

INVESTIGASI PENGARUH ZONA LARANGAN PADA GRADASI SUPERPAVE TERHADAP STANDAR MARSHALL

Muhamad Abdul Hadi
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman,
Yogyakarta
muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id

Humnah Rizqi Apriliyanti
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman,
Yogyakarta
20511129@students.uui.ac.id

Ahmad Farhan Asrorunniam
Jurusan Teknik Sipil
Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang Km 14.5, Sleman,
Yogyakarta
20511444@students.uui.ac.id

Abstract

The Superpave gradation in asphalt mix design often sparks debates regarding the existence of restricted zones within its gradation. This study explores this issue by evaluating the impact of upper, middle, and lower gradation limits on the performance of asphalt mixtures, specifically stability, rutting, and density values. The experimental method employed in this research is the Marshall Method. The results show that the upper gradation provides the highest stability, rutting, and density, making it the optimal choice for heavy traffic conditions. However, the middle gradation also shows good performance, although the upper gradation remains the best choice. The middle gradation can be used as a suitable alternative, with a 10.66% difference in stability, 3.03% differences in rutting, and 7.25% differences in density compared to the lower gradation. This study contributes to the refinement of the Superpave asphalt mix design method, providing evidence-based recommendations for optimum asphalt mix designs.

Keywords: *Superpave, Restricted Zone, Marshall Method, Stability, Flow, Density*

Abstrak

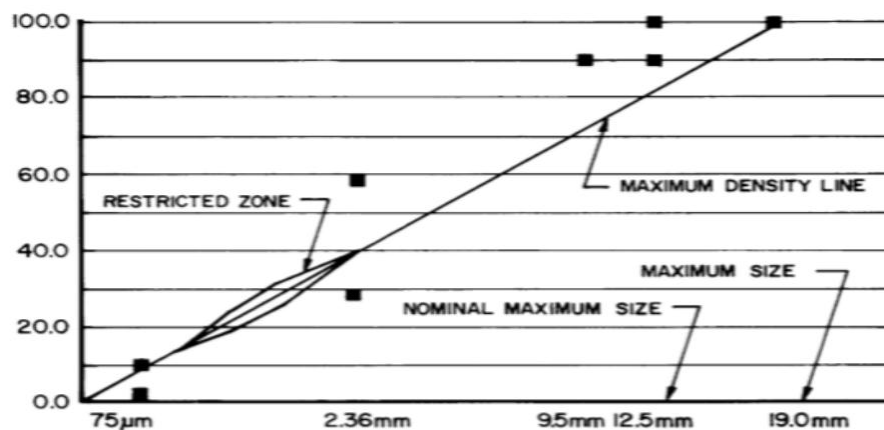
Gradasi Superpave dalam desain campuran aspal seringkali memicu perdebatan mengenai keberadaan zona larangan dalam gradasinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi masalah tersebut dengan mengevaluasi pengaruh batas gradasi atas, tengah, dan bawah terhadap kinerja campuran aspal, khususnya stabilitas, kelelahan, dan nilai kepadatan. Metode eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan Metode Marshall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa gradasi atas memberikan stabilitas, kelelahan, dan kepadatan yang tertinggi sehingga menjadikannya pilihan yang optimum untuk kondisi lalu lintas berat. Namun, gradasi tengah juga menunjukkan performa baik walaupun gradasi atas tetap menjadi pilihan terbaik. Gradasi tengah dapat digunakan sebagai alternatif yang memadai dimana memiliki perbedaan 10,66% untuk nilai stabilitas, 3,03% untuk nilai kelelahan, dan 7,25% untuk nilai kepadatan dibandingkan dengan gradasi bawah. Penelitian ini berkontribusi pada penyempurnaan metode desain campuran aspal Superpave, memberikan rekomendasi berbasis bukti untuk desain campuran aspal optimum.

Kata Kunci: Superpave, Zona Larangan, Metode Marshall, Stabilitas, Kelelahan, Kepadatan

PENDAHULUAN

Gradasi Superpave (*Superior Performing Asphalt Pavements*) telah menjadi standar dalam desain campuran aspal untuk proyek-proyek konstruksi jalan raya modern. Gradasi ini dikembangkan untuk meningkatkan kinerja dan durabilitas perkerasan jalan dengan mempertimbangkan berbagai faktor lingkungan dan beban lalu lintas yang berbeda. Salah satu komponen kunci dalam metode Superpave adalah gradasi agregat, yang mempengaruhi sifat mekanis campuran aspal seperti stabilitas, ketahanan aus, dan ketahanan retak (Ji dkk., 2023).

Hasil penerapan gradasi ini telah dibuktikan pada beberapa penelitian yang diantaranya dilakukan oleh (Al-Khateeb dkk., 2017), (Karahancer dkk., 2018), (Hadi dan Fauziah, 2022), dan (Rahman, 2023). Dibalik keunggulan kinerja perkerasan Superpave, terdapat beberapa pendapat yang tidak senada akan adanya pengaruh zona gradasi larangan atau zona batas gradasi tengah. (Kandhal dan Cooley, 2001). Zona larangan ini merupakan area di mana penggunaan kombinasi tertentu dari ukuran partikel agregat diyakini dapat mengurangi kinerja campuran aspal. Sebagian penelitian mendukung keberadaan zona larangan sebagai cara untuk menghindari kombinasi yang buruk dan mengoptimalkan performa jalan, sementara penelitian lain berpendapat bahwa zona ini tidak diperlukan dan bahkan dapat menghambat inovasi dalam desain campuran. Adapun zona gradasi larangan pada perkerasan Superpave dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Zona Gradasi Larangan pada Superpave

Sumber: Strategic Highway Research Program (SHRP) A-407 (1994)

Gradasi Superpave sendiri dirancang untuk menyesuaikan gradasi agregat agar sesuai dengan kondisi lokal, baik dari segi iklim maupun beban lalu lintas (Zumrawi dan Edrees, 2019). Teori di balik gradasi ini adalah bahwa distribusi ukuran partikel agregat yang tepat dapat membantu dalam mencapai campuran aspal yang stabil dan tahan lama. Namun, dengan adanya perbedaan pandangan mengenai zona larangan, penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan pengaruh dari setiap batas gradasi, yaitu batas atas, batas tengah, dan batas bawah, terhadap kinerja campuran aspal.

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh dari setiap batas gradasi (batas atas, batas tengah, dan batas bawah) dalam metode Superpave terhadap kinerja campuran aspal. Penelitian ini akan mengevaluasi bagaimana setiap batas gradasi mempengaruhi stabilitas, kelelahan, dan kepadatan atau yang biasa disebut dengan standar marshall. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan perbandingan dalam penerapan metode desain campuran aspal Superpave. Dengan mengevaluasi secara komprehensif setiap batas gradasi, penelitian ini dapat membantu mengklarifikasi peran zona larangan dan memberikan rekomendasi yang lebih akurat untuk praktik desain campuran aspal.

Penelitian ini akan mencakup evaluasi eksperimental dari campuran aspal yang dirancang mengikuti batas atas, batas tengah, dan batas bawah dari gradasi Superpave. Uji kinerja akan dilakukan untuk menilai stabilitas, kelelahan, dan kepadatan setiap campuran,

dengan fokus pada jenis agregat dan aspal yang umum digunakan di Lokasi D.I.Yogyakarta, yaitu aspal Pen 60/70 dan agregat clereng.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan agregat kasar, agregat halus dan filler yang berasal dari Clereng, Kulon Progo serta menggunakan bahan ikat Pen 60/70. Pengujian karakteristik Marshall ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Tahapan awal penelitian yaitu melakukan pengujian properties material dan dilanjutkan dengan menentukan campuran proporsi agregat pada setiap gradasi yang akan digunakan. Kemudian menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO) dari setiap gradasinya, lalu membuat benda uji berdasarkan nilai KAO yang telah ditentukan. Selanjutnya akan dilakukan pengujian Standar Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas, kelelahan, dan kepadatan dari penggunaan gradasi tersebut pada perkerasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Karakteristik Material

Hasil pengujian karakteristik bahan campuran Superpave dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Hasil Pengujian Aspal

Parameter	Spek.	Hasil
Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,034
Penetrasi (0,1 mm)	60-70	63,2
Daktilitas (cm)	≥ 100	165
Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	320
Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	330
Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48
Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,995

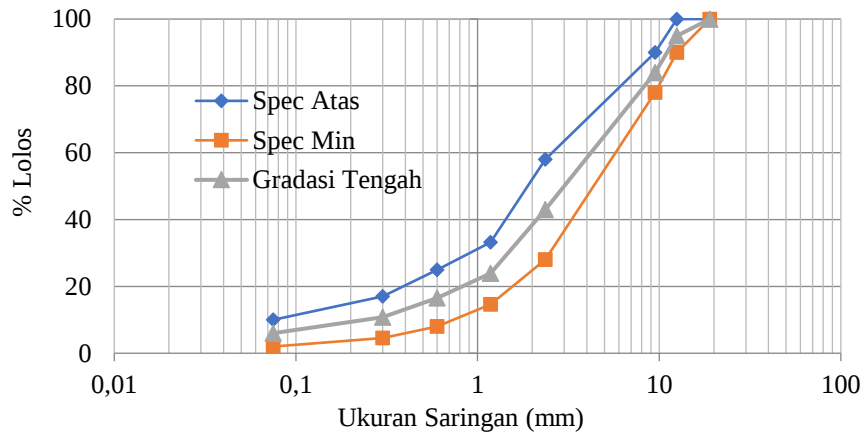
Tabel 1 memperlihatkan hasil pengujian material aspal, dengan hasil uji yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Sementara itu, Tabel 2 menyajikan hasil pengujian agregat yang akan digunakan pada campuran beraspal nantinya. Hasil pengujian aggregate ini juga memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga (2018).

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat

Parameter	Spek.	Hasil
Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,771
Penyerapan Terhadap Air (%)	≤ 3	2,253
Keausan dengan Mesin Loss Angeless (%)	≤ 40	19,4
Sand Equivalent (%)	≥ 50	93,3

Penentuan Gradasi Rencana

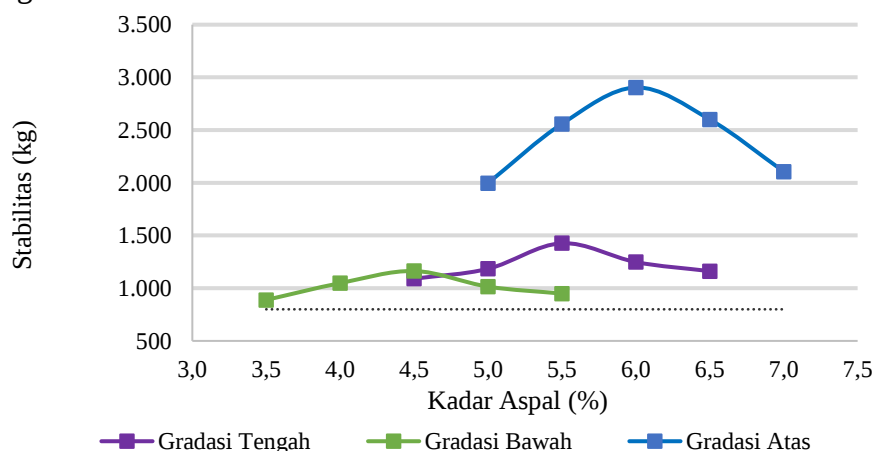
Agregat dan aspal digabungkan untuk menghasilkan material yang akan digunakan sebagai kombinasi campuran Superpave berdasarkan spesifikasi SHRP A-407 (1994). Rencana gradasi agregat pada ketiga jenis batas gradasi dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Gradasi Rencana Superpave

Karakteristik Marshall terhadap Berbagai Kadar Aspal

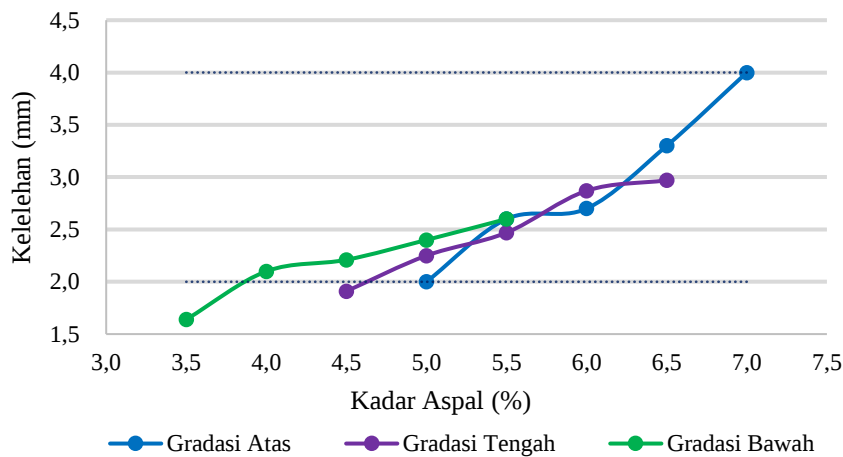
Hasil dari pengujian karakteristik *Marshall* yang didapat ialah nilai Stabilitas, Kelelehan, *Marshall Quetient (MQ)*, *Void In Total Mix (VITM)*, *Void In Mineral Agregate (VMA)*, dan *Void Filled With Asphalt (VFWA)*. Perkiraan kadar aspal yang digunakan pada campuran Superpave batas atas adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, kadar aspal untuk batas tengah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan kadar aspal untuk batas bawah 3,5%, 4%, 4,5%, 5%, 5,5%. Hasil dari pengujian Standar Marshall dengan berbagai kadar aspal ditunjukkan pada Gambar 3 sampai dengan Gambar 8.



Gambar 3 Grafik Nilai Stabilitas terhadap Berbagai Kadar Aspal

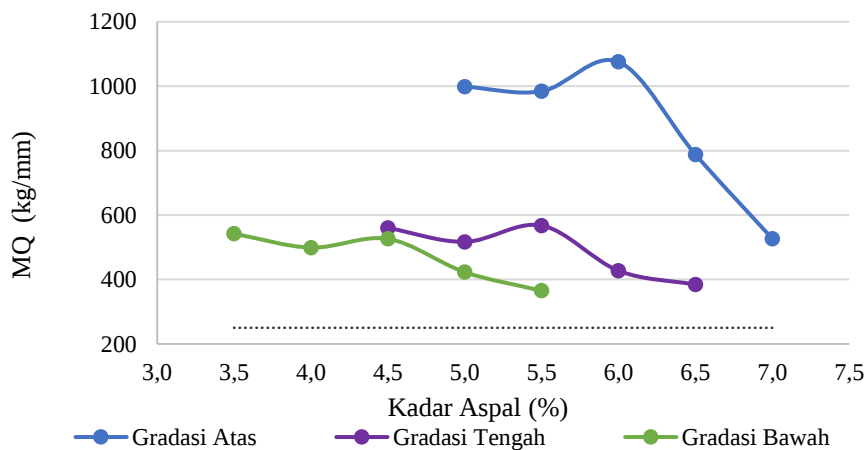
Gambar 3 memperlihatkan bahwa untuk parameter stabilitas, nilai stabilitas disetiap kadar gradasi memenuhi syarat minimum yaitu 800 kg. Terlihat perbedaan yang cukup jauh antara nilai stabilitas pada gradasi tengah dan gradasi atas.

Namun hal yang berbeda terjadi pada parameter kelelehan disetiap gradasi. Nilai kelelehan yang memenuhi spesifikasi dari gradasi atas mulai dari kadar 5% - 7%, gradasi tengah mulai dari kadar aspal 4,6% - 6,5%, sedangkan gradasi bawah mulai dari kadar aspal 3,9% - 5,5%. Nilai kelelehan untuk kadar aspal 3,5% dan 4,5% untuk gradasi bawah dan tengah ada yang masih belum memenuhi.



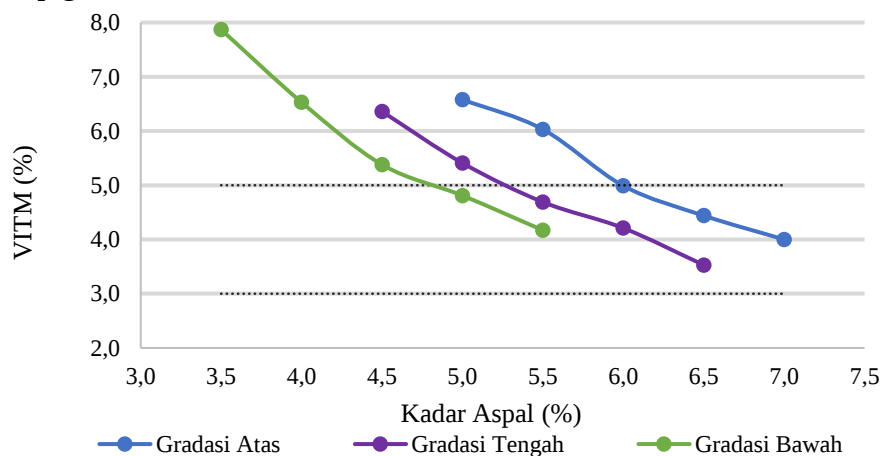
Gambar 4 Grafik Nilai Kelelahan terhadap Berbagai Kadar Aspal

Sementara itu untuk parameter MQ, didapatkan bahwa keseluruhan gradasi memenuhi spesifikasi yaitu berada diatas nilai 250 kg/mm, seperti terlihat pada Gambar 5.



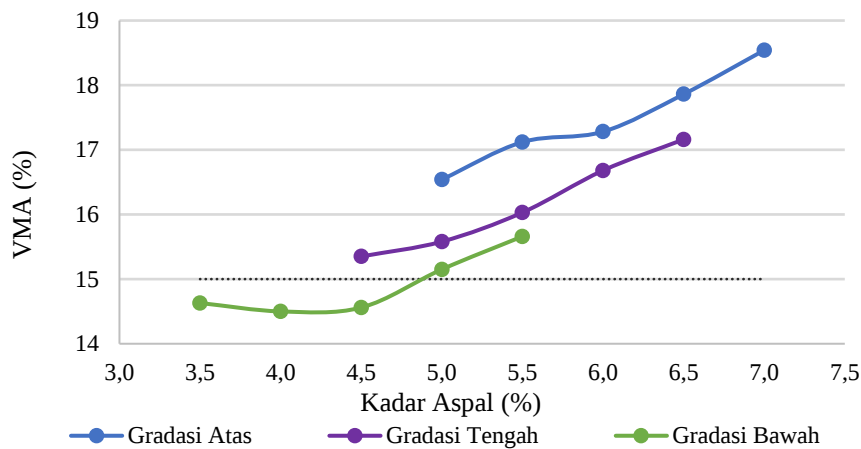
Gambar 5 Nilai MQ terhadap Berbagai Kadar Aspal

Gambar 5 memperlihatkan nilai yang signifikan berbedanya antar gradasi bawah dan tengah terhadap gradasi atas.



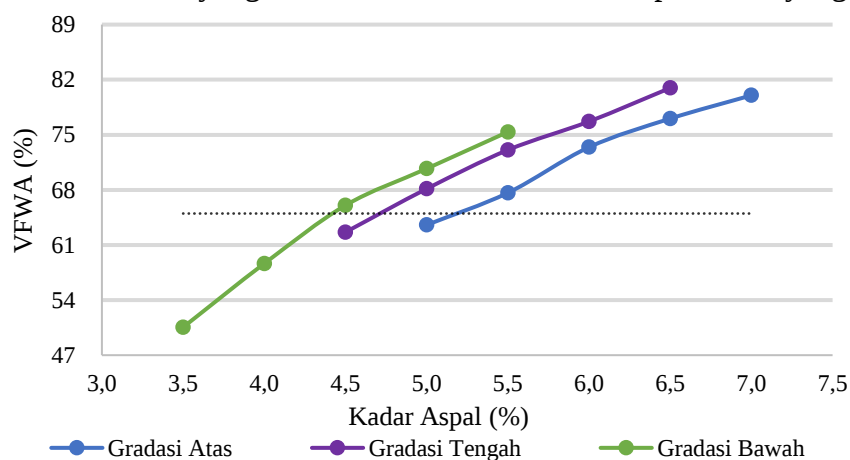
Gambar 6 Nilai VITM terhadap Berbagai Kadar Aspal

Seperti terlihat pada Gambar 6, pada kondisi volumetrik, dapat dilihat pula bahwa untuk parameter VITM pada gradasi atas yang memenuhi syarat adalah pada rentang kadar aspal 6% - 7%, gradasi tengah pada rentang kadar kadar aspal 5,2% - 6,5%, dan pada gradasi bawah mulai pada rentang kadar aspal 4,8% - 5,5%.



Gambar 7 Nilai VMA terhadap Berbagai Kadar Aspal

Gambar 7 menunjukkan bahwa pada volumetrik VMA, yang memasuki spesifikasi minimal 15% dari gradasi atas adalah mulai pada kadar aspal 5% - 7%, gradasi tengah mulai pada kadar aspal 4,5% - 6,5%, dan gradasi bawah mulai pada kadar aspal 5% - 5,5%. Gradasi bawah banyak memiliki nilai yang masih belum memenuhi dari spesifikasi yang ditentukan.



Gambar 8 Nilai VFWA terhadap Berbagai Kadar Aspal

Sementara itu Gambar 8 memperlihatkan nilai VFWA dengan batas minimal 65%, yang memenuhi spesifikasi dari gradasi atas mulai dari kadar aspal 5,6% - 7%, gradasi tengah mulai dari kadar aspal 4,7% - 6,5%, dan gradasi bawah mulai dari kadar aspal 4,4% - 5,5%.

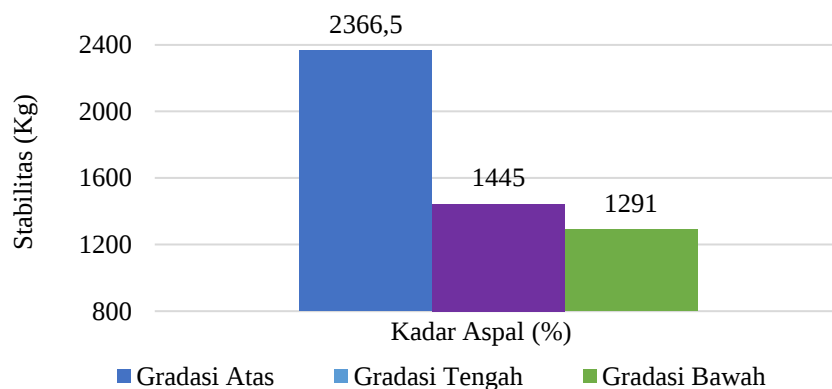
Berdasarkan dari hasil pengujian terhadap berbagai kadar aspal, maka dapat ditetapkan bahwa nilai KAO pada masing – masing gradasi adalah 6,3% untuk campuran gradasi batas atas, 5,9% untuk campuran gradasi batas tengah, dan 5,3% untuk campuran gradasi batas bawah.

Karakteristik Standar Marshall

Karakteristik standar Marshall yang menjadi tinjauan utama pasca kondisi KAO pada penelitian ini adalah antara lain nilai stabilitas, nilai kelelehan, dan nilai kepadatan dari masing-masing perkerasan berdasarkan penggunaan gradasi.

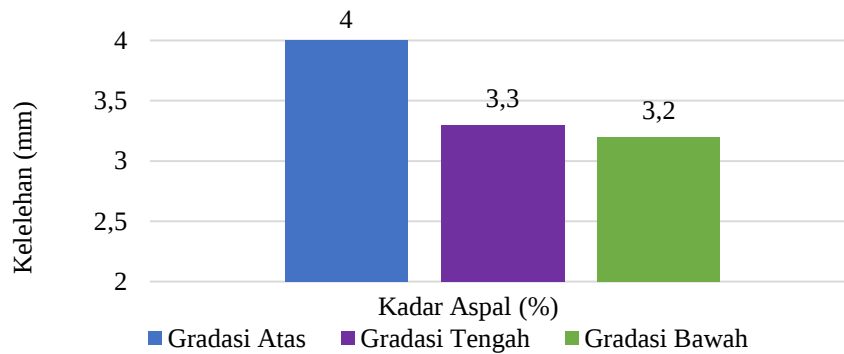
Dalam desain perkerasan jalan, nilai stabilitas merupakan indikator kunci dari kemampuan campuran aspal untuk menahan beban tanpa mengalami deformasi permanen. Nilai ini mencerminkan seberapa efektif campuran dapat mengatasi tekanan lalu lintas yang berat tanpa mengalami kerusakan seperti rutting atau penyusutan jalur. Stabilitas yang tinggi penting untuk memastikan kekuatan struktural perkerasan, yang berdampak langsung pada daya tahan dan keselamatan jalan.

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Gambar 9, dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada campuran bergradasi atas Superpave secara signifikan lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran bergradasi tengah dan maupun bergradasi bawah Superpave. Perbedaan ini dikarenakan gradasi atas biasanya memiliki distribusi ukuran agregat yang lebih seragam dan seimbang (Choubdar, 2024). Hal ini mengartikan bahwa partikel-partikel agregat lebih mampu saling mengunci dan membentuk struktur yang lebih padat dan stabil. Pada gradasi tengah dan gradasi bawah distribusi ukuran agregat tergolong tidak merata, hal ini mengakibatkan ikatan yang lebih lemah antara partikel. Namun, apabila dilihat dari presentase perbandingannya, gradasi batas tengah atau zona larangan ini memiliki nilai stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan batas bawah yaitu sekitar 10,66%.



Gambar 9 Diagram Nilai Stabilitas Perbandingan Setiap Gradasi

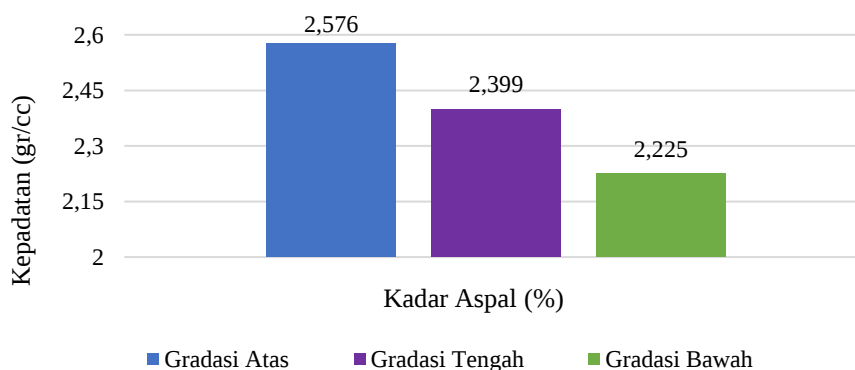
Dampak kelelehan terhadap kinerja aspal sangat signifikan. Kelelehan yang terlalu tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal terlalu plastis dan dapat mengalami deformasi permanen di bawah beban lalu lintas, menyebabkan *rutting* atau penurunan permukaan jalan pada jalur roda kendaraan. Sebaliknya, kelelehan yang terlalu rendah menunjukkan bahwa campuran aspal terlalu kaku dan mungkin tidak cukup fleksibel untuk menyesuaikan diri dengan deformasi lalu lintas, yang dapat menyebabkan retakan.



Gambar 10 Nilai Kelelehan Perbandingan Setiap Gradasi

Pada Gambar 10, dapat dilihat bahwa nilai kelelehan gradasi batas atas memiliki dominasi nilai dibandingkan dua gradasi lainnya yaitu 17,5% terhadap gradasi tengah dan 20% terhadap gradasi bawah. Kondisi ini disebabkan oleh banyaknya agregat halus yang dimiliki oleh gradasi atas sehingga campuran menjadi lebih plastis karena butiran halus mengisi ruang antara butiran yang lebih besar (Hadi dkk., 2021). Sedangkan gradasi tengah dan bawah lebih banyak agregat kasar dibandingkan agregat halusnya dan gradasi tengah terdistribusi dengan merata.

Gambar 11 memperlihatkan bahwa nilai kepadatan untuk ketiga jenis gradasi tidak jauh signifikan berbeda, gradasi tengah atau zona larangan hanya memiliki perbedaan 6,87% lebih rendah dibandingkan dengan nilai kepadatan gradasi atas dan 7,25% lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kepadatan gradasi bawah, sehingga penggunaan gradasi tengah masih sangat memungkinkan untuk digunakan. Nilai kepadatan yang tinggi menunjukkan campuran aspal yang lebih padat, dengan sedikit ruang kosong antara partikel agregat dan aspal, yang meningkatkan durabilitas dan umur panjang jalan dengan mengurangi risiko penetrasi air dan udara serta oksidasi. Campuran aspal yang padat memiliki stabilitas struktural yang lebih baik, mampu menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi signifikan, sehingga mencegah masalah seperti rutting dan shoving. Sebaliknya, apabila kepadatan yang terlalu rendah dapat menyebabkan munculnya pori-pori dan void yang berlebihan, membuat campuran rentan terhadap kerusakan akibat air dan lalu lintas.



Gambar 11 Diagram Nilai Kepadatan Perbandingan Setiap Gradasi

Selain itu, jalan dengan kepadatan yang baik menawarkan permukaan yang lebih halus dan konsisten, meningkatkan kenyamanan berkendara dan mengurangi keausan kendaraan. Kepadatan yang tepat juga dapat mengurangi kebutuhan pemeliharaan jalan yang sering, karena

jalan yang lebih padat cenderung lebih tahan lama dan memerlukan perbaikan yang lebih sedikit. Efisiensi ekonomi juga dicapai dengan kepadatan yang optimal, karena penggunaan material menjadi lebih efisien, menghemat biaya tanpa mengorbankan kinerja. Secara keseluruhan, memastikan kepadatan yang tepat selama proses konstruksi jalan sangat penting untuk menghasilkan jalan yang tahan lama, aman, dan ekonomis dalam jangka panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan pada nilai stabilitas, kelelahan dan kepadatan gradasi batas atas menunjukkan nilai yang dominan lebih tinggi dibandingkan dengan gradasi batas tengah (zona larangan) dan gradasi batas bawah. Namun, dapat dilihat pula bahwa penggunaan gradasi tengah tidak serta merta memiliki dampak yang buruk. Penggunaan gradasi ini nyatanya memiliki nilai yang lebih unggul dibandingkan dengan nilai gradasi bawah secara keseluruhan yaitu 10,66% pada parameter stabilitas, 3,03% pada parameter kelelahan, dan 7,25% pada parameter kepadatan. Selanjutnya, secara persentase gradasi ini juga tidak terlalu berbeda secara signifikan apabila dibandingkan dengan gradasi atas yaitu hanya memiliki perbedaan 17,5% pada parameter kelelahan dan 6,87% pada parameter kepadatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada pihak Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia selaku penyelenggara dan pemberi biaya pada Program Penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO Designation: M 323-07. *Superpave Volumetric Mix design*. 2017.
- Al-Khateeb, G. G., Ghuzlan, K. A., dan Al-Barqawi, M. O. 2017. *Effect of Superpave Restricted Zone on Volumetric and Compaction Properties of Asphalt Mixtures*. International Journal of Pavement Research and Technology 2017. Jordan.
- Choubdar, S. 2024. *Laboratory Evaluation of the Performance of Hot Mix Asphalt Made with Kaolin as a Filler with the Superpave Aggregates Gradation*. Journal of Transportation Research. Iran.
- Hadi, M. A., dan Fauziah, M. 2022. *Studi Komparasi Prediksi Umur Pelayanan Antara Campuran Superpave dan AC-WC Menggunakan Permodelan Viskoelastik dan Elastik*. Jurnal Teknisia. E-ISSN: 2746-0185. Vol. 27, No. 02, November 2022, pp.071-082. Yogyakarta.
- Hadi, M. A., Fauziah, M., dan Subarkah. 2021. *Comparative Study of Marshall Properties and Durability of Superpave and AC-WC Pavement by Using Starbit E-55 and Pen 60/70*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 933,1,012003,2021, IOP Publishing. Yogyakarta.
- Ji, T., Hao, P., She, H., Yang, K., Li, H., Wang, D., Kang, R., Liu, J. 2023. *Durability Behavior of Asphalt Mixtures regarding Material Properties and Gradation Type*. United State.
- Kandhal, P., dan Cooley, L. 2001. *The restricted zone in the Superpave aggregate gradation specification*. National Cooperative Highway Research Program NCHRP Report 464. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council.

- Karahancer, S., Eriskin, E., Capali, B., Saltan, M., dan Terzi, S. 2018. *Superpave Volumetric Mix Design Of Hot Mix Asphalt: Case Study Of Isparta*. Journal of Engineering Sciences and Design. e-ISSN: 1308-6693. Turkey.
- Rahmad, I. Y. 2023. *Pengaruh Substitusi Fly Ash sebagai Filler terhadap Karakteristik Campuran Superpave dengan Bahan-ikat Pen 60/70 dan Starbit Pg-70*, Tesis. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Strategic Highway Research Program (SHRP) A-407. 1994. *The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays*. Strategic Highway Research Program National Research Council. Washington.
- Zumrawi, M. M. E., and Edrees, S. A. S. 2019. *Comparison of Marshall and Superpave Asphalt Design Methods for Sudan Pavement Mixes*. International Journal of Scientific and Technical Advancements, Volume 2, Issue 1, pp. 29-35, 2016. Sudan.