ringan tidak hanya dapat diolah secara efektif, tetapi juga memberikan kontribusi positif dalam pembangunan infrastruktur yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Limbah pecahan bata ringan merupakan salah satu jenis limbah konstruksi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai material pengisi (filler) dalam campuran aspal beton (Laston), khususnya pada lapisan aus (AC-WC). Penggunaan limbah ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif limbah konstruksi terhadap lingkungan serta meningkatkan nilai ekonomis material sisa. Penelitian ini bertujuan mengolah limbah bata ringan sebagai filler agregat aspal Laston (AC-WC) dan menganalisis pengaruhnya terhadap karakteristik Marshall campuran aspal. Uji karakteristik Marshall mengacu pada stabilitas, Marshall Quotient (MQ), kelelahan (flow), dan densitas campuran. Penelitian ini bermaksud untuk mengetahui komposisi optimal limbah bata ringan sebagai pengganti filler, sehingga diharapkan hasilnya dapat memenuhi persyaratan teknis sesuai spesifikasi campuran aspal beton. Pemanfaatan limbah bata ringan sebagai filler agregat dapat menjadi solusi inovatif dalam bidang konstruksi jalan, baik dari segi teknis maupun aspek keberlanjutan lingkungan.

METODE

Artikel review ini bertujuan untuk mengkaji kelayakan penggunaan pecahan bata ringan sebagai filler agregat dalam campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) serta dampaknya terhadap nilai karakteristik Marshall. Fokus utama dari kajian ini adalah mengumpulkan dan menganalisis berbagai penelitian yang telah dilakukan mengenai penggunaan material alternatif sebagai filler pada campuran aspal, terutama bahan-bahan yang umum digunakan sebagai filler dalam campuran aspal beton. Untuk mencapai tujuan tersebut, metode yang digunakan dalam artikel ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Literatur

Pengumpulan literatur dilakukan dengan mencari referensi yang relevan terkait bahan campuran filler agregat maupun studi yang berkaitan dengan pemanfaatan limbah sebagai material alternatif. Proses pencarian literatur dilakukan melalui sumber-sumber yang telah terakreditasi, seperti jurnal yang terindeks Sinta dan Scopus, guna memastikan akurasi serta validitas data yang digunakan. Selain itu, buku ajar, prosiding, dan publikasi ilmiah lainnya yang relevan juga dijadikan sebagai bahan acuan dalam pengkajian ini. Literatur yang terkumpul akan dianalisis untuk mengetahui metode, hasil, dan kesimpulan dari penelitian sebelumnya, yang kemudian akan digunakan sebagai dasar untuk

menilai kelayakan penggunaan pecahan bata ringan sebagai filler.

2. Observasi Lapangan

Meninjau secara langsung ketersediaan limbah bata ringan di lokasi proyek konstruksi maupun di toko-toko bangunan yang menyediakan material konstruksi. Kegiatan ini bertujuan untuk mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif mengenai jumlah limbah bata ringan yang tersedia serta kondisi fisiknya. Dengan melakukan observasi lapangan, diharapkan dapat diperoleh gambaran nyata mengenai potensi limbah bata ringan sebagai bahan pengisi alternatif dalam campuran aspal. Data yang diperoleh dari hasil observasi ini akan menjadi salah satu pertimbangan dalam analisis kelayakan penggunaan material tersebut. Metode ini dirancang untuk menghasilkan kajian yang komprehensif dan mendalam, sehingga dapat memberikan rekomendasi yang valid terkait pemanfaatan limbah pecahan bata ringan sebagai filler dalam campuran AC-WC. Dengan menggabungkan hasil pengumpulan literatur dan observasi lapangan, diharapkan artikel ini mampu memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi ramah lingkungan di bidang konstruksi jalan raya.

Hasil Pembahasan

1. Mengolah limbah bata ringan untuk filler agregat aspal Laston (AC WC)

Limbah bata ringan datang dari kegagalan dalam produksi, pengiriman, maupun sisa pemasangan di lapangan. Limbah bata ringan masih kurang dari segi penanganan, bata ringan hanya dibiarkan menumpuk dan bila dijual harga dari limbah potongan bata ringan dengan volume besar harganya relatif murah (Agung Priyono & Agustapraja, 2021). Limbah bata ringan sudah sering digunakan sebagai bahan komposit untuk bahan bangunan, namun belum ada yang memanfaatkannya menjadi filler agregat. Pada percobaan yang dilakukan He et al. penggunaan limbah bata ringan sebagai campuran semen pada beton dapat mengurangi penggunaan semen. Dengan ini percobaan ini menggunakan limbah bata ringan sebagai filler agregat.

Penggunaan bahan campuran untuk filler agregat sudah sering dilakukan namun belum ada yang meneliti pengaruh campuran limbah bata ringan untuk filler agregat. Penggunaan filler agregat yang umum adalah menggunakan abu batu dan penggunaan semen Portland dan penggunaan bahan ini juga dapat meningkatkan kinerja dari campuran aspal.

Adapun beberapa bahan campuran filler agregat yang dapat meningkatkan karakteristik Marshall dari campuran sebagai berikut :

Tabel 1 Jenis material filler

No	Bahan uji	Sumber
1	Abu batu	(Maranatha, Widodo and Azwansyah, 2021)
2	Fly ash	(Sa'dillah and Leliana, 2020)
3	Bubuk Talk	(Chasanah and Sukmo, 2023)
4	semen portland	(Guha and Assaf, 2020)
5	Abu batu pecah	(Jemmy Irwanto, Asmaroni and Raya Panglegur, 2019)

2. Karakteristik marshall

Penggunaan bahan alternatif sebagai agregat pengisi sudah umum digunakan dengan contoh pengujian oleh Gunarto & Candra (2019) yang menggunakan abu bunga pinus sebagai filler agregat pada campuran aspal Laston (AC WC) dengan kadar aspal 6.5% dan kadar abu bunga pinus 6% mendapatkan nilai stabilitas rata – rata sebesar 1417, dengan nilai Flow 3.6 mm , nilai VIM 4.11% , Nilai VMA 16.69% dan Marshall quotien (MQ) 394 kg/mm campuran ini memenuhi persyaratan dari bina marga tahun 2018.

Pada percobaan yang dilakukan oleh Putra & Fidausi (2019) penggunaan abu kayu dengan kadar 10% Memenuhi persyaratan Bina Marga. Pada kadar abu kayu 10% mendapatkan nilai VIM sebesar 5,32 %, nilai VMA 17,81, nilai Void Filled 70,18, nilai stabilitas 1354, nilai Flow 3,17, nilai Marshall Quetiont (MQ) 427,5, Sehingga abu kayu sebesar 10% dapat meningkatkan nilai Marshall Test.

Pada percobaan yang dilakukan oleh Jemmy Irwanto et al. (2019) penggunaan batu pecahan limbah dari material lokal madura dengan kadar 8 % mendapatkan karakteristik Marshall yang dapat memenuhi spesifikasi dari bina marga tahun 2010 dengan VIM sebesar 3,06 %, nilai VMA 15,94, nilai Void Filled tidak terlampir, nilai stabilitas 1414,56, nilai Flow 3,467, nilai Marshall Quetiont (MQ) 534,48.

Pada percobaan yang dilakukan Sa'dillah & Leliana (2020) penggunaan abu batu dan fly Ash batu bara dengan kadar 8% dan kadar aspal optimal ada di 8% dapat memenuhi spesifikasi bina marga tahun 2010 dengan nilai VIM sebesar 3.16%, nilai VMA 15.27, nilai Void Filled 70,18, nilai stabilitas 1354, nilai Flow 3,17, nilai Marshall Quetiont (MQ) 334.78.

3. Komposisi Optimal

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Gunarto & Candra (2019), penggunaan abu pinus sebagai filler agregat dengan kadar aspal sebesar 6,5% serta kadar abu bunga pinus sebesar 6% menunjukkan hasil terbaik dengan mendapatkan nilai karakteristik Marshall tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa abu pinus dapat berkontribusi

positif terhadap peningkatan kualitas campuran aspal beton pada kadar tertentu.

Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Putra & Fidausi (2019) menyatakan bahwa penggunaan abu kayu sebagai filler agregat dengan kadar 10% mampu memenuhi spesifikasi yang disyaratkan oleh Bina Marga dan memberikan nilai Marshall tertinggi. Ini menunjukkan bahwa abu kayu memiliki potensi sebagai bahan tambahan dalam campuran perkerasan jalan dengan performa yang baik sesuai standar yang berlaku.

Percobaan lain yang dilakukan oleh Chasanah & Sukmo (2023) menunjukkan bahwa penggunaan bubuk talk sebagai filler agregat dapat meningkatkan kekuatan pada hot mix, tetapi hanya pada kadar tertentu, yaitu 50%. Setelah melebihi kadar tersebut, kekuatan hot mix justru mengalami penurunan. Penelitian ini menyoroti pentingnya penentuan kadar optimal filler dalam campuran agar tidak menimbulkan efek negatif pada kekuatan campuran aspal. Hasil pengujian yang dilakukan terhadap penambahan filler abu terbang batu bara menunjukkan adanya peningkatan stabilitas campuran.

Penelitian dilakukan oleh Sa'dillah & Leliana pada tahun 2020 menemukan bahwa penggunaan fly ash batu bara dengan kadar 7% menghasilkan nilai stabilitas tertinggi sebesar 1472,51 kg. Namun, seiring dengan bertambahnya kadar filler abu terbang batu bara di atas 7%, kekuatan campuran cenderung menurun. Ini menunjukkan bahwa penambahan filler abu terbang batu bara memiliki batas optimal untuk memberikan hasil yang maksimal.

Penelitian lain mengenai penggunaan limbah beton sebagai filler agregat dilakukan oleh Imannurrohman et al. pada tahun 2020. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai optimum filler agregat dari limbah beton diperoleh pada kadar 15% dengan kadar aspal sebesar 6%. Selain itu, campuran ini juga memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh Bina Marga pada tahun 2010, yang menegaskan bahwa limbah beton dapat menjadi alternatif filler agregat yang efektif.

Terakhir, penggunaan Ordinary Portland Cement (OPC) sebagai filler agregat juga telah diuji dalam penelitian yang dilakukan oleh Guha & Assaf pada tahun 2020. Penelitian ini menunjukkan bahwa kadar filler optimal untuk OPC adalah sebesar 6%, yang memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan kekuatan campuran aspal beton. Penggunaan OPC sebagai filler agregat dapat memberikan kekuatan tambahan yang signifikan pada campuran perkerasan jalan jika digunakan pada kadar yang tepat. Dari berbagai penelitian yang telah dilakukan, terlihat bahwa jenis filler agregat dan kadar optimalnya memainkan peranan penting dalam menentukan karakteristik Marshall dan performa akhir campuran aspal beton. Oleh

karena itu, pemilihan jenis filler dan kadar yang tepat perlu diperhatikan dengan seksama untuk mendapatkan hasil campuran perkerasan jalan yang memenuhi spesifikasi teknis serta memiliki daya tahan yang tinggi.

Kesimpulan

Penggunaan bahan campuran sebagai filler agregat dapat dilakukan dengan bahan yang dapat digolongkan sebagai limbah ataupun bahan pengikat.

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengamatan bahwa penggunaan bahan campuran untuk filler agregat dapat dilakukan dan dapat meningkatkan kinerja dari campuran dengan syarat kadar dari campuran tidak berlebih.

Kadar optimal filler sebagai bahan campuran memiliki farian yang cukup beragam tergantung material yang digunakan dan kualitas dari material.

Ucapan Terima Kasih

Segala sukur penulis panjatkan kepada Allah kerana nikmatnya artikel ini dapat diselesaikan. Penulis artikel mengucapkan terimakasih kepada pihak yang terlibat dalam oembuatan artikel ini mulai dari dosen pembimbing, teman – teman yang membantu memberikan saran dan orang tua. Semoga artikel ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan dapat menjadi refrensi untuk melakukan percobaan.

Daftar Pustaka

- Agung Priyono, S., & Agustapraja, H. R. (2021). Limbah Bata Ringan untuk Bahan Campuran Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Pada Beton K-250. *Jurnal Teknik*, 19(1), 23–31. <https://doi.org/10.37031/jt.v19i1.159>
- Annisa, H., & Yunus, I. (2023). Humairah Annisa: Analisis Penggunaan Serat Jute Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Peningkatan Kuat Tarik Tidak Langsung. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Lamappapoleonro (JTEKSIL)*, 1(2). <https://doi.org/10.57093/jteksil.v1i2>
- Auditia, B. A., Rendih, Elnov, D., H.H, M., & Rachmansyah. (2018). Pengaruh Penggunaan Bubuk Gypsum Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Effect Of Gyp-sum Powder As A Filler In Asphalt Mixture. *Jurnal Teknik Dan Ilmu Komputer*, 07.
- Budiarto, A., Sarwono, D., & Wibowo, R. A. (2020). Analisis Perbandingan Kinerja Mar-shall Pada Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Analisis Saringan Sistem Kering Dan Sistem BASAH. *E-Jurnal Matrix Teknik Sipil*, 8(2), 246–255. <https://doi.org/https://doi.org/10.20961/mateksi.v8i2.44176>
- Chasanah, F., & Sukmo, T. A. (2023). Pengaruh Bubuk Talk Sebagai Bahan Filler Peng-ganti pada Campuran AC-WC. *AJIE-Asian Journal*

- of Innovation and Entrepreneur-ship, 07(03), 82–90.
<https://doi.org/10.20885/ajie.vol7.iss3.art2>
- Fajar, D. I., & Johari, G. J. (2023). Analisis Penggunaan Serbuk Bata Ringan Dalam Campuran Beton Terhadap Kuat Tekan. *Jurnal Sains Dan Teknologi ISTP*, 19(02), 196–201.
<https://doi.org/https://doi.org/10.59637/jsti.v19i2>
- Guha, A. H., & Assaf, G. J. (2020). Effect of Portland cement as a filler in hot-mix as-phalt in hot regions. *Journal of Building Engineering*, 28.
<https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.101036>
- Gunarto, A., & Candra, A. I. (2019). Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus. *UkaRsT*, 03, 45–53.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30737/ukarst>
- He, X., Zheng, Z., Yang, J., Su, Y., Wang, T., & Strnadel, B. (2020). Feasibility of incorporating autoclaved aerated concrete waste for cement replacement in sustainable building materials. *Journal of Cleaner Production*, 250.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119455>
- Imannurrohman, N., Amin, M., Kunci, K., Beton, L., & Marshall, K. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Perkerasan Laston Asphalt Concrete-Wearing Coarse (AC-WC). *Reviews in Civil Engineering*, 4(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.31002/rice.v4i1>
- Irianto, Rachman, M. R., Jamal, M., Muliawan, I. W., Mustika, W., S, D. S., Mabui, Mi-swar iiTumpu, Mansyur, Masdiana, & MR, F. (2022). Teknologi bangunan dan ma-terial .
- Jemmy Irwanto, T., Asmaroni, D., & Raya Panglegur, J. K. (2019). Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan dan Rekayasa Sipil Pemanfaatan Material Lokal Dan Produk Samping Industri Sebagai Agregat Batu Pecah Dan Filler terhadap Kinerja Marshall pada Campuran Panas Aspal Beton Lapis Permukaan Aus (ACWC). *Ge-STRAM: Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil*, 02.
<http://kelanakota.suarasurabaya.net/news/2016>
- Khamid, A., & Abror Izazi, M. (2019). Pengaruh Genangan Air Hujan Terhadap Kinerja Campuran Aspal Concere-Wearing Course (AC-WC). 4(7).
- Maranatha, O., Widodo, S., & Azwansyah, H. (2021). Pemanfaatan Kapur Tohor, Kapur Padam Dan Kapur Karbonat Sebagai Filler Pada Perkerasan Ac-Wc Ditinjau Dari Karakteristik Marshall. *Jurnal Teknik Kelautan PWK Sipil Dan Tambang*, 8(1).
<https://doi.org/https://doi.org/10.26418/jelast.v8i1.45011>
- Putra, K. H., & Fidausi, M. (2019). Studi Eksperimental Penambahan Serbuk Arang Kayu Dengan Kadar 10% Terhadap Filler Semen Pada Campuran Perkerasan AC-WC. *Jurnal Rekayasa Tenik Sipil Universitas Madura*, 4(Desember), 7–10.
- Rumbyaso, Y. P. A., & Ulum, R. B. (2021). Analisis Pengaruh Penggunaan Cangkang Te-lur Bebek Ras Petelur Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton. *Jurnal Teknolo-gika (Jurnal Teknik-Logika-Matematika)*, 11(2), 1–10.
<https://doi.org/https://doi.org/10.51132/teknologika.v11i2.139>
- Sa'dillah, m., & Leliana, A. (2020). Karakteristik Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Dengan Penambahan Bahan Pengisi Abu Terbang Batubara. In *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (Vol. 3)*.
- Safariska, Z., Dian Kurniasari, F., Kunci, K., Cangkang Kemiri, A., & Campuran, K. (2020). Pengaruh Abu Cangkang Kemiri Sebagai Subtitusi Agregat Halus (Filler) Terhadap Campuran Lapisan Ac-Wc. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Teuku Umar*, 6(1), 10–19.
- Saifulloh, R., & Prima Arga Rumbyarso, Y. (2024). Analisis Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Siput Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC). *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(8), 202–216.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.13268773>
- Sukma Damayanti, A., & Khatulistiani, U. (2022). Pemanfaatan Limbah Bata Ringan Se-bagai Bahan Campuran Pasir Pada Pembuatan Paving Block. 10(2), 61–68.
<https://doi.org/10.30742/axial.v10i2.2481>
- Suradi, Syarifuddin, R., & Sangkar. (2023). Teori dan Aplikasi Bata Ringan (Autoclaved Aerated Concrete) .