

## ANALISIS KARAKTERISTIK BETON ASPAL DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH PLASTIK HDPE MENGGUNAKAN GRADASI BM DAN BBA.

Dewi Shinta Larasati<sup>1,\*</sup>, Qomariah<sup>2</sup>, Taufiq Rochman<sup>3</sup>

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang<sup>1</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>2</sup>, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang<sup>3</sup>

Email: [lrstidewi@gmail.com](mailto:lrstidewi@gmail.com)<sup>1</sup>, [qomariah@polinema.ac.id](mailto:qomariah@polinema.ac.id)<sup>2</sup>, [taufiq.rochman@polinema.ac.id](mailto:taufiq.rochman@polinema.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Dikarenakan percepatan pembangunan nasional memberikan dampak pada meningkatnya permintaan agregat alami, sehingga hal ini menyebabkan ketersediaan agregat alam semakin berkurang. Sampah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) yang tidak memiliki nilai ekonomi dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil pengujian sifat fisik agregat kasar, agregat halus dan aspal, serta mengetahui proporsi campuran sehingga mendapatkan nilai KAO yang digunakan untuk campuran beton aspal, dan menghasilkan nilai karakteristik campuran beton aspal dengan gradasi BM dan BBA menggunakan alat *Marshall* yang dilakukan di Laboratorium Material Konstruksi Jalan dan Transportasi Politeknik Negeri Malang. Metode yang digunakan adalah menambahkan limbah plastik HDPE sebesar 8% terhadap campuran dengan gradasi BM dan BBA dengan pengujian volumetrik dan pengujian dengan alat *Marshall*. Hasil yang diperoleh antara lain; material yang memenuhi spesifikasi, nilai kadar optimum campuran beton aspal, dan nilai stabilitas dan *flow* dengan pengujian *Marshall*. Gradasi Bina Marga (BM) memperoleh nilai stabilitas sebesar 2576,7 kg; dan *flow* sebesar 3,50 mm, sedangkan dengan gradasi *Béton Bitumineux Aéronautiques* (BBA) dengan nilai stabilitas sebesar 1557,66 kg; dan *flow* sebesar 3,79 mm. Maka hasil pengujian campuran yang paling optimal menggunakan Gradasi Bina Marga (gradasi rapat).

**Kata kunci** : limbah plastik HDPE; gradasi terbuka; gradasi tertutup, BBA, karakteristik marshall.

### ABSTRACT

*Because the acceleration of national development has an impact on increasing demand for natural aggregates, this causes the availability of natural aggregates to decrease. HDPE (High Density Polyethylene) plastic waste which has no economic value can be used as a substitute for fine aggregate. The purpose of this study is to determine the results of testing the physical properties of coarse aggregate, fine aggregate and asphalt, and to know the proportion of the mixture so as to obtain the Optimum Asphalt Content (KAO) value used for asphalt concrete mixtures, and to produce characteristic values for asphalt concrete mixtures with BM and BBA gradations using the Marshall tool at the Laboratory of Road Construction Materials and Transportation, State Polytechnic of Malang. The method used is to add 8% HDPE plastic waste to the mixture with BM and BBA gradations by volumetric testing and testing with a Marshall tool. As a result that materials meets the specifications, the optimum asphalt grade of BM gradation is 5,4 and BBA gradation is 6,25, and the value of stability and flow by Marshall test. The Bina Marga (BM) gradation obtained a stability value of 2576.7 kg; and flow of 3.50 mm, while the Béton Bitumineux Aéronautiques (BBA) gradation has a stability value of 1557.66 kg; and a flow of 3.79 mm. Then the most optimal mix test results use the Bina Marga Gradation (dense gradation).*

**Keywords** : HDPE plastic waste; open gradations; close gradations; BBA; marshall characteristic.

### 1. PENDAHULUAN

Konstruksi jalan di Indonesia umumnya menggunakan perkerasan lentur (flexible pavement). Komponen utama dari struktur perkerasan jalan merupakan agregat, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentase berat, atau 75- 85% agegat berdasarkan presentase volume (Sukirman, 2016).

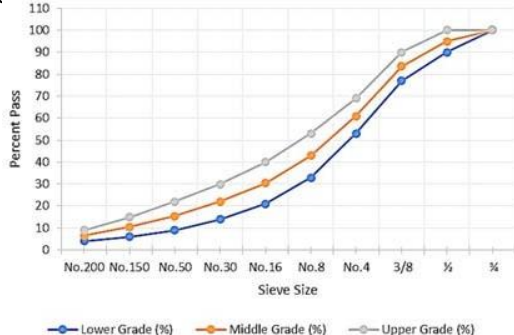
Agregat yang akan membentuk campuran untuk perkerasan jalan memiliki gradasi tertentu yang partikelnya terdistribusi berdasarkan ukurannya yang saling mengisi dan membentuk suatu ikatan saling mengunci (interlocking) sehingga dapat mempengaruhi stabilitas perkerasan (Rahman dkk., 2020). Tipe atau jenis gradasi untuk campuran beton aspal dibedakan mejadi 2, yaitu gradasi rapat (tertutup) dan gradasi senjang (terbuka). Pada penelitian ini digunakan 2 jenis gradasi, yaitu gradasi BBA (*Beton Bitumineux pour chausées Aéronautiques*) yang merupakan gradasi terbuka dan gradasi BM (Bina Marga) yang merupakan gradasi rapat.

Maraknya percepatan pembangunan nasional mengakibatkan menipisnya ketersediaan agregat halus di alam yang memenuhi persyaratan untuk dijadikan sebagai bahan material bangunan, sehingga dibutuhkan material pengganti yang dapat menjaga ketersediaan agregat di alam. Subtitusi limbah plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) dalam penggunaan gradasi BBA dan BM diharapkan mampu mengatasi permasalahan kurangnya bahan baku yang tersedia di alam dan dapat meningkatkan karakteristik Marshall pada campuran beton aspal sehingga dapat mengurangi limbah plastik yang tidak memiliki nilai ekonomis. Adapun karakteristik Marshall yang didapat dalam penelitian ini antara lain, stabilitas, kelelahan (flow), Void in Mixture (VIM), Void Filled in Bitumen (VFB), Void in the Mineral Aggregate (VMA), dan hasil bagi Marshall (Marshall Quotient), serta kadar aspal optimum (KAO).

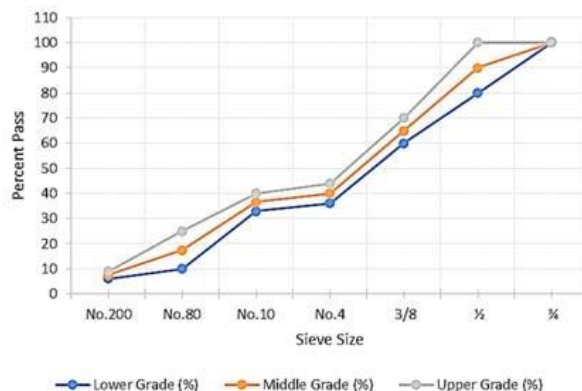
### 2. METODE

Metode penelitian ini menggunakan dua variasi gradasi. Kinerja desain campuran diuji menggunakan uji Marshall. Gradasi penelitian ini menggunakan gradasi BBA, dan BM. Pada agregat 2,36 digantikan dengan plastik HDPE sebanyak 8%. Berikut merupakan spesifikasi standar dari kedua gradasi yang digunakan.

dadaadadaadadaadadaadadaadadaadada



Gambar 1. Gradasi Bina Marga



Gambar 2 . Gradasi BBA

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum dari kedua tipe gradasi, kemudian menentukan nilai stabilitas dan *flow* campuran. Cetakan benda uji aspal berdiameter 10 cm dengan tinggi 7,6 cm. pemadatan dilakukan sebanyak 75 kali tumbukan pada kedua bidang, lalu direndam dalam air selama 24 jam. Setelah pembuatan benda uji dilakukan pengukuran ketebalan minimal pada 4 sisi, lalu dilkuan penimbangan dalam keadaan kering, dalam air, dan keadaan SSD. Sebelum dilakukan pengujian *Marshall*, benda uji direndam pada suhu 60±1o C selama 30-40 menit dan siap untuk melakukan pengujian stabilitas dan *flow*. Karakteristik campuran aspal yang sesuai parameter Marshall, yaitu: kepadatan, VIM, VMA, VFA, stabilitas, *flow* dan *Marshall Quotient*. Berikut persyaratan aspal beton tercantum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Beton Aspal Menurut Bina Marga 2018

No	Karakteristik Marshall	Spesifikasi
1	Berat Jenis Bulk (Gmb) (gr/cm <sup>3</sup> )	-
2	Rongga Antar Agregat/VMA (%)	Min. 15
3	Rongga Dalam Campuran/VIM (%)	3,5 - 5,5
4	Rongga Terisi Aspal/VFA (%)	Min. 65
5	Stabilitas (kg)	Min. 800
6	Flow (mm)	Min. 3
7	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250

Untuk penentuan kadar aspal optimum menggunakan barchat yang nilainya di dapat dari hasil perhitungan volumetrik yang memenuhi spesifikasi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pemeriksaan Mutu Material

Hasil pertama yang didapatkan dari penelitian ini adalah hasil pemeriksaan agregat kasar, agregat halus dan aspal. Sebagai penentu kualitas dari campuran beton aspal. Hasil pengujian material dapat dilihat pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

**Tabel 2.** Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar

Nama Pengujian	Hasil	Satuan	Persyaratan
Analisa Gradasi	5,58	%	5 - 8
Berat Jenis			
- Bulk	2,68	gr/cm <sup>3</sup>	2,5 - 2,7
- JPK / SSD	2,72	gr/cm <sup>4</sup>	2,5 - 2,7
- Apparent	2,79	gr/cm <sup>5</sup>	2,5 - 2,7
- Penyerapan	1,48	%	0 - 3
Kadar Air	1,29	%	0,5 - 2
Kekerasan	6,54	%	6 - 7,1
Keausan	17,98	%	0 -40

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Agregat Halus

Nama Pengujian	Hasil	Satuan	Persyaratan
Analisa Gradasi	2,95	%	2 - 3
Berat Jenis			
- Bulk	2,31	gr/cm <sup>3</sup>	2,5 - 2,7
- JPK / SSD	2,35	gr/cm <sup>4</sup>	2,5 - 2,7
- Apparent	2,41	gr/cm <sup>5</sup>	2,5 - 2,7
- Penyerapan	1,69	%	0 - 3
Kadar Air	1,50	%	1 - 5
Kadar Organik	1	Grid	1 - 3

**Tabel 4.** Hasil Pengujian Aspal

Nama Pengujian	Hasil	Persyaratan
Penetrasi, 25°C; 100 gr	64 mm	60 - 79
Titik lembek, °C	49 °C	48 - 58
Berat jenis	1,17	min. 1,0

#### Nilai Kadar Optimum (KAO)

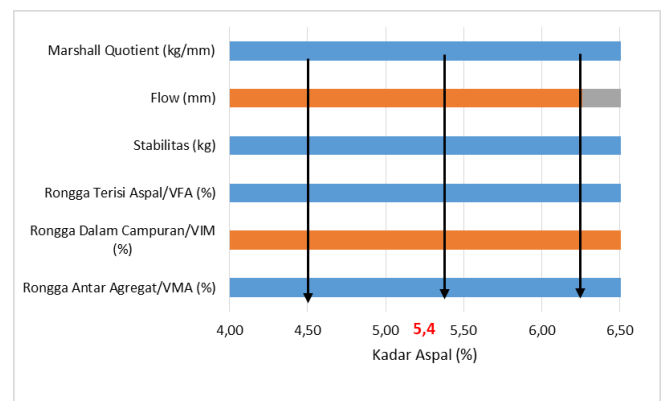
Setelah didapatkan hasil material yang memenuhi spesifikasi dibuatlah proporsi campuran untuk menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Nilai stabilitas dan flow merupakan besaran yang terukur dari pemeriksaan alat *Marshall*, sedangkan nilai volumetrik meliputi nilai VIM, VMA, dan VFB merupakan parameter yang dipengaruhi oleh campuran yang telah dibuat. Dari hasil pengujian *Marshall* dibuat grafik hubungan antara kadar aspal dan karakteristik campuran sebagai acuan penentuan nilai KAO dari kedua jenis gradasi yang digunakan.

Nilai KAO diketahui menggunakan metode barchart, dimana barchart menunjukkan nilai yang memenuhi spesifikasi. Hasil karakteristik campuran dari masing-masing gradasi ditampilkan dalam Tabel 5 dan Tabel 6.

**Tabel 5.** Hasil Karakteristik Campuran (BM)

Karakteristik Campuran	Gradasi Terbuka ( BBA)				
	Kadar Aspal				
	4,5	5	5,5	6	6,5
Stabilitas (800 kg)	1689,58	1803,73	1831,59	1657,09	1711,56
Flow (3 mm)	2,83	3,44	3,87	4,04	4,16
VIM (3,5 %- 5,5%)	3,76	3,28	3,15	4,47	3,73
VMA (≥15%)	19,36	19,36	19,36	19,36	19,36
VFA (≥65%)	76,46	78,13	79,37	78,31	75,10
<i>Marshall</i>					
<i>Quotient</i> (≥250)	608,46	525,26	473,48	410,88	413,33

Setelah semua data hasil karakteristik dengan gradasi BM dari setiap nilai kadar aspal kedalam diagram barchart akan diketahui nilai kadar aspal optimal melalui penunjukkan tanda panah yang terdapat dalam diagram, panah yang berada diantara kedua panah merupakan nilai kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi dan tertera pada Gambar 3.

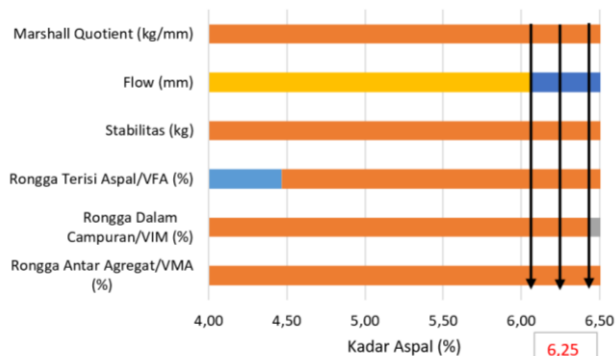


**Gambar 3.** Barchart KAO Gradasi BM

**Tabel 6.** Hasil Karakteristik Campuran (BBA).

Karakteristik Campuran	Gradasi Terbuka ( BM)				
	Kadar Aspal				
	4,5	5	5,5	6	6,5
Stabilitas (800 kg)	898,17	938,54	1048,40	1039,03	922,18
Flow (3 mm)	2,81	2,84	3,17	3,22	3,41
VIM (3,5 %- 5,5%)	3,29	3,28	3,15	4,47	3,73
VMA (≥15%)	19,36	17,65	19,80	22,42	22,97
VFB (≥65%)	82,94	81,36	84,11	80,48	83,87
<i>Marshall</i>					
<i>Quotient</i> (≥250 kg/mm)	321,95	330,97	334,26	322,06	270,61

Setelah semua data hasil karakteristik dengan gradasi BBA dari setiap nilai kadar aspal kedalam diagram barchart akan diketahui nilai kadar aspal optimal melalui penunjukkan tanda panah yang terdapat dalam diagram, panah yang berada diantara kedua panah merupakan nilai kadar aspal yang memenuhi semua spesifikasi dan tertera pada Gambar 4.

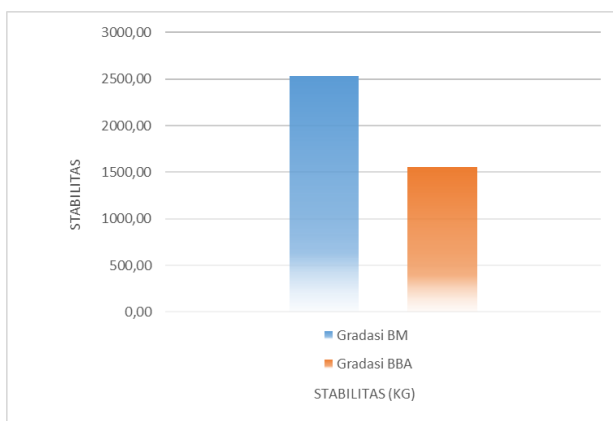


Gambar 4. Barchart KAO gradasi BBA

Setelah didapatkan nilai KAO dari masing-masing gradasi, maka dibuat proporsi dengan adanya tambahan limbah plastik HDPE sebesar 8% menggunakan kadar aspal optimum yang telah didapatkan. Adapun hasil penelitian yang telah dilakukan di laboratorium pada campuran apal gradasi BM dan BBA dengan kadar aspal optimum yang memperoleh nilai-nilai stabilitas, dan flow.

**Stabilitas**

Stabilitas campuran didapatkan pada pembacaan alat Marshall dan dikoreksi dengan angka tebal benda uji. Hasil nilai stabilitas dari kedua tipe gradasi ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai Stabilitas

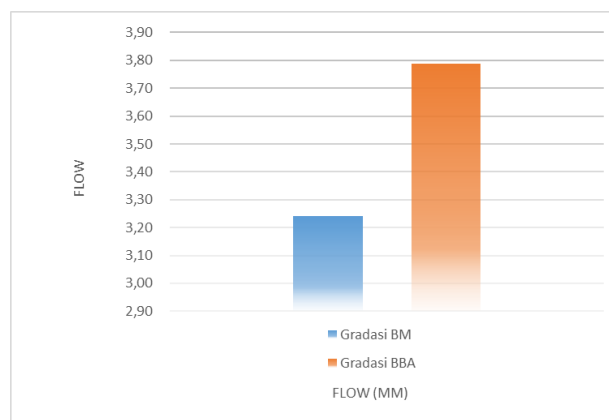
Campuran dengan gradasi tertutup menunjukkan nilai stabilitas sebesar 2576,74 kg, dengan perbedaan 39,5% lebih tinggi daripada stabilitas dengan menggunakan campuran gradasi terbuka yang hanya bernilai 1557,66 kg. Ini disebabkan karena fraksi pada gradasi tertutup memiliki butiran agregat yang bervariasi sehingga saling mengisi dan membentuk suatu ikatan yang saling mengunci, sehingga menghasilkan campuran yang lebih keras dan meningkatkan stabilitas.

Nilai stabilitas yang tinggi juga dipengaruhi oleh penambahan plastik HDPE yang di gantikan pada agregat halus ukuran 2,36 mm, lapisan plastik yang melapisi agregat menjadikan agregat tidak mudah menyerap air sehingga kadar aspal yang berada dalam campuran tidak larut oleh air terlalu banyak, sehingga nilai stabilitas meningkat. Namun pada penggunaan gradasi terbuka memiliki rongga yang lebih banyak dibandingkan gradasi tertutup, sehingga saat adanya penekanan yang dilakukan saat proses pengujian *Marshall*, agregat dalam campuran beton aspal akan mendesak agregat lainnya dan menyebabkan nilai stabilitas rendah meskipun memiliki nilai berat jenis (*density*) yang tinggi.

Selain dari penggunaan tipe gradasi, stabilitas juga dipengaruhi oleh bentuk agregat dan permukaan agregat, agregat yang memiliki bentuk kubikal dan permukaan yang tidak beraturan dapat meningkatkan nilai stabilitas lebih baik dibandingkan agregat yang memiliki bentuk yang pipih.

**Flow**

Nilai *flow* (kelelehan) ditunjukkan pada angka pada jarum dial flow, satuan pada dialnya sudah sesuai dengan satuan mm (millimeter), sehingga tidak diperlukan lagi konversi angka dan kalibrasi jarum dial *flow*. Hasil nilai *flow* dari kedua tipe gradasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Nilai Flow (Kelelehan)

Ditunjukkan bahwa *flow* pada gradasi tertutup adalah 3,50 mm, yang berarti 14% lebih tinggi dibandingkan spesifikasi yang disyaratkan, dan *flow* pada gradasi terbuka mengalami peningkatan sebesar 21% dari spesifikasi, nilai yang didapatkan adalah 3,79 mm. Kelelahan adalah fungsi dari kekakuan aspal pengikat dan kadar aspal campuran. Kelelahan merupakan parameter yang menjadi indikator terhadap kelenturan atau perubahan bentuk plastis campuran beraspal yang diakibatkan oleh beban kendaraan. Campuran yang memiliki nilai *flow* rendah memiliki kekakuan atau stabilitas yang tinggi, sehingga campuran mudah getas (*brittle*), dan rentan terhadap keretakan. Sedangkan pada nilai *flow* tinggi mengakibatkan campuran aspal mengalami deformasi yang diakibatkan beban lalu lintas yang tinggi, dan memungkinkan terjadinya *bleeding* pada lapisan perkerasan.

#### 4. KESIMPULAN

1. Nilai Kadar Aspal Optimum untuk campuran pada gradasi tertutup adalah 5,4%. Sedangkan untuk nilai Kadar Aspal Optimum gradasi BBA sebesar 6,25%. Nilai KAO pada gradasi BM lebih rendah dibanding nilai KAO pada gradasi terbuka (BBA). Hal ini disebabkan oleh butiran agregat pada gradasi tertutup (BM) lebih bervariasi sehingga campuran menghasilkan rongga yang lebih sedikit. Nilai rongga yang kecil menyebabkan kadar aspal yang dibutuhkan juga lebih sedikit, karena rongga dalam campuran telah terisi dengan agregat.
2. Karakteristik perkerasan aspal beton yang dihasilkan pada gradasi tertutup (BM) dan gradasi terbuka (BBA) telah memenuhi spesifikasi yang ditentukan. Namun penggunaan gradasi BBA menghasilkan rongga yang lebih besar serta penggunaan aspal yang lebih banyak. Gradasi BM menghasilkan karakteristik berupa stabilitas 2576,74 kg; *flow* 3,5 mm; VIM 3,76%; VMA 16,74%, dan VFB 77,47%; Marshall Quotient 736,51 kg/mm. Gradasi terbuka (BBA) menghasilkan karakteristik berupa stabilitas 1557,66 kg; *flow* 3,79 mm; VIM 3,95%; VMA 18,24%, dan VFB 78,37%; Marshall Quotient 411,63 kg/mm. Dari kedua gradasi yang digunakan maka campuran beton aspal yang memiliki hasil lebih optimal adalah gradasi Bina Marga (gradasi tertutup).

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Baskara, G. M. B., Ahyudanari, E., & Thanaya, I. N. A. (2019). *Analysis of Stiffness Modulus of Asphalt Concrete Mixture by Using Artificial Aggregates*. 8(2).
- Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. <https://binamarga.pu.go.id/uploads/files/426/spesifikasi-umum-2018-revisi-1.pdf>
- Effendy, A., & Ahyudanari, E. (2019). Analisis Perbandingan Kadar Aspal Optimum (KAO) untuk Perbedaan Gradasi (BBA, FAA dan BM). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 17(1), 7. <https://doi.org/10.12962/j2579-891X.v17i1.4706>
- Ersa, N. S. (2021). KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON DENGAN SUBSTITUSI LIMBAH HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) MENGGUNAKAN GRADASI TERTUTUP DAN TERBUKA.
- Himslıoglu, S. (2004). Use of waste high density polyethylene as bitumen modifier in asphalt concrete mix. *Materials Letters*, 58(3–4), 267–271. [https://doi.org/10.1016/S0167-577X\(03\)00458-0](https://doi.org/10.1016/S0167-577X(03)00458-0)
- Jauhari, B., & Doda, N. (2019). Pengaruh gradasi agregat terhadap nilai karakteristik aspal beton (ac-bc). *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 2(1), 27. <https://doi.org/10.32662/gojise.v2i1.524>
- Kandhal, P. S., Cooley, L. A., & Watson, D. E. (2001). DESIGN, CONSTRUCTION, AND PERFORMANCE OF NEW- GENERATION OPEN- GRADED FRICTION COURSES.
- Khan, A. B., & Jain, S. S. (2020). Assessment of Strength Characteristics of Bituminous Concrete Modified using HDPE. *Transportation Research Procedia*, 48, 3734–3755. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.08.045>