



Tersedia Secara Online di  
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>  
<https://dx.doi.org/10.30737/jurmateks.v7i1.5721>

**JURMATEKS**

## Hubungan Antara Rasio Agregat dan Volumetrik dalam Menentukan Kualitas Perkerasan Jalan

A. K. Fatardhoo<sup>1</sup>, A. D. Cahyono<sup>2\*</sup>, E. F. Hidiyati<sup>3</sup>, A. L. Zakaria<sup>4</sup>, A. F. Pratama<sup>5</sup>, M. W. D. Nugraha<sup>6</sup>, Y. Febriansyah<sup>7</sup>, D. I. Pratama<sup>8</sup>

<sup>1,2\*,3,4,5,6,7,8</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri, Kediri, Indonesia.

Email : <sup>1</sup>[abroor.fatar@gmail.com](mailto:abroor.fatar@gmail.com), <sup>2\*</sup>[adcahyono@unik-kediri.ac.id](mailto:adcahyono@unik-kediri.ac.id), <sup>3</sup>[evitafitri@unik-kediri.ac.id](mailto:evitafitri@unik-kediri.ac.id),

<sup>4</sup>[banglut011@gmail.com](mailto:banglut011@gmail.com), <sup>5</sup>[pratamafigur@gmail.com](mailto:pratamafigur@gmail.com), <sup>6</sup>[wahyudiannugraha@gmail.com](mailto:wahyudiannugraha@gmail.com),

<sup>7</sup>[yanwarfebriansyah67@gmail.com](mailto:yanwarfebriansyah67@gmail.com), <sup>8</sup>[anggurjunior355@gmail.com](mailto:anggurjunior355@gmail.com).

### ARTICLE INFO

#### Article history :

Artikel masuk : 19 – 06 – 2024

Artikel revisi : 26 – 06 – 2024

Artikel diterima : 30 – 06 – 2024

#### Keywords :

Aggregate Ratio, Road Pavement Quality, Marshall, Volumetric.

#### Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

A. K. Fatardhoo, A. D. Cahyono, E. F. Hidiyati, A. L. Zakaria, A. F. Pratama, M. W. D. Nugraha, Y. Febriansyah, and D.I. Pratama., "Hubungan Antara Rasio Agregat dan Volumetrik dalam Menentukan Kualitas Perkerasan Jalan" *Jurmateks*, vol.7, no.1, pp. 69 - 81, 2024, doi: 10.30737/jurmateks.v7i1.5721

### ABSTRACT

Road pavement quality is a critical factor in supporting a country's mobility and economy. Around 40% of the road length in Indonesia suffers damage, including permanent deformation and early cracking. To overcome road damage, it is important to know the pavement quality parameters such as Voids in Mineral Aggregate (VMA), Voids in Mix (VIM), and Voids Filled with Bitumen (VFB), along with the factors that influence them, such as material characteristics. This study aims to determine the effect of the fine and coarse aggregate ratio on volumetric parameters in asphalt mixtures, including VIM, VMA, and VFB. The experimental method was carried out on four samples. Aggregate characteristic tests were carried out, including gradation tests. Volumetric tests were carried out on each sample with asphalt content of 4%, 4.5%, and 5%. The research results show that the smaller fine-to-coarse aggregate ratio would increase the VMA and VIM values and decrease the VFB value. Aggregate ratio significantly affects volumetric parameters, which shows the importance of selecting aggregate with the right size distribution and determining the right ratio to achieve optimal pavement performance. The results of this study can be used as a practical guide for optimizing asphalt mix design with better quality and durability.

## 1. Pendahuluan

Jalan raya merupakan salah satu infrastruktur terpenting dalam mendukung mobilitas dan perekonomian suatu negara [1]. Di Indonesia, panjang total jalan raya mencapai sekitar 549,161 kilometer pada tahun 2022. Jalan raya yang memadai memungkinkan masyarakat

untuk bepergian dengan mudah dan efisien, baik untuk keperluan pribadi, bisnis, maupun wisata. Hal ini mendorong interaksi dan kolaborasi antar wilayah, serta membuka peluang baru dalam berbagai sektor. Namun, permasalahan kualitas perkerasan jalan masih menjadi tantangan besar. Menurut data dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), sekitar 40% dari total panjang jalan nasional di Indonesia mengalami kerusakan ringan hingga berat [2]. Kerusakan ini meliputi deformasi permanen, retak dini, dan penurunan kinerja perkerasan yang signifikan. Kerusakan jalan akan menghambat arus transportasi yang menyebabkan turunnya perekonomian karena tidak efisiennya perpindahan barang. Selain itu, kondisi jalan yang buruk dapat meningkatkan risiko kecelakaan, mengancam keselamatan pengguna jalan, dan menurunkan kualitas hidup masyarakat sekitar [3]. Kualitas perkerasan jalan yang baik dan berkualitas tinggi sangat vital untuk memastikan kenyamanan dan keamanan para pengguna jalan [4].

Untuk mengatasi kerusakan jalan, penting untuk mengetahui parameter kualitas perkerasan. Hal tersebut dikarenakan pemahaman yang baik tentang parameter ini dapat membantu dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pemeliharaan jalan yang lebih efektif. Salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas perkerasan jalan adalah volumetrik meliputi *Voids in Mineral Aggregate* (VMA), *Voids in Mix* (VIM), dan *Voids Filled with Bitumen* (VFB). VMA merupakan volume ruang kosong di antara agregat dalam campuran aspal, yang penting untuk menampung aspal bitumen sehingga dapat membentuk ikatan yang kuat dan fleksibel antar agregat. Semakin tinggi VMA, semakin banyak ruang yang tersedia untuk aspal, sehingga meningkatkan kemampuan campuran untuk menahan deformasi dan kerusakan [5]. VIM, atau rongga dalam campuran, adalah volume ruang kosong dalam campuran aspal yang tidak terisi oleh aspal bitumen. VIM yang optimal sangat penting untuk menghindari kelebihan aspal yang dapat menyebabkan deformasi permanen, namun tetap cukup untuk memastikan adanya drainase dan ventilasi yang baik dalam lapisan perkerasan [6]. VFB, atau rongga yang terisi oleh aspal, mengukur persentase ruang kosong antara agregat yang telah terisi oleh aspal bitumen. VFB yang sesuai menunjukkan bahwa campuran memiliki keseimbangan yang baik antara ketahanan dan fleksibilitas, sehingga dapat menahan beban lalu lintas dan perubahan suhu tanpa mengalami kerusakan yang signifikan [7].

Untuk meningkatkan kinerja perkerasan (volumetrik), terdapat beberapa faktor yang memengaruhinya, seperti kualitas material, proporsi campuran, dan metode pelaksanaan. Kualitas material menjadi salah satu parameter penting dalam volumetrik. Material yang baik, seperti agregat yang bersih dan aspal bitumen yang sesuai spesifikasi, akan menghasilkan volumetrik yang optimal. Agregat yang memiliki ukuran dan distribusi yang baik dapat

meningkatkan VMA, sedangkan aspal bitumen yang berkualitas tinggi akan memastikan VFB yang ideal. Proporsi campuran yang tepat sangat penting karena menentukan distribusi ukuran partikel dalam campuran aspal, yang berpengaruh langsung pada parameter volumetrik seperti VMA, VIM, dan VFB. Rasio antara agregat halus dan kasar memainkan peran kunci dalam menentukan kerapatan dan kekuatan campuran. Rasio agregat halus yang terlalu tinggi dapat menyebabkan campuran menjadi terlalu padat, mengurangi volume rongga yang diperlukan untuk menampung aspal bitumen sehingga berpotensi mengurangi fleksibilitas serta meningkatkan risiko deformasi permanen. Juga rasio agregat kasar yang besar juga dapat mengurangi stabilitas campuran. Oleh karena itu, penting untuk menyelidiki hubungan antara rasio agregat kasar dan halus terhadap volumetrik guna memastikan bahwa perkerasan jalan memiliki performa yang baik dan tahan lama [8]. Selain itu, upaya ini juga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam penggunaan material konstruksi [9].

Banyak penelitian sebelumnya telah mengevaluasi hubungan optimal antara VMA, VIM, VFB, dan stabilitas campuran. Penelitian tentang durabilitas campuran aspal menyoroti pentingnya VMA, sementara studi lain fokus pada pengaruh VIM terhadap kinerja perkerasan. Peningkatan VMA berbanding lurus dengan peningkatan durabilitas campuran aspal, tetapi jika terlalu besar, stabilitas campuran menurun [10]. Di sisi lain, VIM yang optimal sangat penting untuk menghindari deformasi pada perkerasan jalan [11]. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa optimisasi satu parameter tanpa mempertimbangkan parameter lainnya seringkali tidak menghasilkan peningkatan kinerja yang signifikan. Selain itu penelitian terdahulu banyak berfokus pada parameter-parameter kunci yang mempengaruhi kinerja jangka panjang. Penelitian oleh Ariyanti pada tahun 2018 telah mengevaluasi pengaruh kandungan agregat kasar terhadap stabilitas dan durabilitas perkerasan jalan menunjukkan bahwa proporsi agregat kasar yang tepat dapat meningkatkan ketahanan terhadap deformasi permanen [12]. Selain itu, A. Surya pada tahun 2017 telah menyelidiki efek berbagai jenis binder pada campuran aspal dan menemukan bahwa penggunaan polimer termodifikasi secara signifikan meningkatkan stabilitas Marshall dan parameter volumetrik seperti VMA dan VFB [13]. Dalam penelitian eksperimental, pengujian laboratorium sering dilakukan untuk memahami bagaimana berbagai campuran aspal berperilaku di bawah kondisi yang berbeda. Eksperimen oleh B. Raharjo pada tahun 2017 telah menguji berbagai suhu pemadatan dan menemukan bahwa suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan VFB namun mengurangi VIM, yang pada akhirnya mempengaruhi durabilitas perkerasan jalan [14].

Secara umum, penelitian-penelitian terdahulu menekankan pentingnya pendekatan yang holistik dalam analisis dan desain perkerasan jalan. Mengoptimalkan satu parameter saja, seperti VMA atau VIM, tanpa mempertimbangkan dampaknya pada parameter lain seperti VFB dapat mengakibatkan penurunan kinerja keseluruhan dari perkerasan jalan. Oleh karena itu, mempertimbangkan semua faktor (VMA, VIM, VFB) dan hubungannya dengan karakteristik material seperti variasi ukuran agregat dan rasio perbandingan agregat kasar dan halus penting untuk mencapai campuran aspal yang tidak hanya stabil dan tahan lama, tetapi juga efisien dan dapat diandalkan dalam jangka panjang. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan pengaruh rasio perbandingan agregat halus dan kasar terhadap parameter volumetrik dalam campuran aspal yang meliputi VIM, VMA, VFB. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan lebih mendalam tentang pengaruh rasio perbandingan agregat halus dan kasar terhadap parameter volumetrik, serta memberikan panduan praktis dalam optimalisasi desain campuran aspal dengan kualitas dan durabilitas yang lebih baik.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri untuk mengeksplorasi hubungan antara variasi ukuran agregat terhadap parameter volumetrik dalam menentukan kualitas perkerasan jalan [15]. Prosedur penelitian dimulai dengan persiapan bahan dan pengujian material, yang dilanjutkan dengan persiapan sampel sebanyak 4 untuk setiap variasi kadar aspal, yaitu 4%, 4,5%, dan 5%. Pengujian volumetrik dilakukan untuk mengukur kadar udara dan kepadatan.

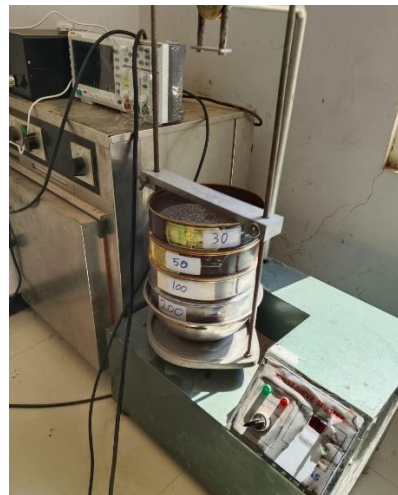
### 2.1 Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan meliputi agregat kasar, agregat halus dan aspal. Agregat Kasar menggunakan batu pecah atau kerikil dari daerah Kedak, Kediri dan juga agregat halus menggunakan Pasir Sungai Brantas area Kediri. Aspal yang bertindak sebagai pengikat telah melalui uji standarisasi aspal sebelum proses pengadaan/pembelian dari Pabrik Aspal Tulungagung. Dilakukan pengujian abrasi dan gradasi pada agregat kasar dan agregat halus untuk mengetahui karakteristik ukuran butir, kekerasan, dan kebersihan agar sesuai dengan persyaratan [16],[17].

Uji gradasi ayakan dilakukan dengan *sieve shaker* menggunakan ayakan 19,1 mm, 12,7 mm, 9,52 mm, 4,75 mm untuk agregat kasar dan 2,36 mm, 1,18 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, 0,15 mm, dan 0,08 mm untuk agregat halus. Sampel yang digunakan dalam kondisi bersih dan kering. Hasil uji gradasi ayakan berupa berat dan persentase tertahan pada masing masing ayakan.



a.



b.

Sumber: Dokumentasi Penulis (2024)

**Gambar 1.** Pengujian Material Perkerasan Jalan, (a) Abrasi; (b) Gradasi Ayakan

## 2.2 Pembuatan Sampel Uji

Sampel perkerasan jalan dibuat dengan memilih agregat kasar dan halus sesuai standar [18]. Proses pencampuran dilakukan menggunakan *mixer pan* laboratorium untuk memastikan distribusi merata, dengan suhu pencampuran sekitar 150-200°C. Sampel berbentuk silinder (diameter 100 mm dan tinggi 63.5 mm) yang dipadatkan menggunakan alat pemadat (*Manual Asphalt Marshall Compactor*) dengan 75 tumbukan per sisi sampel [19].



(a)



(b)

Sumber: Dokumentasi Penulis (2024)

**Gambar 2.** Pembuatan Sampel Uji Perkerasan Jalan (a) Suhu Pencampuran Aspal dan Agregat Perkerasan Jalan; (b) Alat Pemadat (*Manual Asphalt Marshall Compactor*)

## 2.3 Uji Marshall

Pengujian volumetrik melibatkan pengukuran kadar udara menggunakan metode Rice untuk menentukan porositas campuran. Sedangkan stabilitas diuji dengan metode stabilitas Marshall setelah sampel direndam dalam air pada suhu 60°C selama 30-40 menit. Hasil pengujian berupa stabilitas (kN) dan aliran (mm) [20]. Berdasarkan hasil tersebut dapat dihitung parameter volumetrik seperti VIM, VMA, VFB. [21],[22]. Adapun ketentuan nilai VIM 3-5%, VMA >14%, VFB minimal 65% [23]. Selanjutnya campuran aspal dipadatkan dalam cetakan standar, kemudian ditempatkan pada alat Marshall tester. Beban diberikan secara bertahap hingga mencapai deformasi 0,25 inci (6,35 mm) dan beban maksimum yang diperlukan untuk mencapai deformasi tersebut dicatat.



Sumber: Dokumentasi Penulis (2024)

Gambar 3. Pengujian Marshall Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri

## 3. Hasil dan Diskusi

### 3.1 Uji Gradasi

Tabel 1. Hasil Uji Gradasi Ayakan

Sampel	Prosentase Tertahan (%)										Agregat Kasar Kum(%)	Agregat Halus Kum(%)	Per ban di ngan
	Sesuai Nomor Ayakan												
	19,1	12,7	9,52	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,08			
Sampel 1	9	14	6	10	14	10	15	7	9	6	39	61	1 : 1,6
Sampel 2	8	19	5	11	13	8	9	23	3	2	42	58	1 : 1,4
Sampel 3	10	15	7	14	13	8	13	9	7	5	46	54	1 : 1,2
Sampel 4	12	14	12	15	10	9	9	8	8	5	53	48	1 : 0,9

Sumber: Data Diolah Penulis(2024).

Hasil uji gradasi ayakan menunjukkan variasi distribusi ukuran partikel pada empat sampel agregat kasar dan halus dengan hasil keseluruhan tergolong dalam klasifikasi Laston AC-BC (*Asphalt Concrete-Bearing Course*). Hasil uji gradasi didapatkan nilai kumulatif pada

agregat kasar dan agregat halus dengan range nomor ayakan pada agregat kasar 19,1 – 4,75 mm dan agregat halus 2,36 – 0,08 mm. Persentase tertahan terbesar pada masing-masing ayakan berbeda-beda, dengan sampel 1 memiliki distribusi agregat halus tertinggi (perbandingan 1:1,6), sementara sampel 4 memiliki distribusi agregat kasar tertinggi (perbandingan 1:0,9). Total kumulatif persen untuk agregat kasar berkisar antara 39% hingga 53%, dan untuk agregat halus berkisar antara 48% hingga 61%. Variasi distribusi ukuran partikel ini penting untuk menentukan sifat fisik dan mekanik material yang akan digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan, yang memerlukan distribusi partikel yang optimal untuk mencapai kinerja yang diinginkan.

### 3.2 Uji Volumetrik

Setelah diketahui bahwa masing-masing sampel memiliki karakteristik agregat yang berbeda, selanjutnya dilakukan uji volumetrik yang hasilnya ditunjukkan pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil Uji Volumetrik Marshall

No	Kadar Aspal %	Spesifikasi	Volumetrik	Sampel			
				1	2	3	4
				1 : 1,6	1 : 1,4	1 : 1,2	1 : 0,9
1	4%	Min 14%	VMA	12,2	12,6	12,8	14,2
		3-5%	VIM	3,3	4,4	4,4	4,8
		Min 65%	VFB	72,7	70,0	67,7	59,3
2	4,50%	Min 15%	VMA	12,0	12,2	12,9	15,2
		3-5%	VIM	3,2	4,0	4,4	5,2
		Min 65%	VFB	74,0	69	69,0	62,4
3	5%	Min 14%	VMA	12,0	12,1	12,4	14,2
		3-5%	VIM	3,2	3,3	4,2	4,8
		Min 65%	VFB	75,0	67,4	67,0	65,6

Sumber: Data Diolah Penulis(2024).

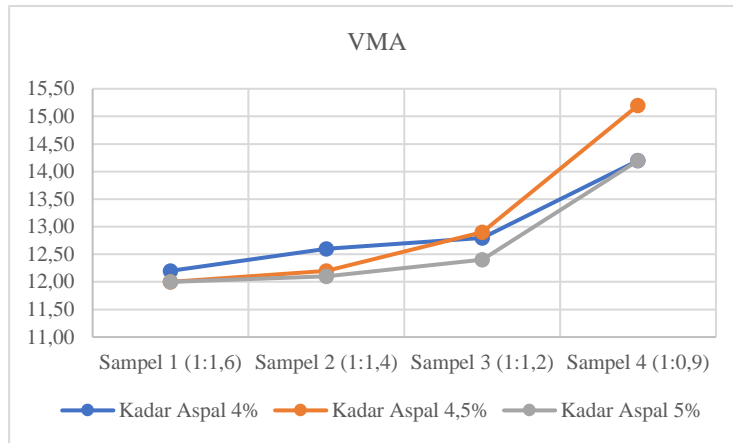
Hasil pengujian volumetrik pada campuran aspal dengan kadar aspal 4%, 4,5%, dan 5% menunjukkan variasi dalam memenuhi spesifikasi standar untuk *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void in Mix* (VIM), dan *Void Filled with Bitumen* (VFB). Pada kadar aspal 4%, hanya satu sampel yang memenuhi spesifikasi VMA minimal 14% yaitu pada sampel ke-4. Nilai VMA terus meningkat terhadap rasio perbandingan agregat halus yang lebih kecil. Sama halnya dengan kadar aspal 4,5% dan 5% setiap sampel mengalami peningkatan nilai VMA dan hanya satu sampel yang memenuhi spesifikasi yaitu pada sampel ke-4 saja. Hal ini menunjukkan bahwa pada sampel ke-4 memiliki volume rongga dalam agregat yang diisi oleh aspal cukup optimal dikarenakan perbandingan uji gradasi ayakan antara agregat kasar dan halus berkisar 1 : 0,9. Hal ini mempertegas bahwa hubungan antara rasio perbandingan agregat halus dan kasar

terhadap VMA yaitu semakin kecil rasio agregat halus terhadap kasar, maka semakin tinggi nilai VMA yang dicapai seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4(a)**.

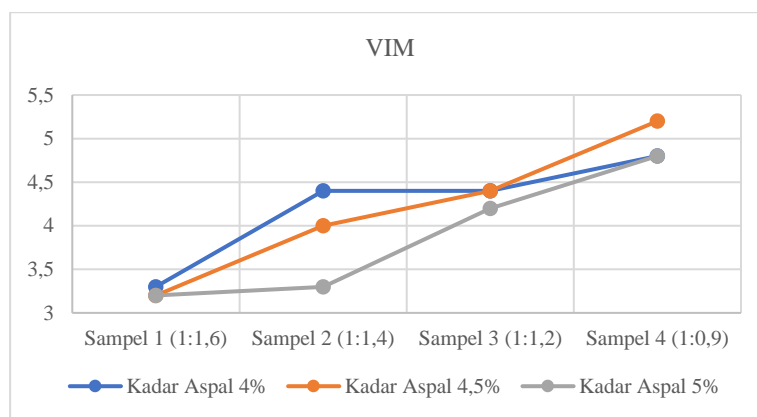
Tren yang sama juga ditunjukkan pada hubungan antara nilai VIM terhadap rasio rasio agregat halus dan kasar. Semakin semakin kecil rasio agregat halus terhadap kasar, maka semakin tinggi nilai VIM yang dicapai seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4(b)**. Pada kadar aspal 4%, nilai VIM berada dalam rentang 3,3% - 4,8%, yang memenuhi spesifikasi dari VIM, menunjukkan bahwa volume rongga dalam campuran yang tidak diisi oleh aspal berada pada tingkat yang diizinkan. Pada kadar aspal 4,5%, nilai VIM berkisar antara 3,2% - 5,2%, dengan satu sampel sedikit di atas batas maksimal yang diizinkan, yang mengindikasikan peningkatan volume rongga yang tidak diisi oleh aspal pada sampel ke-4 bisa mempengaruhi stabilitas campuran. Sementara pada kadar aspal 5%, nilai VIM berada dalam rentang 3,2% - 4,8%, kembali memenuhi spesifikasi. Nilai VIM yang stabil pada kadar aspal 4% dan 5% menunjukkan bahwa campuran memiliki keseimbangan yang baik antara kekosongan rongga dan kepadatan. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan kadar aspal yang tepat dapat membantu mencapai nilai VIM yang optimal, sehingga memastikan keseimbangan antara porositas dan kepadatan dalam campuran aspal, yang pada akhirnya mendukung stabilitas dan durabilitas perkerasan jalan.

Berbanding terbalik dengan tren pada VMA dan VIM, nilai VFB pada semua variasi kadar aspal mengalami penurunan hasil terhadap rasio perbandingan agregat halus yang lebih kecil seperti ditunjukkan pada **Gambar 4(c)**. Terdapat beberapa sampel yang tidak memenuhi spesifikasi (min 65%) yaitu pada sampel ke-4 (perbandingan gradasi 1 : 0,9) di variasi kadar aspal 4% dan 4,5%. Hal ini dapat diakibatkan karena kadar aspal yang lebih rendah dari yang diperlukan harus mampu mengisi rongga dalam agregat. Agregat memiliki daya serap yang tinggi sesuai dengan nilai VMA yang tinggi pula pada sampel ke-4 setiap variasi kadar aspal. Hal lain yang dapat mendasari nilai VFB yang rendah terdapat pada ukuran gradasi agregat yang memengaruhi kemampuan aspal untuk mengisi rongga dan dapat mengakibatkan ketahanan terhadap kelembaban yang buruk dan potensi kerusakan akibat air.

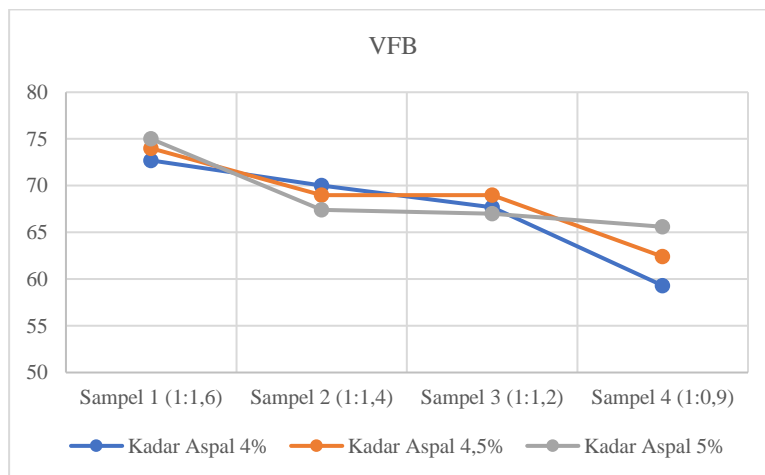




(a)



(b)



(c)

Sumber: Data Diolah Penulis

**Gambar 4.** Hubungan Perbandingan Rasio Agregat Kasar dan Halus Terhadap Volumetrik  
 (a) VMA; (b) VIM; (c) VFB.

Secara keseluruhan, untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan, perencana perlu memperhatikan proporsi atau rasio agregat dan kadar aspal untuk memastikan parameter

volumetrik memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Kegagalan dalam memenuhi spesifikasi tersebut dapat mengakibatkan penurunan kualitas dan daya tahan jalan, meningkatkan biaya perawatan dan perbaikan di masa mendatang.

Parameter gradasi ayakan dapat digunakan secara efektif untuk mengevaluasi dan memodifikasi gradasi campuran dalam hal sifat volumetrik aspal [24]. Semakin merata tingkat ukuran partikel penyusun pada lapisan perkerasan jalan, maka semakin baik juga tingkat kerapatan dan kepadatan lapis perkerasan tersebut. Hal ini diperkuat oleh temuan dari M Tumpu [25] yang mengungkapkan bahwa volumetrik/rongga baik dalam agregat maupun dalam campuran sangat berpengaruh dalam kekuatan lapis perkerasan jalan. Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa gradasi agregat yang baik dapat meningkatkan interlock antar partikel dan ketahanan terhadap retak. Tekstur permukaan agregat yang kasar meningkatkan kontak antar partikel dan friksi, sehingga campuran aspal lebih tahan lama [26]. Agregat dengan gradasi, sifat volumetrik dan kadar aspal yang tepat akan menghasilkan kinerja perkerasan jalan yang optimal. Hal ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan sifat-sifat ini dalam desain campuran AC untuk mencapai perkerasan jalan yang tahan lama.

#### 4. Kesimpulan

Rasio perbandingan agregat halus dan kasar memiliki pengaruh signifikan terhadap parameter volumetrik seperti VMA, VIM, dan VFB. Sampel dengan rasio agregat halus yang lebih kecil (1:0,9) menunjukkan peningkatan nilai VMA dan VIM, yang mengindikasikan volume rongga yang lebih besar di antara agregat, namun di sisi lain, nilai VFB pada sampel ini cenderung lebih rendah. Hal ini menunjukkan hubungan bahwa semakin kecil rasio agregat halus terhadap kasar, maka semakin tinggi nilai VMA dan VIM yang dicapai. Di sisi lain, semakin kecil rasio agregat halus terhadap kasar, maka nilai VFB semakin rendah. Menentukan distribusi ukuran dan rasio agregat kasar dan halus yang tepat sangat krusial dalam desain perkerasan jalan untuk mencapai tingkat kerapatan dan kepadatan yang optimal sehingga menghasilkan perkerasan jalan yang lebih tahan lama dan berkualitas tinggi. Hasil penelitian ini telah memberikan wawasan lebih mendalam tentang hubungan antara rasio agregat halus dan kasar dengan parameter volumetrik. Sehingga dapat digunakan sebagai dasar untuk optimalisasi desain campuran aspal dengan kualitas dan durabilitas yang lebih baik.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih untuk rekan-rekan mahasiswa dan dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Kadiri yang telah banyak membantu pelaksanaan penelitian.

**Daftar Pustaka**

- [1] P. Iriyena, T. A. Naukoko, and H. F. D. Siwu, “Analisis Pengaruh Infrastruktur Jalan Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Di Kabupaten Kaimana 2007-2017,” *J. Berk. Ilm. Efisiensi*, vol. 19, no. 02, pp. 49–59, 2019.
- [2] K. P. U. dan P. Rakyat, *Informasi Statistik Infrastruktur PUPR 2022*, vol. 11, no. 1. 2022.
- [3] J. Sumabrata and N. Lathifah, “Factorial Experimental Analysis of Buton Natural Asphalt with Crumb Rubber in Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC),” *Civ. Eng. Archit.*, vol. 12, no. 3, pp. 1585–1592, 2024, doi: 10.13189/cea.2024.120324.
- [4] A. N. Fajar, A. Khamid, W. Diantoro, and D. D. Apriliano, “Analisis Tingkat Kerusakan pada Jalan Pagerbarang – Margasari Kabupaten Tegal Analysis of the Level of Damage on Jalan Pagerbarang – Margasari Tegal Regency,” *Infratech Build. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 49–57, 2021, doi: <https://doi.org/10.46772/ibj.v2i2.1365>.
- [5] R. Yuniarti, H. Hasyim, H. Hariyadi, and T. Handayani, “Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Filler Pada Campuran Perkerasan Aspal Panas,” *J. Tek. Sipil*, vol. 26, no. 3, p. 265, 2019, doi: 10.5614/jts.2019.26.3.10.
- [6] D. E. Ewa, J. O. Ukpata, A. A. Etika, E. A. Egbe, and A. O. Iduku, “A comparative evaluation of the mechanical properties of PET and polystyrene modified asphaltic concrete containing rice husk ash filler,” *J. Sustain. Constr. Mater. Technol.*, vol. 9, no. 1, pp. 84–92, 2024, doi: 10.47481/jscmt.1166150.
- [7] N. Irawati, J. Akbardin, S. Syahril, and A. Marques, “The effect of using Low-Density Polyethylene (LDPE) on the AC-WC Marshall performance,” *E3S Web Conf.*, vol. 479, pp. 1–13, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202447907033.
- [8] Z. Liu, S. Yu, Y. Huang, L. Liu, and Y. Pan, “A systematic review of rigid-flexible composite pavement,” *J. Road Eng.*, 2024, doi: 10.1016/j.jreng.2024.02.001.
- [9] E. W. Indriyati, S. B. Subagio, H. Rahman, and S. S. Wibowo, “Pengaruh Penggunaan Aspal Modifikasi Nano Zeolit terhadap Karakteristik Marshall Campuran Beraspal Panas HRS - WC,” *J. Tek. Sipil*, vol. 31, no. 1, pp. 45–52, 2024, doi: <https://doi.org/10.5614/jts.2024.31.1.5>.
- [10] R. Yuniarti and D. Widianty, “Tinjauan Durabilitas Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Menggunakan Aspal Tua Dengan Berbagai Bahan Peremaja Review on Durability of Asphalt Concrete Wearing Course Using Aged Asphalt with Various Rejuvenating Agent,” *J. Sains Teknol. Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp. 132–143, 2020.

- [11] I. Nofriandi, W. Alamsyah, and E. N. Lydia, "Studi Penambahan Variasi Campuran Plastik Jenis Hdpe Pada Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Untuk Lapis Aus Ac-Wc," *J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 2, pp. 116–123, 2023, doi: 10.24815/jts.v12i2.31207.
- [12] "3 , 3 , 3 , 3 .," 1900.
- [13] A. S. Mukti, "Analisis Pengaruh Substitusi Asbuton LGA (Lawele Granular Asphalt) pada Aspal Penetrasi 60/70 terhadap Campuran Aspal Porus," *Rekayasa Tek. Sipil*, vol. 1, no. 1, pp. 381–387, 2017.
- [14] B. Raharjo, P. Pratomo, and H. Ali, "Pengaruh Suhu Pematatan Campuran untuk Perkerasan Lapis Antara (AC-BC)," *JRSSD*, vol. 4, no. 1, pp. 43–50, 2016.
- [15] Z. Du, J. Yuan, Q. Zhou, C. Hettiarachchi, and F. Xiao, "Laboratory application of imaging technology on pavement material analysis in multiple scales: A review," *Constr. Build. Mater.*, vol. 304, p. 124619, 2021.
- [16] M. Induwati *et al.*, "Identifikasi Karakteristik Agregat Terhadap Nilai Stabilitas Lapis Perkerasan Aspal Beton AC-BC ( Laston ) berkualitas maka perlu diberikan teknologi penanganan yang bernilai ekonomis menurun . Turunnya nilai stabilitas tersebut disebabkan oleh air yang m," *Teras J.*, vol. 13, no. 1, pp. 193–206, 2023.
- [17] T. Mulatu, B. Yigezu, and A. Geremew, "Study on the Suitability of Reclaimed Asphalt Pavement Aggregate (RAPA) in Hot Mix Asphalt Production," *J. Eng. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 167–186, 2023, doi: 10.36909/jer.14605.
- [18] G. K. A. Cruz, O. de M. M. Neto, S. M. Arruda, L. C. de F. L. Lucena, C. R. Ziegler, and G. C. B. da Silva, "Influence of particle size selection methods on asphalt mixtures produced with lateritic aggregates," *Constr. Build. Mater.*, vol. 314, p. 125201, 2022.
- [19] Y. Li, W. Jiang, J. Shan, P. Li, R. Lu, and B. Lou, "Characteristics of void distribution and aggregate degradation of asphalt mixture specimens compacted using field and laboratory methods," *Constr. Build. Mater.*, vol. 270, p. 121488, 2021.
- [20] L. Juniantoro *et al.*, "Cara Mudah Menentukan Material Terbaik dalam Struktur Jalan Menggunakan Metode Marshall Test," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 6, no. 2, pp. 309–320, 2023.
- [21] D. Olukanni, B. Oyegbile, and A. Ukpeh, "Evaluation of the engineering properties of asphaltic concrete composite produced from recycled asphalt pavement and polyethylene plastic," *PLoS One*, vol. 19, no. 4 APRIL, pp. 1–13, 2024, doi: 10.1371/journal.pone.0294179.

- [22] H. Al-Tuwayyij, N. Al-Mukaram, and S. S. Musa, "Impact of Plastic Waste on The Volumetric Characteristics and Resilient Modulus of Asphalt Concrete," *Civ. Eng. J.*, vol. 9, no. 4, pp. 915–926, 2023, doi: 10.28991/CEJ-2023-09-04-012.
- [23] E. Adly, "Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang Surut terhadap Campuran Lapis Aspal Beton AC-WC dengan Modifikasi Steel slag Ramah Lingkungan," *Bull. Civ. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 87–92, 2021, doi: 10.18196/bce.v1i2.11060.
- [24] V. M. Garcia, L. Barros, J. Garibay, I. Abdallah, and S. Nazarian, "Effect of Aggregate Gradation on Performance of Asphalt Concrete Mixtures," *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 32, no. 5, pp. 3–10, 2020, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0003147.
- [25] M. Tumpu, M. W. Tjaronge, and A. R. Djamaluddin, "Prediction of long-term volumetric parameters of asphalt concrete binder course mixture using artificial ageing test," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 419, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/419/1/012058.
- [26] I. S. Bessa, V. T. F. C. Branco, J. B. Soares, and J. A. N. Neto, "Aggregate Shape Properties and Their Influence on the Behavior of Hot-Mix Asphalt," *J. Mater. Civ. Eng.*, vol. 27, no. 7, 2015, doi: 10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001181.