

## ANALISIS PERBANDINGAN PENGARUH ZONA LARANGAN PADA PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM NOMOR 28/PRT/M/2007 DENGAN SPESIFIKASI UMUM 2025 NOMOR 07/SE/Db/2025 TERADAP GRADASI LASTON AC

Lalu Muhammad Farid Nabih Akbar<sup>1</sup>, Anwar Efendy<sup>2</sup>, Ahmad Zarkasi<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

[lalufaridnabih@gmail.com](mailto:lalufaridnabih@gmail.com)

### ABSTRACT

#### Keywords:

Prohibited zones;  
Aggregate gradation;  
Laston AC;  
Marshall test.

**Abstract:** The restricted zone in Asphalt Concrete (AC) aggregate gradation serves as a guideline for controlling aggregate size distribution to ensure the mixture possesses appropriate characteristics. This study aims to compare the impact of restricted zone provisions found in the Regulation of the Minister of Public Works No. 28/PRT/M/2007 and the Bina Marga General Specifications No. 07/SE/Db/2025 on the gradation, Marshall characteristics, and optimum asphalt content (OAC) of AC-WC and AC-BC mixtures. Experimental research was conducted at the Civil Engineering Laboratory of Universitas Muhammadiyah Mataram using aggregates from PT Sinar Bali Binakarya and 60/70 penetration grade asphalt. Asphalt content variations were 5–7% for AC-WC (2007 design) and 4.5–6.5% for AC-WC (2025 design), while AC-BC utilized 4.5–6.5%. Three test specimens were prepared for each variation and tested using the Marshall method to determine stability, flow, VIM, VMA, VFB, and Marshall Quotient (MQ). The results indicate that the revised restricted zone provisions in the 2025 General Specifications allow for greater gradation flexibility. Stability values ranged from 1,635–2,194 kg for AC-WC and 1,531–1,867 kg for AC-BC, while flow and MQ parameters for variations meeting the criteria fell within specification limits. The OAC values obtained were 6% for AC-WC (2007), 5.5% for AC-WC (2025), and 5.5% for AC-BC in both designs. These results demonstrate that mixtures passing through the restricted zone can still meet Marshall parameters; thus, the restricted zone is more appropriately viewed as a gradation design guideline rather than the sole indicator of mixture performance.

#### Kata Kunci:

Zona larangan;  
Gradasi agregat;  
Laston AC;  
Uji marshall.

**Abstrak:** Zona larangan pada gradasi agregat campuran Laston Asphalt Concrete (AC) digunakan sebagai pedoman pengendalian distribusi ukuran agregat agar campuran memiliki karakteristik yang sesuai. Penelitian ini bertujuan membandingkan pengaruh ketentuan zona larangan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28/PRT/M/2007 dan Spesifikasi Umum Bina Marga No. 07/SE/Db/2025 terhadap gradasi, karakteristik Marshall, serta kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-WC dan AC-BC. Penelitian dilakukan secara eksperimen di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram menggunakan agregat dari PT Sinar Bali Binakarya dan aspal penetrasi 60/70. Variasi kadar aspal untuk AC-WC adalah 5–7% pada rancangan 2007 dan 4,5–6,5% pada rancangan 2025, sedangkan AC-BC menggunakan 4,5–6,5%. Setiap variasi dibuat tiga benda uji dan diuji dengan metode Marshall untuk memperoleh stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB, dan Marshall Quotient (MQ). Hasil menunjukkan bahwa perubahan ketentuan zona larangan memberikan ruang gradasi yang lebih fleksibel pada Spesifikasi Umum 2025. Stabilitas berada pada rentang 1.635–2.194 kg untuk AC-WC dan 1.531–1.867 kg untuk AC-BC, sementara parameter Flow dan MQ pada variasi yang memenuhi kriteria berada dalam batas spesifikasi. KAO yang diperoleh adalah 6% untuk AC-WC 2007, 5,5% untuk AC-WC 2025, dan 5,5% untuk AC-BC pada kedua rancangan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa campuran yang melewati zona larangan masih dapat memenuhi parameter Marshall, sehingga zona larangan lebih tepat dipandang sebagai pedoman desain gradasi daripada satu-satunya indikator kinerja campuran.

#### Article History:

Received : 01-10-2026

Accepted : 30-11-2026



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



## **A. INTRODUCTION**

Perkerasan jalan merupakan infrastruktur penting yang mendukung mobilitas masyarakat dan aktivitas ekonomi. Pada perkerasan lentur, campuran beraspal panas seperti Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) dan Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) banyak digunakan karena mampu memberikan lapisan yang kuat dan nyaman bagi pengguna jalan. Kinerja campuran beraspal dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti karakteristik agregat, distribusi ukuran butir, kadar aspal, dan tingkat pemadatan. Gradasi agregat berperan dalam menentukan susunan butir, penguncian antartpartikel, volume rongga, serta kebutuhan aspal dalam campuran (Setiawan et al., 2017; Yue et al., 2022).

Dalam desain campuran beraspal, zona larangan (*restricted zone*) digunakan untuk membatasi kombinasi distribusi agregat tertentu. Konsep ini berkembang dalam desain Superpave karena kombinasi ukuran butir yang melewati area tertentu pada kurva gradasi sebelumnya dianggap berpotensi menghasilkan campuran dengan kinerja yang kurang baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh zona larangan tidak selalu bersifat mutlak. Asrorunniam et al. (2025) menunjukkan bahwa variasi gradasi atas, tengah, dan bawah dapat menghasilkan karakteristik Marshall yang berbeda. Penelitian Zhang et al. juga menunjukkan bahwa campuran yang melewati zona larangan tidak selalu memiliki kinerja yang lebih rendah berdasarkan hasil pengujian laboratorium. Temuan tersebut menunjukkan bahwa evaluasi gradasi perlu mempertimbangkan kinerja aktual campuran dan tidak hanya didasarkan pada posisi kurva gradasinya.

Di Indonesia, kajian mengenai zona larangan menjadi semakin relevan karena adanya perubahan ketentuan teknis. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28/PRT/M/2007 menggunakan zona larangan pada beberapa ukuran saringan, sedangkan Spesifikasi Umum Bina Marga No. 07/SE/Db/2025 memberikan pendekatan yang lebih fleksibel terhadap gradasi campuran. Spesifikasi Umum 2025 menjadi salah satu acuan terbaru Direktorat Jenderal Bina Marga dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2025). Perubahan ketentuan tersebut perlu dikaji melalui pengujian laboratorium untuk mengetahui apakah fleksibilitas dalam menentukan gradasi tetap mampu menghasilkan campuran yang memenuhi persyaratan teknis.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa perubahan gradasi agregat dapat memengaruhi stabilitas, VIM, VMA, flow, kekakuan, dan kebutuhan kadar aspal dalam campuran. Yue et al. (2022) menunjukkan bahwa variasi gradasi dapat memengaruhi karakteristik Marshall dan ketahanan campuran terhadap rutting. Li et al. (2022) juga menunjukkan bahwa gradasi agregat berpengaruh terhadap karakteristik volumetrik dan kinerja rutting campuran beraspal. Penelitian terbaru di Indonesia yang dilakukan oleh Jayantara et al. (2026) menunjukkan bahwa variasi gradasi dalam rentang spesifikasi dapat memengaruhi kadar aspal optimum (KAO) dan karakteristik Marshall campuran AC-WC. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perubahan ketentuan gradasi dapat memberikan pengaruh terhadap rancangan dan kinerja campuran. Research gap penelitian ini terletak pada belum banyaknya penelitian yang membandingkan secara langsung ketentuan zona larangan berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28/PRT/M/2007 dengan ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga No. 07/SE/Db/2025 menggunakan material lokal serta mengevaluasinya melalui karakteristik Marshall pada campuran AC-WC dan AC-BC.

Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh perbedaan ketentuan zona larangan terhadap rancangan gradasi, stabilitas, dan karakteristik volumetrik campuran Laston AC. Penelitian ini juga bertujuan mengidentifikasi pengaruh perubahan ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga No. 07/SE/Db/2025 terhadap karakteristik dan kinerja campuran dibandingkan dengan ketentuan tahun 2007. Penelitian ini selanjutnya diarahkan untuk menentukan kadar aspal optimum yang mampu memenuhi persyaratan teknis dengan penggunaan aspal yang lebih efisien.

## B. METHOD

### 1. Lokasi, bahan, dan rancangan penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram. Agregat kasar ukuran 3/4 inci dan 3/8 inci serta abu batu diperoleh dari PT Sinar Bali Binakarya, Desa Mujur, Kecamatan Praya Timur, Kabupaten Lombok Tengah. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 dan filler berupa semen yang lolos saringan No. 200. Pengujian karakteristik agregat meliputi analisis saringan serta berat jenis dan penyerapan sesuai prosedur SNI yang digunakan.

Rancangan penelitian membandingkan dua pendekatan gradasi, yaitu gradasi yang menghindari zona larangan berdasarkan ketentuan 2007 dan gradasi yang dapat melewati zona tersebut berdasarkan Spesifikasi Umum 2025. Campuran yang diteliti adalah AC-WC dan AC-BC. Kadar aspal yang digunakan untuk AC-WC pada rancangan 2007 adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%, sedangkan rancangan 2025 menggunakan 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. AC-BC menggunakan variasi 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Setiap variasi dibuat tiga benda uji.

**Tabel 1.** Ringkasan perbedaan ketentuan campuran

| Parameter        | 2007                       | 2025                                         | Implikasi                               |
|------------------|----------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Zona larangan    | Ada pada beberapa saringan | Tidak digunakan pada fraksi gradasi gabungan | Ruang variasi gradasi lebih fleksibel   |
| AC-WC VIM        | 3,5–5,5%                   | 3,0–5,0%                                     | Batas rongga berubah                    |
| AC-WC stabilitas | ≥800 kg                    | ≥550 kg                                      | Batas minimum berubah                   |
| Flow             | ≥3 mm                      | 2–4 mm                                       | Rentang penerimaan lebih eksplisit      |
| MQ               | ≥250 kg/mm                 | Parameter dievaluasi                         | tetap Kekakuan campuran tetap dikontrol |

(sumber: Pedoman menteri pekerjaan umum 2007 dan menteri pekerjaan umum 2025)

### 2. Pembuatan dan pengujian benda uji

Kadar aspal rencana dihitung dari proporsi agregat kasar (CA), agregat halus (FA), filler (FF), dan konstanta campuran Laston. Nilai Pb yang diperoleh dalam penelitian adalah 6,1% untuk AC-WC 2007, 5,6% untuk AC-WC 2025, serta 5,5% untuk AC-BC pada kedua pendekatan, kemudian dibulatkan ke interval 0,5% untuk menentukan variasi pengujian. Benda uji berbentuk silinder dibuat dengan total material sekitar 1.200 gram dan dipadatkan  $2 \times 75$  tumbukan pada suhu pemadatan sekitar 140°C.

Setelah benda uji didinginkan dan dikeluarkan dari cetakan, dilakukan penimbangan dalam kondisi kering, SSD, dan di dalam air untuk memperoleh parameter volumetrik. Pengujian Marshall dilakukan setelah benda uji direndam dalam water bath pada suhu 60°C

selama sekitar 30–40 menit. Beban diberikan dengan kecepatan sekitar 50 mm/menit hingga diperoleh beban maksimum sebagai stabilitas dan deformasi sebagai Flow. Selanjutnya dihitung VIM, VMA, VFB, dan MQ untuk menentukan variasi yang memenuhi spesifikasi.

## C. RESULTS & DISCUSSION

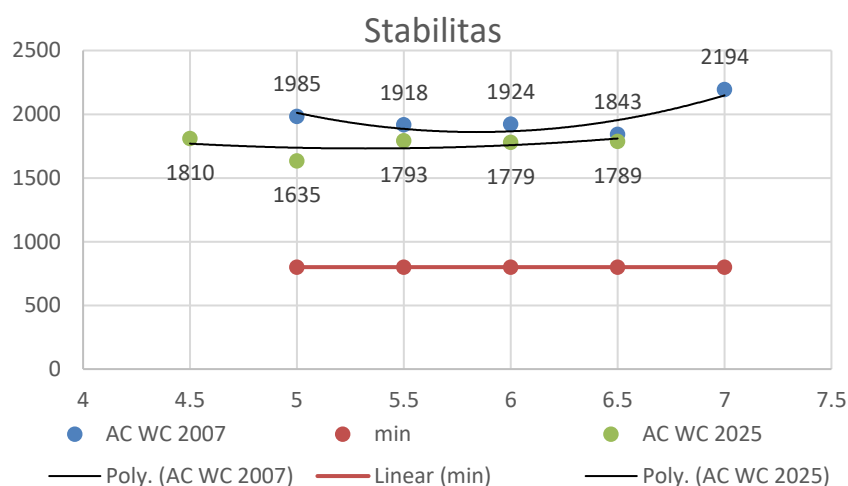
### 1. Karakteristik material dan gradasi

Hasil pengujian menunjukkan berat jenis curah rata-rata agregat kasar 3/4 inci sebesar 2,401 dengan penyerapan 1,293%, agregat kasar 3/8 inci sebesar 2,640 dengan penyerapan 1,138%, dan agregat halus sebesar 2,558 dengan penyerapan 1,379%. Hasil analisis saringan menunjukkan material dapat digunakan untuk rancangan campuran AC-WC dan AC-BC. Perbedaan utama muncul pada penggabungan gradasi terhadap zona larangan. Pada pendekatan 2007, kurva gradasi dikendalikan agar tidak melewati area yang ditetapkan, sedangkan pendekatan 2025 memberikan ruang untuk gradasi yang lebih beragam.

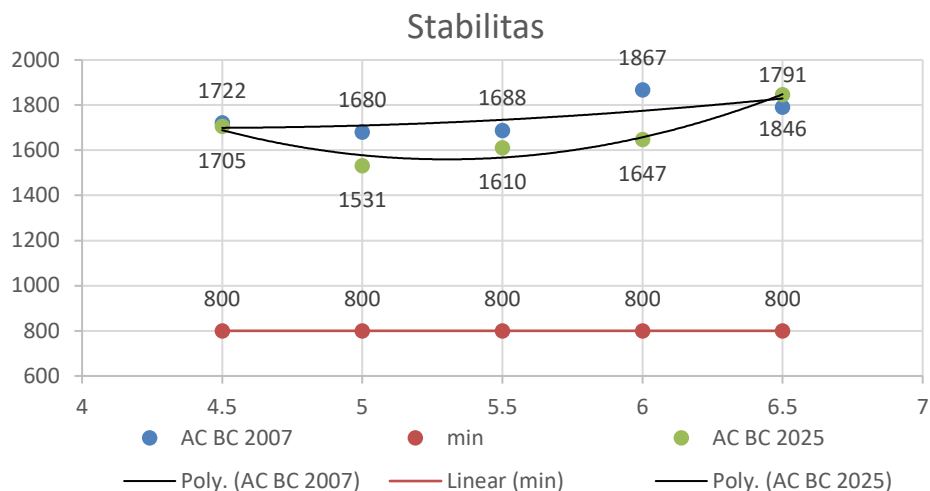
Temuan ini sejalan dengan studi Asrorunniam dkk. (2025) yang menunjukkan bahwa posisi gradasi dapat memengaruhi stabilitas, Flow, dan kepadatan, tetapi tidak berarti satu posisi gradasi selalu menjadi satu-satunya pilihan. Jayantara dkk. (2026) juga menemukan bahwa variasi gradasi dalam batas spesifikasi memengaruhi KAO, VIM, stabilitas, dan kekakuan AC-WC. Dengan demikian, perubahan ketentuan zona larangan perlu dibaca bersama parameter kinerja campuran.

### 2. Karakteristik Marshall

Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa stabilitas AC-WC pada gradasi 2007 berada pada rentang 1.843–2.194 kg, sedangkan gradasi 2025 berada pada 1.635–1.810 kg. Untuk AC-BC, stabilitas pada gradasi 2007 berada pada 1.680–1.867 kg dan pada gradasi 2025 sebesar 1.531–1.846 kg. Seluruh nilai stabilitas tersebut berada di atas batas minimum yang digunakan dalam evaluasi masing-masing spesifikasi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa melewati zona larangan tidak otomatis menyebabkan campuran kehilangan stabilitas.



**Gambar 1.** Stabilitas Marshall terhadap kadar aspal AC-WC berdasarkan hasil penelitian



**Gambar 2.** Stabilitas Marshall terhadap kadar aspal AC-BC berdasarkan hasil penelitian

Nilai Flow AC-WC pada gradasi 2007 adalah 3,58–3,97 mm, sedangkan gradasi 2025 sebesar 3,23–3,84 mm. Pada AC-BC, Flow gradasi 2007 sebesar 3,13–3,93 mm dan gradasi 2025 sebesar 3,14–3,35 mm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa variasi yang dipilih masih berada pada rentang penerimaan yang digunakan dalam penelitian. Hasil ini konsisten dengan penelitian Nofrianto dkk. (2025) yang memperlihatkan bahwa variasi ukuran dan distribusi agregat dapat menghasilkan perbedaan stabilitas, Flow, VIM, dan KAO.

Nilai VIM menunjukkan respons yang lebih sensitif terhadap perubahan kadar aspal dan gradasi. Pada AC-WC 2007, VIM berada antara 4,26–6,48%, sedangkan pada 2025 antara 2,60–5,71%. Pada AC-BC 2007 diperoleh 2,98–5,12% dan pada 2025 sebesar 3,19–6,58%. Beberapa variasi tidak memenuhi batas VIM, sehingga pemilihan campuran tidak cukup hanya berdasarkan stabilitas. Hal ini mendukung temuan Yue dkk. (2022) dan Li dkk. (2022) bahwa perubahan gradasi dapat mengubah struktur rongga dan respons campuran terhadap beban serta lingkungan.

Marshall Quotient (MQ) seluruh variasi yang dievaluasi berada pada kisaran yang tinggi dibanding batas minimum 250 kg/mm. AC-WC 2007 menghasilkan MQ sekitar 464–562 kg/mm dan AC-WC 2025 sekitar 425–554 kg/mm. AC-BC 2007 menghasilkan sekitar 460–582 kg/mm, sedangkan AC-BC 2025 sekitar 472–565 kg/mm. Nilai tersebut menunjukkan campuran memiliki kekakuan yang cukup, tetapi interpretasi kinerja tetap perlu mempertimbangkan Flow dan VIM agar campuran tidak terlalu kaku maupun terlalu berongga.

### 3. Kadar aspal optimum

**Tabel 2. Kadar aspal optimum hasil penelitian**

| Jenis campuran | Pendekatan | KAO  | Variasi yang memenuhi |
|----------------|------------|------|-----------------------|
| AC-WC          | 2007       | 6,0% | 5,5%; 6%; 6,5%; 7%    |
| AC-WC          | 2025       | 5,5% | 5,5%; 6%              |
| AC-BC          | 2007       | 5,5% | 4,5%; 5%; 5,5%        |
| AC-BC          | 2025       | 5,5% | 5%                    |

(sumber: Hasil penelitian 2026)

Berdasarkan keseluruhan parameter Marshall yang dipertimbangkan dalam penelitian, KAO AC-WC pada pendekatan 2007 adalah 6%, sedangkan pada pendekatan 2025 sebesar 5,5%. Untuk AC-BC, KAO yang diperoleh adalah 5,5% pada kedua pendekatan. Perbedaan AC-WC menunjukkan bahwa pendekatan gradasi 2025 berpotensi menggunakan kadar aspal lebih rendah tanpa menghilangkan pemenuhan parameter teknis pada variasi yang dipilih. Temuan ini selaras dengan penelitian Jayantara dkk. (2026) yang menunjukkan bahwa perubahan gradasi dapat mengubah kebutuhan kadar aspal optimum.

Dari sudut pandang desain, hasil penelitian memperlihatkan bahwa zona larangan tidak dapat digunakan sebagai indikator tunggal kinerja. Penelitian Asrorunniam et al. (2025) dan Yue dkk. (2022) juga menunjukkan bahwa gradasi yang berada di sekitar atau di luar area pembatas masih perlu dinilai melalui karakteristik Marshall dan kinerja campuran. Dengan demikian, fleksibilitas Spesifikasi Umum 2025 dapat dimanfaatkan selama campuran tetap dikontrol melalui parameter volumetrik dan mekanis yang dipersyaratkan.

#### **D. CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS**

Perbedaan ketentuan zona larangan antara Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 28/PRT/M/2007 dan Spesifikasi Umum Bina Marga No. 07/SE/Db/2025 memberikan pengaruh terhadap rancangan gradasi Laston AC. Ketentuan 2007 lebih membatasi distribusi agregat melalui zona larangan, sedangkan ketentuan 2025 memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam penyusunan gradasi. Berdasarkan pengujian Marshall, campuran yang melewati zona larangan tetap dapat menghasilkan stabilitas, Flow, MQ, dan sebagian besar parameter volumetrik yang memenuhi kriteria yang digunakan dalam penelitian.

Stabilitas berada pada rentang 1.635–2.194 kg untuk AC-WC dan 1.531–1.867 kg untuk AC-BC, sedangkan KAO yang diperoleh adalah 6% untuk AC-WC 2007, 5,5% untuk AC-WC 2025, dan 5,5% untuk AC-BC pada kedua pendekatan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pendekatan 2025 berpotensi memberikan fleksibilitas gradasi dan efisiensi penggunaan aspal, tetapi pemilihan campuran tetap harus didasarkan pada evaluasi bersama terhadap stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB, dan MQ. Dengan demikian, zona larangan lebih tepat diposisikan sebagai pedoman desain gradasi, bukan satu-satunya penentu kinerja.

Penggunaan Kadar Aspal Optimum (KAO) berpengaruh terhadap efisiensi biaya tanpa mengurangi kinerja teknis campuran. Pada penelitian ini, KAO yang di dapatkan sebesar 6% untuk AC-WC yang menghindari daerah zona larangan pada grafik gradasi gabungan sedangkan untuk AC-WC yang melewati daerah zona larangan mendapatkan kadar aspal optimal (KAO) sebesar 5,5%. KAO yang di dapatkan sebesar 5,5% untuk AC-BC yang menghindari daerah zona larangan pada grafik gradasi gabungan sedangkan untuk AC-BC yang melewati daerah zona larangan mendapatkan kadar aspal optimal (KAO) sebesar 5,5%. terbukti mampu menghasilkan campuran yang memenuhi sebagian besar parameter Marshall. Dengan kadar aspal yang relatif lebih rendah namun tetap memenuhi spesifikasi, penggunaan material aspal dapat dioptimalkan sehingga memberikan keuntungan secara ekonomis tanpa mengorbankan kualitas dan kinerja campuran.

## REFERENCES

- Al-Mansoori, T., Dulaimi, A., Shanbara, H. K., & Musa, S. S. (2021). *Marshall* parameters of hot mix asphalt with variable filler types and aggregate gradations. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1090,012038. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1090/1/012038>
- Asrorunniam, A. F., Hadi, M. A., & Apriliyanti, H. R. (2025). Investigasi pengaruh zona larangan pada gradasi Superpave terhadap standar *Marshall*. Jurnal Transportasi, 24(3),199–208. <https://doi.org/10.26593/jtrans.v24i3.9105.199-208>
- Bi, Y., Mu, M., Zeng, L., Ding, T., Qian, C., Yu, D., & Jiang, Y. (2024). Development and road performance verification of aggregate gradation for large stone asphalt mixture. Materials, 17(23), 5712. <https://doi.org/10.3390/ma17235712>
- Fu, Z., Zhang, S., Chen, W., & Rong, H. (2024). Gradation optimization of AC-20 asphalt mixture based on the fuzzy analytic hierarchy process and comprehensive evaluation method. Frontiers in Materials, 11, 1423835. <https://doi.org/10.3389/fmats.2024.1423835>
- Jayantara, I. W. P., Herdianti, W., Lokantara, I. G. W., Munthe, A. D. A., & Simanjuntak, R. (2026). Aggregate gradation influence on *Marshall* and stiffness of AC-WC mixtures. Jurnal Ilmiah Telsinas Elektro, Sipil dan Teknik Informasi, 9(1), 1–12. <https://doi.org/10.38043/telsinas.v9i1.7580>
- Kosparmakova, S., Shashpan, Z. A., & Guler, M. (2024). Effect of aggregate gradation on asphalt concrete properties. Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra, 330(1), 34–43. <https://doi.org/10.31643/2024/6445.04>
- Li, W., Cao, W., Ren, X., Lou, S., Liu, S., & Zhang, J. (2022). Impacts of aggregate gradation on the volumetric parameters and rutting performance of asphalt concrete mixtures. Materials, 15(14), 4866. <https://doi.org/10.3390/ma15144866>
- Mahmuda, M., Wiranata, D. Y., Sumiati, Agustina, D. A., & Insyra, A. R. (2024). Evaluating *Marshall* characterization of rubber-modified asphalt used for asphalt concrete-wearing course (AC-WC). Proceedings of the 7th FIRST 2023 International Conference on Global Innovations, 539–548. [https://doi.org/10.2991/978-94-6463-386-3\\_55](https://doi.org/10.2991/978-94-6463-386-3_55)
- Nofrianto, H., Aprilio, Y., & Mulyati. (2025). The effect of aggregate gradation on the characteristics of AC-WC hot asphalt mixture based on *Marshall* testing. Journal of Technology and Vocational Studies, 3(2), 141–153. <https://doi.org/10.21063/jtv.2025.3.2.141-153>
- Setiawan, A., Suparma, L. B., & Mulyono, A. T. (2017). Indeks gradasi sebagai parameter untuk menentukan gradasi agregat beton aspal. Jurnal Transportasi, 17(1). <https://doi.org/10.26593/jtrans.v17i1.2700>
- Zhang, J., Cooley, L. A., Jr., Hurley, G., & Parker, F. (2004). Effect of Superpave defined restricted zone on hot-mix asphalt performance. Transportation Research Record, 1891(1). <https://doi.org/10.3141/1891-13>
- Zhu, Y., et al. (2021). A new method for the aggregate proportion calculation and gradation optimization of asphalt-treated base (ATB-25). Mathematical Problems in Engineering, 2021, 9709070. <https://doi.org/10.1155/2021/9709070>
- Yue, Y., Abdelsalam, M., & Eisa, M. S. (2022). Aggregate gradation variation on the properties of asphalt mixtures. Coatings, 12(11), 1608. <https://doi.org/10.3390/coatings12111608>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2025). Spesifikasi Umum 2025 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 07/SE/Db/2025). Kementerian Pekerjaan Umum.
- Kementerian Pekerjaan Umum. (2007). Pedoman pelaksanaan lapis campuran beraspal panas (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 28/PRT/M/2007).