

## ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN PENAMBAHAN CERAMIC FRAGMENT DAN NATURAL LATEKS PADA PERKERASAN JALAN

Yunanto Nugroho<sup>1\*</sup>, Muhammad Daffa Annabil Pramesti<sup>2</sup>, Juny Andry Sulisty<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung,  
[yunantonugroho520@gmail.com](mailto:yunantonugroho520@gmail.com)

### ABSTRAK

Perkerasan lentur di Indonesia sering mengalami kerusakan akibat cuaca dan volume kendaraan yang padat. Oleh karena itu peneliti melakukan inovasi dengan penambahan bahan Natural Latex dan Ceramic Fragment pada campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan tujuan untuk mengurangi limbah keramik namun juga meningkatkan karakteristik Marshall pada campuran AC-WC, serta memperbaiki stabilitas campuran. Pada penelitian ini bahan tambah variasi menggunakan Ceramic Fragment dalam campuran AC yaitu sebesar 0%, 1%, 3%, 5%, serta untuk variasi bahan tambah Natural Latex yaitu sebesar 0%, 2%, 3% terhadap kadar aspal optimum (KAO). Pengujian Marshall dilakukan untuk mendapatkan nilai kepadatan, stabilitas, kelelahan plastis, VIM, VFA, VMA, dan MQ. Berdasarkan penelitian ini diperoleh hasil, penambahan variasi Ceramic Fragment dan Natural Latex pada Job Mix Formula. Komposisi terbaik didapat pada modifikasi variasi SK2BU1 (Serbuk Keramik 3% dan Natural Lateks 2%) dengan nilai stabilitas sebesar 2375,71 Kg.

**Kata kunci :** *Fasilitas pejalan kaki, kelayakan berjalan, HIRA, risiko, keselamatan.*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan volume kendaraan di Indonesia menyebabkan perkerasan jalan sering mengalami kerusakan, terutama pada lapisan aus (AC-WC) yang terpapar beban lalu lintas berulang dan kondisi cuaca ekstrem. Kinerja campuran aspal konvensional dinilai masih terbatas, sehingga diperlukan inovasi untuk meningkatkan stabilitas, daya tahan, dan umur layan perkerasan.

Di sisi lain, limbah keramik dari industri konstruksi terus meningkat dan berpotensi mencemari lingkungan. Pemanfaatan limbah keramik sebagai bahan pengganti agregat halus dinilai mampu memperbaiki sifat mekanis campuran aspal. Selain itu, penggunaan natural lateks sebagai bahan tambah dapat meningkatkan elastisitas, daya lekat, dan ketahanan perkerasan terhadap retak. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh penambahan ceramic fragment dan natural lateks pada campuran AC-WC terhadap karakteristik Marshall.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini akan menjawab beberapa pertanyaan utama sebagai berikut:

1. Bagaimana memperoleh *job mix formula* terbaik pada *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) penambahan agregat halus *Ceramics Fragments* dan *Natural Latexs*?
2. Bagaimana hasil stabilitas marshall pada *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) penambahan agregat halus *Ceramics Fragments* dan *Natural Latex*?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berikut ini dihasilkan berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan diatas:

1. Mengetahui *job mix formula* terbaik dari campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) penambahan agregat halus *Ceramics Fragments* dan *Natural Lateks*.
2. Mengetahui stabilitas *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) penambahan agregat halus *Ceramics Fragments* dan *Natural Latex*.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Jalan

Jalan menjadi prasarana transportasi yang sangat penting dan harus ada di suatu wilayah karena jalan dapat memperlancar perpindahan aktivitas manusia, kendaraan, dan barang dari satu titik ke titik yang lain. Jalan berfungsi sebagai titik akses yang memperlancar mobilitas dan transportasi, baik jalan kecil seperti jalan di suatu wilayah pemukiman, maupun jalan besar seperti jalan Raya Antar Kota atau Jalan Tol [1]

### 2.2 Jalan Bebas Hambatan

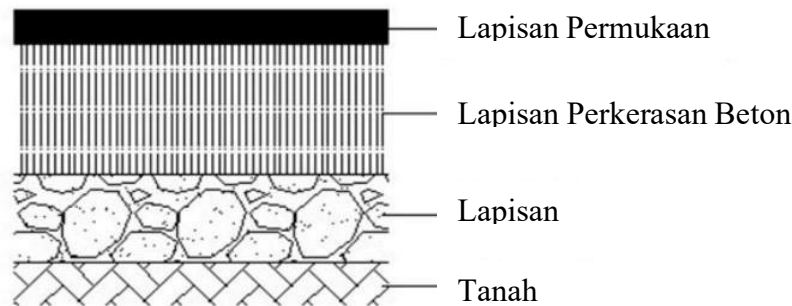
Jalan Kelas I didesain untuk menahan beban lalu lintas berat dengan durabilitas tinggi, biasanya digunakan pada jalan arteri atau nasional yang menghubungkan antar kota maupun provinsi, termasuk akses jalan tol. Jalan kelas ini memiliki lebar memadai untuk lintas dua arah, permukaan berkualitas tinggi, serta menggunakan agregat dengan ukuran dan berat tertentu guna menjamin kestabilan dan keawetan konstruksi [2].

Jalan Kelas II dan Kelas III umumnya digunakan pada lalu lintas yang lebih rendah. Jalan kelas II terdiri dari lapisan pondasi bawah, pondasi atas, dan lapisan permukaan, dengan standar kenyamanan serta ketahanan yang cukup untuk jalan lokal, desa, maupun kabupaten [3]. Sementara itu, jalan kelas III diperuntukkan bagi daerah pedesaan atau kawasan dengan aktivitas lalu lintas rendah, dengan kondisi yang sangat bergantung pada pemeliharaan sehingga kualitasnya cenderung di bawah kelas I dan II (Rulhendri & Nurdiansyah, 2016).

### 2.2 Karakteristik Penyusun Aspal Beton (AC-WC)

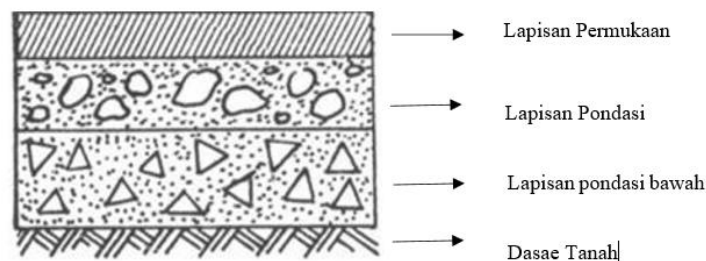
Perkerasan jalan secara umum terbagi menjadi tiga jenis, yaitu *rigid pavement*, *flexible pavement*, dan *composite pavement*. *Rigid pavement* atau perkerasan kaku menggunakan pelat beton (semen, pasir, dan kerikil) sebagai lapisan utama yang bersifat kuat dan tahan lama. *Flexible pavement* atau perkerasan lentur

menggunakan aspal sebagai bahan pengikat dengan lapisan pondasi di bawahnya yang berfungsi menyerap dan mendistribusikan beban ke tanah dasar. Sementara itu, composite pavement merupakan kombinasi keduanya, yaitu beton semen sebagai lapisan dasar dan aspal sebagai lapisan atas, yang memberikan kekuatan sekaligus kenyamanan, meskipun dengan biaya konstruksi lebih tinggi.



Gambar 1. Perkerasan Komposit

Selain itu, perkerasan aspal jalan beton juga terbagi menjadi beberapa lapisan, yaitu AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) sebagai lapisan aus atau permukaan yang langsung menahan beban lalu lintas, AC-BC (*Asphalt Concrete Binder Course*) sebagai penghubung antar lapisan sekaligus penambah kekuatan struktural, serta AC-Base (*Asphalt Concrete Base Course*) sebagai lapisan penopang di bawahnya yang berfungsi mendistribusikan beban ke pondasi bawah. Kualitas perkerasan ini sangat dipengaruhi oleh pemilihan material, komposisi campuran, serta teknik pencampuran yang tepat.



Gambar 2 Konstruksi perkerasan lentur (Flexible Pavement)

### 2.3 Trip Assignment

Dalam Aspal merupakan bahan pengikat utama dalam campuran aspal beton. Secara fisik, aspal bersifat viskoelastis, berwarna hitam kecoklatan, dan kedap air. Komponen utamanya terdiri dari asphaltene (5–25%) yang memberikan kekakuan serta maltene yang berperan dalam elastisitas, terdiri atas saturated, aromatis, dan resin Agregat adalah komponen terbesar dalam campuran, mencakup 90–95% berat total atau 75–85% volume campuran. Agregat berfungsi memberi kekuatan, stabilitas, dan ketahanan terhadap deformasi. Karakteristik agregat yang diperhatikan meliputi gradasi, bentuk butir, porositas, serta daya lekat dengan aspal. Berdasarkan ukurannya, agregat dibagi menjadi agregat halus ( $\leq 2,36$  mm) dan agregat kasar ( $\geq 4,75$  mm).

Salah satu parameter penting adalah penyerapan agregat, yaitu kemampuan agregat menyerap air yang berkaitan dengan porositas material. Rumus penyerapan agregat adalah:

$$\text{Penyerapan Agregat Kasar} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\%$$

$$\text{Penyerapan Agregat Halus} = \frac{B_s}{B + B_s + B_t} \times 100\%$$

dengan  $B_j$  = berat jenuh kering,  $B_k$  = berat kering oven,  $B_s$  = berat sampel,  $B$  = berat piknometer berisi air, dan  $B_t$  = berat piknometer + sampel + air.

Selain agregat, filler juga berperan penting. Filler adalah material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) seperti kapur, abu terbang, atau semen. Fungsinya adalah meningkatkan kepadatan campuran, mengurangi rongga udara, dan membantu pembentukan mortar antara aspal dengan agregat halus. Namun jumlah filler harus seimbang, karena kelebihan filler membuat campuran rapuh, sedangkan kekurangan filler menyebabkan campuran lembek pada suhu tinggi.

Dalam penelitian ini juga digunakan ceramic fragment sebagai bahan tambahan. Limbah keramik mengandung clay, kwarsa, dan feldspard yang memberikan kekuatan mekanis tambahan. Sementara itu, natural lateks dari getah karet dimanfaatkan karena sifat elastis, daya rekat tinggi, serta ketahanan terhadap retak dan deformasi. Karakteristik campuran AC-WC biasanya dianalisis menggunakan Marshall Test, yang mengukur stabilitas, flow, kepadatan, rongga udara (VIM), rongga agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFA). Parameter ini digunakan untuk menentukan *Job Mix Formula* (JMF) terbaik yang memenuhi spesifikasi teknis dan standar Bina Marga.

## 2.4 Penelitian Terdahulu

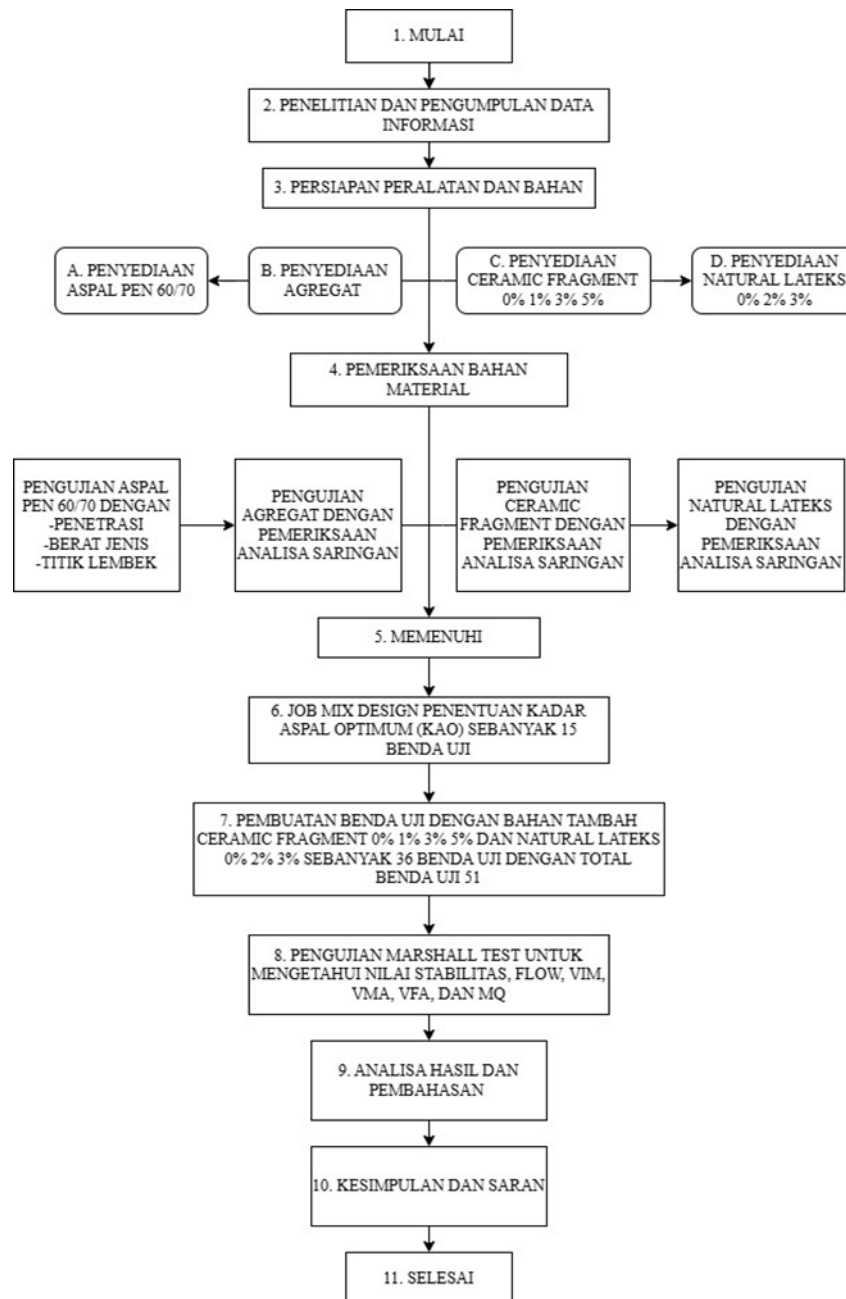
Beberapa penelitian sebelumnya telah meneliti upaya peningkatan kualitas perkerasan jalan melalui pemanfaatan bahan tambah. Wahyudi (2018) menemukan bahwa penggunaan limbah keramik pada campuran aspal dapat meningkatkan stabilitas Marshall dan daya tahan terhadap deformasi permanen. Sementara itu, Hidayat (2019) menunjukkan bahwa pemanfaatan serbuk keramik sebagai filler mampu memperbaiki kepadatan campuran serta mengurangi rongga udara dalam aspal. Selain limbah keramik, penelitian mengenai lateks alami juga banyak dilakukan. Amal (2012) meneliti campuran aspal dengan lateks karet alam dan menemukan adanya peningkatan elastisitas serta ketahanan terhadap retak. Leksiminingsih (2016) melaporkan bahwa penambahan lateks meningkatkan daya rekat antara aspal dan agregat, sehingga campuran lebih tahan terhadap beban lalu lintas berat.

Secara umum, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pemanfaatan material alternatif seperti limbah keramik dan natural lateks berpotensi meningkatkan karakteristik Marshall pada campuran aspal beton. Hal ini mendukung perlunya penelitian lanjutan untuk mengombinasikan kedua material tersebut agar diperoleh campuran AC-WC dengan stabilitas dan daya tahan lebih baik.

### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Rencana Penelitian

Bagan alir penelitian ini merupakan tahapan-tahapan yang dilakukan selama penelitian ini akan dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 3. Bagan alir Penelitian

#### 3.2 Tahapan Penelitian

Tahap awal penelitian dilakukan dengan studi literatur serta pemeriksaan bahan dan alat yang digunakan. Agregat kasar dan halus diuji sesuai standar ASTM dan SNI, meliputi berat jenis, penyerapan, keausan, bentuk butiran, daya lekat terhadap aspal, serta analisis gradasi. Bahan aspal PEN 60/70 juga diperiksa sifat fisiknya melalui uji penetrasi, titik lembek, titik nyala dan bakar, daktalitas, serta berat jenis.

Setelah bahan dinyatakan memenuhi spesifikasi, dilakukan perancangan campuran (*Job Mix Design*) untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Benda uji kemudian dibuat dengan metode Marshall, menggunakan variasi penambahan ceramic fragment dan natural lateks pada campuran. Proses pencampuran dilakukan pada suhu 145–155°C, sedangkan pemadatan pada 110–135°C dengan  $2 \times 75$  tumbukan. Benda uji selanjutnya diuji menggunakan Marshall Test setelah melalui tahap perendaman dan pengkondisian. Parameter yang dianalisis meliputi stabilitas, flow, *Marshall Quotient*, densitas, *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled with Asphalt* (VFA). Hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk menilai kelayakan campuran.

### 3.2 Prosedur Kerja

1. Analisis Perencanaan Campuran
  - a. Komposisi ditentukan berdasarkan gradasi agregat menerus kendaraan
  - b. Analisis saringan dilakukan untuk menentukan proporsi agregat halus dan kasar.
2. Analisis Pembuatan Benda Uji
  - a. Menyiapkan bahan dan alat sesuai rancangan campuran (*Job Mix Design*).
  - b. Pencampuran agregat dan aspal pada suhu  $\pm 150^\circ\text{C}$ , total berat  $\pm 1200$  gram per sampel.
  - c. Pemadatan menggunakan cetakan Marshall, dengan penumbukan 75 kali di kedua sisi.
  - d. Benda uji didiamkan 24 jam pada suhu ruang sebelum diuji.
3. Pengujian Marshall
  - a. Menggunakan prosedur RSNI M-01-2003 dengan alat Marshall, water bath, dan termometer.
  - b. Parameter yang diukur: stabilitas, flow, berat volume, Marshall Quotient, VIM, VMA, dan VFA.
4. Tahap Metode Analisis
  - a. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Perkerasan UNISSULA.
  - b. Variasi campuran: Aspal PEN 60/70, *Ceramic Fragment* (0%, 1%, 3%, 5%) dan *Natural Lateks* (0%, 2%, 3%).
  - c. Tahapan meliputi pengujian sifat fisik aspal, agregat halus, agregat kasar, dan filler sesuai SNI/ASTM.
  - d. Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari rancangan campuran.
  - e. Membuat benda uji (36 sampel) sesuai variasi bahan tambah.
  - f. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan data stabilitas, kelelahan, densitas, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient.
  - g. Data hasil pengujian dianalisis untuk evaluasi kinerja campuran dan penarikan kesimpulan.

## 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah Persiapan material penelitian dilakukan melalui tahapan sistematis, dimulai dari pengambilan bahan baku, penyediaan material, hingga pembuatan benda uji. Material utama diperoleh dari PT. Semarang Multicons, sedangkan seluruh proses pengujian, meliputi pemeriksaan sifat material, pengujian aspal, serta uji Marshall, dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Salah satu tahap penting adalah analisa saringan yang bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butiran agregat, baik kasar, sedang, halus, maupun filler. Hasil analisa menunjukkan bahwa gradasi agregat mempengaruhi volume pori dalam campuran. Agregat dengan ukuran seragam cenderung menghasilkan pori besar, sedangkan variasi ukuran butiran menyebabkan pori lebih kecil karena butiran halus mengisi rongga antar butiran besar. Kondisi ini berdampak pada kepadatan dan stabilitas campuran aspal yang dihasilkan.

Dengan demikian, hasil analisa gradasi agregat menjadi dasar dalam perencanaan campuran, karena distribusi ukuran butir berperan penting dalam menentukan sifat mekanis perkerasan, termasuk kepadatan, stabilitas, serta daya tahan terhadap beban lalu lintas.

#### 4.1 Analisa Hasil Pemeriksaan

##### 4.1.1. Agregat kasar

Colarsel Agregat kasar yang lolos saringan  $1\frac{1}{2}$  -  $\frac{3}{4}$  dan tertahan mulai dari saringan  $\frac{1}{2}$  sampai dengan saringan #200, yang dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil Analisa Pembagian Butiran

UKURAN SARINGAN		TERTAHAN		LOLOS	TERTAHAN		LOLOS	Rata -rata
SIEVE SIZE		gr	%	%	gr	%	%	
inch	mm							
1"	25							
3/4"	19			<b>100.00</b>			<b>100.00</b>	
1/2"	12.5	860	28.66	<b>71.34</b>	739	24.65	<b>75.35</b>	<b>73.35</b>
3/8"	9.5	2,277	75.89	<b>24.11</b>	2,203	73.45	<b>26.55</b>	<b>25.33</b>
# 4	4.75	2,955	98.49	<b>1.51</b>	2,954	98.45	<b>1.55</b>	<b>1.53</b>
# 8	2.36	2,966	98.87	<b>1.13</b>	2,970	99.02	<b>0.98</b>	<b>1.06</b>
# 16	1.15	2,991	99.71	<b>0.29</b>	2,993	99.78	<b>0.22</b>	<b>0.26</b>
# 30	0.6	2,992	99.74	<b>0.26</b>	2,993	99.78	<b>0.22</b>	<b>0.24</b>
# 50	0.3	2,993	99.76	<b>0.24</b>	2,993	99.78	<b>0.22</b>	<b>0.23</b>
#100	0.15	2,993	99.76	<b>0.24</b>	2,993	99.78	<b>0.22</b>	<b>0.23</b>
# 200	0.075	2,993	99.76	<b>0.24</b>	2,993	99.78	<b>0.22</b>	<b>0.23</b>
Weight Of Sample (gr)		3,000			3,000			

##### 4.1.2. Agregat kasar medium

Medium Agregat atau agregat kasar yang lolos saringan  $1\frac{1}{2}$  -  $\frac{1}{2}$  dan tertahan mulai dari saringan  $\frac{3}{8}$  sampai dengan saringan #200, yang dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut

Tabel 2. Hasil Analisa Pembagian Butiran

UKURAN SARINGAN		TERTAHAN		LOLOS	TERTAHAN		LOLOS	Rata -rata
SIEVE SIZE		gr	%	%	gr	%	%	
inch	mm							
1"	25							
3/4"	19							
1/2"	12.5	-	-	<b>100.00</b>	-	-	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
3/8"	9.5	324	21.59	<b>78.41</b>	306	20.37	<b>79.63</b>	<b>79.02</b>
# 4	4.75	995	66.32	<b>33.68</b>	1,042	69.44	<b>30.56</b>	<b>32.12</b>
# 8	2.36	1,404	93.60	<b>6.40</b>	1,414	94.24	<b>5.76</b>	<b>6.08</b>
# 16	1.15	1,469	97.92	<b>2.08</b>	1,459	97.28	<b>2.72</b>	<b>2.40</b>
# 30	0.6	1,471	98.10	<b>1.90</b>	1,465	97.64	<b>2.36</b>	<b>2.13</b>
# 50	0.3	1,474	98.28	<b>1.72</b>	1,472	98.15	<b>1.85</b>	<b>1.79</b>
#100	0.15	1,479	98.58	<b>1.42</b>	1,478	98.54	<b>1.46</b>	<b>1.44</b>
# 200	0.075	1,485	98.97	<b>1.03</b>	1,491	99.37	<b>0.63</b>	<b>0.83</b>
Weight Of Sample (gr)		1,500			1,500			

#### 4.1.3. Agregat Kasar Medium

Medium Agregat Hasil pengujian bahan yang digunakan pada campuran lapis aspal beton Dengan pen. 60/70, berdasarkan hasil uji laboratorium didapat hasil yang dapat dilihat pada Tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3 Hasil Analisa Pembagian Butiran

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
<b>A Agregat Kasar</b>					
1	Partikel pipih dan lonjong	ASTMD4791-10	Maks. 10%	3,59%	Memenuhi
2	Material lolos saringan no.200	ASTMC117:2012	Maks. 1%	0,24%	Memenuhi
3	Penyerapan air oleh agregat Agregat kasar ½. Agregat kasar ¾	SNI 03-1969-1990	Maks.3%	2,3% 2,18%	Memenuhi
4	Berat jenis (bulk specific gravity)	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5%	2,77% 2,69%	Memenuhi

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
<b>B Agregat Halus</b>					
1	Material lolos saringan no.200	SNI 03-4141-1996	Maks. 15%	1,03%	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat Agregat kasar ½. Agregat kasar ¾	SNI 03-1969-1990	Maks.3%	2,58% 2,27%	Memenuhi
3	Berat jenis (bulk specific gravity) Agregat kasar 1/2 Agregat kasar ¾	SNI 03-1969-1990	Min. 2,5%	2,61% 2,54%	Memenuhi

#### 4.1.4. Hasil Pemeriksaan Aspal

Medium Agregat Hasil pengujian bahan yang digunakan pada campuran lapis aspal aspal AC Dengan pen. 60/70, berdasarkan hasil uji laboratorium didapat hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal PEN 60/70		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Keterangan
			Min	Max			
1	Penetrasi 25°C. 100 g. 5 detik	0.1 mm	60	70	65,7	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
2	Titik Lembek 5°C ( <i>Ring and Ball Test</i> )	°C	48	58	51.55	SNI-06-2434-1991	Memenuhi
3	Titik Nyala ( <i>Cleaveland Open Cup</i> )	°C	Min 200	-	314	SNI-06-2433-1991	Memenuhi
4	Daktilitas	cm	Min. 100	-	151.5	SNI-06-2432-1991	Memenuhi
5	Berat Jenis	%	Min. 1.0	-	1.035	SNI-06-2432-1991	Memenuhi

4.2 Rangkuman Hasil Pengujian

Tabel 5. Rangkuman Hasil Penguji

Pengujian (modifikasi Serbuk Keramik dan Natural Latex)														
BJ Aspal (T) :	1.034799	BJ Efektif Total Agregat (Gse) :	2.629	BJ Total Agg (Gsb) :	2.749	Kalibrasi Proving Ring :		9.817	kg					
no benda uji	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(vfb)	stabilitas dibaca arloji	kelelahan di plastis ( flow )	hasil bagi marshall ( mq )	
b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)g gsb	100 - (100*g) h	100(i-j) i	100(i-j)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
SK0BU1	5.8	1135.6	655	1153	498	2.280	2.441	21.86	6.56	69.97	112	1099.50	2.50	439.80
SK0BU1	5.8	1137.6	650.6	1146.2	495.6	2.295	2.441	21.34	5.95	72.14	235	2307.00	5.00	461.40
SK0BU1	5.8	1144.2	656.2	1145.6	489.4	2.338	2.441	19.88	4.20	78.87	156	1531.45	5.35	286.25
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.305</b>	<b>2.441</b>	<b>21.03</b>	<b>5.57</b>	<b>73.66</b>	<b>168</b>	<b>1645.98</b>	<b>4.28</b>	<b>384.28</b>
SK0BU2	5.8	1170.2	662.2	1151.6	489.4	2.391	2.444	18.06	2.15	88.10	119	1168.22	4.50	259.61
SK0BU2	5.8	1143.4	656.8	1153.8	497	2.301	2.444	21.17	5.85	72.35	123	1207.49	4.55	265.38
SK0BU2	5.8	1144.6	671	1182.6	511.6	2.237	2.444	23.33	8.44	63.82	203	1992.85	4.60	433.23
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.310</b>	<b>2.444</b>	<b>20.85</b>	<b>5.48</b>	<b>74.76</b>	<b>148</b>	<b>1456.19</b>	<b>4.55</b>	<b>320.04</b>
SK0BU3	5.8	1126.2	686.8	1190	503.2	2.238	2.393	23.31	6.47	72.23	143	1403.83	4.30	326.47
SK0BU3	5.8	1184.8	651.2	1133.8	482.6	2.455	2.393	15.87	-2.59	116.35	158	1551.09	4.60	337.19
SK0BU3	5.8	1123.2	709.2	1222.6	513.4	2.188	2.393	25.03	8.57	65.75	254	2493.52	5.70	437.46
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.294</b>	<b>2.393</b>	<b>21.40</b>	<b>4.15</b>	<b>84.77</b>	<b>185</b>	<b>1816.15</b>	<b>4.87</b>	<b>373.18</b>
SK1BU1	5.8	1190.4	671.6	1165.2	493.6	2.412	2.536	17.36	4.90	71.76	175	1717.98	4.20	409.04
SK1BU1	5.8	1173.6	672.6	1175.6	503	2.333	2.536	20.05	8.00	60.12	193	1894.68	4.70	403.12
SK1BU1	5.8	1160.3	681.4	1191.2	509.8	2.276	2.536	22.01	10.25	53.42	183	1796.51	4.90	366.63
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.340</b>	<b>2.536</b>	<b>19.81</b>	<b>7.72</b>	<b>61.76</b>	<b>184</b>	<b>1803.06</b>	<b>4.60</b>	<b>391.97</b>
SK1BU2	5.8	1218.8	669	1176.2	507.2	2.403	2.466	17.66	2.55	85.59	130	1276.21	5.60	227.89
SK1BU2	5.8	1215.6	685.2	1230.8	545.6	2.228	2.466	23.65	9.64	59.24	163	1600.17	5.15	310.71
SK1BU2	5.8	1169.6	694.2	1222.4	528.2	2.214	2.466	24.12	10.20	57.73	157	1541.27	5.30	290.81
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.282</b>	<b>2.466</b>	<b>21.81</b>	<b>7.46</b>	<b>67.52</b>	<b>150</b>	<b>1472.55</b>	<b>5.35</b>	<b>275.24</b>
SK1BU3	5.8	1209.2	676	1194.4	518.4	2.333	2.473	20.07	5.70	71.61	130	1276.21	5.60	227.89
SK1BU3	5.8	1221.8	691	1228.2	537.2	2.274	2.473	22.06	8.05	63.52	159	1560.90	4.50	346.87
SK1BU3	5.8	1188.2	692.2	1220.4	528.2	2.250	2.473	22.92	9.05	60.49	194	1904.50	4.70	405.21
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.285</b>	<b>2.473</b>	<b>21.68</b>	<b>7.60</b>	<b>65.20</b>	<b>161</b>	<b>1580.54</b>	<b>4.93</b>	<b>320.38</b>
SK2BU1	5.8	1172.8	678.4	1182.8	504.4	2.325	2.403	20.32	3.23	84.09	178	1747.43	4.40	397.14
SK2BU1	5.8	1246	711.6	1250.6	539	2.312	2.403	20.79	3.79	81.75	242	2375.71	6.30	377.10
SK2BU1	5.8	1180.2	668.8	1177.2	508.4	2.321	2.403	20.45	3.39	83.43	178	1747.43	4.45	392.68
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.319</b>	<b>2.403</b>	<b>20.52</b>	<b>3.47</b>	<b>83.09</b>	<b>199</b>	<b>1956.86</b>	<b>5.05</b>	<b>387.50</b>
SK2BU2	5.8	1168.6	661.2	1165.8	504.6	2.316	2.433	20.64	4.83	76.59	135	1325.30	8.25	160.64
SK2BU2	5.8	1195.8	682.2	1198.4	516.2	2.317	2.433	20.62	4.80	76.70	205	2012.49	6.50	309.61
SK2BU2	5.8	1171.2	660.2	1176.8	516.6	2.267	2.433	22.31	6.84	69.37	165	1619.81	7.80	207.67
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.300</b>	<b>2.433</b>	<b>21.19</b>	<b>5.49</b>	<b>74.22</b>	<b>168</b>	<b>1652.53</b>	<b>7.52</b>	<b>219.85</b>
SK2BU3	5.8	1137.2	656	1143	487	2.335	2.357	19.98	0.95	95.27	155	1521.64	5.50	276.66
SK2BU3	5.8	1162	664.8	1167.6	502.8	2.311	2.357	20.81	1.97	90.55	153	1502.00	6.20	242.26
SK2BU3	5.8	1136.8	655	1141.4	486.4	2.337	2.357	19.91	0.86	95.69	148	1452.92	5.50	264.17
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.328</b>	<b>2.357</b>	<b>20.23</b>	<b>1.26</b>	<b>93.83</b>	<b>152</b>	<b>1492.18</b>	<b>5.73</b>	<b>260.26</b>
SK3BU1	5.8	1170.6	676.4	1191	514.6	2.275	2.281	22.05	0.29	98.69	165	1619.81	5.90	274.54
SK3BU1	5.8	1169.4	668.4	1167.2	498.8	2.344	2.281	19.66	-2.76	114.06	165	1619.81	3.70	437.79
SK3BU1	5.8	1185	669.8	1175.2	505.4	2.345	2.281	19.65	-2.78	114.12	175	1717.98	3.65	470.68
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.321</b>	<b>2.281</b>	<b>20.46</b>	<b>-1.75</b>	<b>108.95</b>	<b>168</b>	<b>1652.53</b>	<b>4.42</b>	<b>374.16</b>
SK3BU2	5.8	1150.8	675.4	1191	515.6	2.232	2.205	23.52	-1.21	105.14	153	1502.00	3.50	429.14
SK3BU2	5.8	1170.2	665	1177.8	512.8	2.282	2.205	21.80	-3.48	115.94	170	1668.89	4.30	388.11
SK3BU2	5.8	1182	656	1156.6	500.6	2.361	2.205	19.09	-7.07	137.02	190	1865.23	4.70	396.86
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.292</b>	<b>2.205</b>	<b>21.47</b>	<b>-3.92</b>	<b>119.37</b>	<b>171</b>	<b>1678.71</b>	<b>4.17</b>	<b>402.89</b>
SK3BU3	5.8	1105.6	639.8	1102.6	462.8	2.389	2.129	18.14	-12.19	167.23	190	1865.23	3.10	601.69
SK3BU3	5.8	1142.6	659.2	1148	488.8	2.328	2.129	19.90	-9.78	149.16	183	1796.51	3.40	528.39
SK3BU3	5.8	1155.6	661.2	1162.4	501.2	2.306	2.129	20.99	-8.28	139.46	205	2012.49	3.35	600.74
<b>Rata-rata</b>	<b>5.8</b>					<b>2.344</b>	<b>2.129</b>	<b>19.68</b>	<b>-10.09</b>	<b>151.95</b>	<b>193</b>	<b>1891.41</b>	<b>3.28</b>	<b>576.06</b>

## 5 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data yang sudah dilakukan dalam penelitian ini, maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil *job mix formula* pada pengujian marshall yang hampir memenuhi semua parameter dan terbaik yaitu pada variasi SK2BU1 (Serbuk Keramik 3% dan Natural Latex 2%) dengan nilai rongga udara (VIM) 3,79%, nilai rongga diantara agregat (VMA) 20,79%, rongga terisi aspal (VFB) 81,75%, stabilitas 2375,71 kg, kelelahan (flow) 4,40 mm, dan *marshall quention* (MQ) 377,10 kg/mm.
2. Stabilitas marshall tertinggi diperoleh pada variasi SK2BU1 (Serbuk Keramik 3% dan Natural Latex 2%) dengan nilai stabilitas sebesar 2375,71 kg.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sulila, W. (2015). Analisa Mutu Material Aspal Retona Blend 55 Dan Aspal Minyak. *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 3(1), 29–34.
- [2] Sulistyono, J. A. (2019). *Analisa Pengaruh Rendaman Air Pasang ( ROB) Terhadap Aspal Wearing Course*. <http://repository.unissula.ac.id/20551/>
- [3] Darmawan, R., & Lizar, L. (2020). PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN KAKU (RIGID PAVEMENT) MENGGUNAKAN METODE BM - 2017. *Jurnal TeKLA*, 2(2), 97. <https://doi.org/10.35314/tekla.v2i2.1823>
- [4] Amal, A. S. (2012). Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal AC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt Treated Base (Atb). *Jurnal Media Teknik Sipil*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v9i1.1111>
- [5] ASRI, J., Kurniasari, F. D., & Bunyamin, B. (2022). pemanfaatan getah karet untuk substitusi aspal modifikasi lapisan asphalt concrete wearing course (Ac-wc) dengan metode basah. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 8(1), 60–
- [6] ASTM D 4791. (2019). Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate. *ASTM International*, i, 1–4.
- [7] Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 3407:2008 Cara uji sifat kekekalan agregat dengan cara perendaman menggunakan larutan natrium sulfat atau magnesium sulfat. *Badan Standardisasi Nasional*.
- [8] Bamher, B. G. (2020). Analisis tebal perkerasan lentur menggunakan metode manual desain perkerasan jalan 2017 pada proyek jalan baru batas kota singaraja-mengwitani, buleleng. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 1–43.
- [9] Bina Marga. (2018). *General Spesification of Indonesia Highways and Bridges*.
- [10] Gul, W. A., & Guler, M. (2014). Rutting susceptibility of asphalt concrete with recycled concrete aggregate using revised Marshall procedure. *Construction and Building Materials*, 55, 341–349. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.01.043>
- [11] Hartono, J., Dian Eksana, W., & Fajari, A. (2020). *PENGARUH VARIASI BAHAN TAMBAH KAWAT BENDRAT DAN FILLER ABU SEKAM PADI PADA*
- [12] *LASTON ( AC-BC ) TERHADAP dari lapis aspal beton dalam menerima dan VMA yang tinggi akan mempunyai Faktor-faktor*. 16(2), 124–131.
- [13] Latif, A., Irwan, Rusdi, M., Mustanir, A., & Sutrisno, M. (2019). Partisipasi Masyarakat Dalam Pembangunan Infrastruktur Di Desa Timoreng Panua Kecamatan Panca Rijang Kabupaten Sidenreng Rappang. *Jurnal MODERAT*, 5(1), 1–15. <https://jurnal.unigal.ac.id/index.php/moderat/article/view/1898>

- [14] Setiawan, D. (2019). Kompterisasi Perhitungan Parameter Marshall Untuk Rancangan Campuran Beton Aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 4(1), 9–27. <https://doi.org/10.28932/jts.v4i1.1293>
- [15] Situmorang, A., Pratomo, P., & Herianto, D. (2016). Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Uji Karakteristik Marshall Untuk Campuran Laston (AC-BC). *Jrsdd*, 4(1), 89–98.
- [16] SNI 1970. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18.
- [17] SNI 2417-2008. (2008). Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta. *Badan Standardisasi Nasional*, 1–20.
- [18] Susilowati, A., Wiyono, E., & Pratikno. (2021). Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Tambah pada Beton Aspal Campuran Panas [Utilization of Plastic Waste as an Additive in Hot Mixed Asphalt Concrete]. *Bangun Rekaprima*, 7(2), 15–23
- [19] Al-Amri, F. (2013). Dengan Aspal Buton Lawele Pada Campuran Aspal Concrete Base Course ( Ac-Bc ) Menggunakan Metode Marshall Test. *RADIAL-Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 4(2), 181–190. <https://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/article/view/137%0Ahttps://stitek-binataruna.e-journal.id/radial/article/download/137/123>