

# DAMPAK PENAMBAHAN LIMBAH SERBUK BESI SEBAGAI PENGGANTI BEBERAPA AGREGAT HALUS TERHADAP STABILITAS CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL TEST

Nadya Shafira Salsabilla<sup>1</sup>, Hasbi Firmansyah<sup>2</sup>, M. Cipto Sugiono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas PancasaktiTegal, Kota Tegal

<sup>2</sup>Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas PancasaktiTegal, Kota Tegal

<sup>3</sup>Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas PancasaktiTegal, Kota Tegal

E-mail: nadyashafira@upstegal.ac.id, hasbifirmansyah80@gmail.com.

**ABSTRAK:** Kekuatan suatu perkerasan jalan ditentukan oleh daya dukung tanah, jenis aspal dan agregat-agregat yang digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan perkerasan jalan. Namun, sejalan dengan kemajuan bahan teknologi telah banyak dikembangkan penelitian tentang pemanfaatan limbah sebagai bahan perkerasan jalan. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan bahan yang digunakan yaitu limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus dengan kadar 5%, 10%, dan 15%. Limbah serbuk besi merupakan salah satu bagian dari hasil sisa pemotongan besi yang berfungsi sebagai bahan pengisi rongga-rongga dari suatu campuran aspal panas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai uji *Marshall* dan nilai stabilitas pada campuran aspal panas dengan menggunakan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus sebanyak 5%, 10%, dan 15%. Hasil penelitian nilai uji *Marshall* pada campuran aspal panas dengan menggunakan limbah serbuk besi sebagai pengganti agregat halus pada kadar 5%, 10%, dan 15% dapat berdampak nilai karakteristik *Marshall* yaitu meliputi nilai kepadatan (*density*), VIM, VMA, VFA, Nilai Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient* (MQ), dapat menghasilkan bahwa dalam penambahan limbah serbuk dengan kadar 5% memiliki hasil sebesar 992,64 kg, pada kadar 10% sebesar 1058,13kg dan untuk kadar 15% memiliki nilai sebesar 882,35 kg.

**Kata Kunci:** Agregat, Limbah Serbuk Besi, Aspal AC-BC, *Marshall Test*

## 1. PENDAHULUAN

Kekuatan dan keawetan suatu perkerasan jalan sangat ditentukan oleh daya dukung tanah, karena jenis aspal dan agregat-agregat yang digunakan sebagai bahan utama dalam pembuatan perkerasan lentur jalan. Seiring berkembangnya jaman, semakin banyak transportasi yang melintasi jalan dan membuat lapisan jalan semakin rusak, oleh karena itu dalam pekerjaan jalan aspal beton dikembangkan menjadi tiga bagian yaitu lapis tipis pasir (*latasir*), lapis tipis aspal beton (*latason*) dan lapis tipis aspal beton (*laston*). Pada umumnya, agregat kasar dan agregat halus dapat diperoleh dari batu pecah dengan gradasi dan persyaratan tertentu. Namun, sejalan dengan kemajuan bahan teknologi telah banyak dikembangkan penelitian tentang pemanfaatan limbah sebagai bahan perkerasan jalan.

Salah satu bahan campuran dari pemanfaatan limbah yang bias dipakai adalah dengan menggunakan limbah serbuk besi dengan tujuan mengurangi dan mengelola limbah serbuk besi sebagai pengganti agregat halus pada aspal panas. Serbuk besi merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat dipergunakan sebagai bahan tambah untuk perkerasan jalan, maka serbuk besi disebut bahan yang dihasilkan dari sisa pemotongan besi atau pembubutan yang berbahan besi. Serbuk besi merupakan salah satu bagian dari hasil sisa pemotongan atau pembubutan yang bias berfungsi sebagai bahan pengisi rongga-rongga dari suatu campuran aspal, maka disamping itu serbuk besi juga berfungsi sebagai media untuk pelumasan aspal terhadap permukaan agregat. Prosentase yang kecil pada serbuk besi terhadap campuran beraspal, bukan berarti tidak mempunyai efek yang besar pada sifat-sifat *Marshall* yang juga merupakan kinerja campuran terhadap lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi permasalahan yang sering

terjadi akibat kerusakan beban di jalan raya dan genangan air maupun cuaca panas yaitu dengan menggunakan bahan limbah dari serbuk besi.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilakukan pada laboratorium beton PT. Nisajana Hasna Rizky (Jl. Yomani Guci KM 3 Danawarih, Kecamatan Balapulang, Kabupaten Tegal, Tegal, Jawa Tengah). Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dimensi 10 x 7,5cm dengan penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada campuran aspal panas dengan variasi 5%, 10% dan 15%. Serta dengan pembuatan sampel sebanyak 3 variasi sampel benda uji dengan menggunakan bahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus.

### Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari bulan Oktober 2021-Januari 2022. Tempat penelitian akan dilakukan ditempat laboratorium NHR (Nisajana Hasna Rizky), Jl. Raya Yomani Guci Km.03, Desa Danawarih Kec.Balapulang, Kab.Tegal.

### Variabel Penelitian

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut. Berdasarkan penelitian eksperimen ini, maka variabel dibagi menjadi dua yaitu variabel bebas variabel terikat.

### Instrumen Penelitian

Pada instrumen penelitian ini hal yang harus dipersiapkan dengan baik agar dalam penelitian sistematis

adalah alat dan bahan yang jelas sehingga menghasilkan sesuai dengan tujuan penelitian.

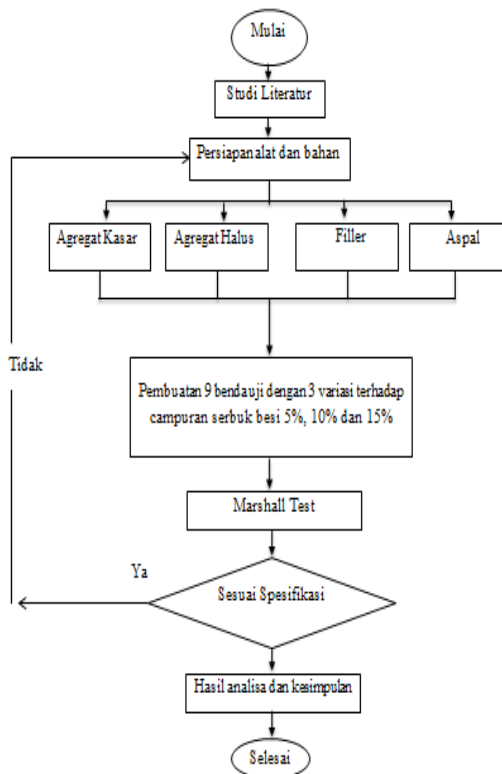
**Tahapan Penelitian**

Berikut tahapan-tahapan dalam penelitian ini yaitu:

- 1) Tahap I  
 Pada tahapan ini adalah mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan dipergunakan dalam penelitian.
- 2) TahapII  
 Pada tahap ini dilakukan pengujian fisik agregat dan pembuatan benda uji dengan cara membuat perencanaan campuran (*desain mix formula*) dari PT. NISAJANA HASNA RIZKY, selanjutnya melakukan pengujian *marshall* pada benda uji yang telah dibuat.
- 3) TahapIII  
 Pada tahap ini data-data yang telah didapat pada pengujian benda uji dengan menggunakan test marsahall dikumpulkan dan dianalisa, sehingga akan didapat suatu kesimpulan dengan hasil penelitian ini.

**Diagram Alur Penelitian**

Diagram alur adalah sebuah jenis diagram yang mewakili algoritma atau alur pikir yang menampilkan langkah dalam bentuk simbol grafis. Diagram ini juga mewakili ilustrasi atau penggambaran penyelesaian sebuah masalah seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

**3. HASIL PENELITIAN**

Hasil pengujian sifat fisik agregat yang digunakan dalam penelitian ini akan dijelaskan pada table dibawah ini. Berdasarkan hasil dari pengujian agregat yang diambil dari material AMP PT. NISAJANA HASNA RIZQY yang merupakan material batuan hasil dari proses

pemecahan batu dengan menggunakan mesin pemecah batuan (*stone crusher*) yang pengujiannya dilakukan di Laboratorium Teknik PT. NISAJANA HASNA RIZQY.

1) Pengujian Material Agregat

Berikut ini adalah hasil pada Tabel 1 rekapitulasi pengujian agregat gabungan.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Gabungan

No	Pengujian	StandarPengu jian	Spesifikasi	Hasil	Keterang an
1	<b>Keausan</b>	SNI 2417:2008	Maks. 40%	31%	<b>Terpenu hi</b>
2	<b>GradasiA gregat</b>	SNI ASTM C136:2012	SpesifikasiLa ston (AC)	Hasil grada si % lolos	<b>Terpenu hi</b>
	UkuranSaringan		BCLP		
	mm (inci)				
	36,1 mm (1,5 inci)	100		<b>10</b> <b>0</b>	
	25,4 mm (1 inci)	100		<b>10</b> <b>0</b>	
	19,1 mm (3/4 inci)	90--100		<b>92,</b> <b>68</b>	
	12,7 mm (1/2 inci)	75--90		<b>80,</b> <b>62</b>	
	9,52 mm (3/8 inci)	66-82		<b>68,</b> <b>68</b>	
	4,75 mm (No.4)	46--64		<b>52,</b> <b>59</b>	
	2,36 (No.8)	30--49		<b>39,</b> <b>30</b>	
	1,18 mm (No.16)	18--38		<b>14</b> <b>24,</b>	
	0,6 mm (No.30)	12--28		<b>00</b> <b>16,</b>	
	0,3 mm (No.50)	7--20		<b>66</b> <b>9,5</b>	
	0,15 mm (No.100)	5--13		<b>1</b> <b>5,8</b>	
	0,075 mm (No.200)	4--8		<b>4</b>	

2) Job Mix Formula

Berikut ini adalah Tabel 2 rincian dari Job Mix Formula:

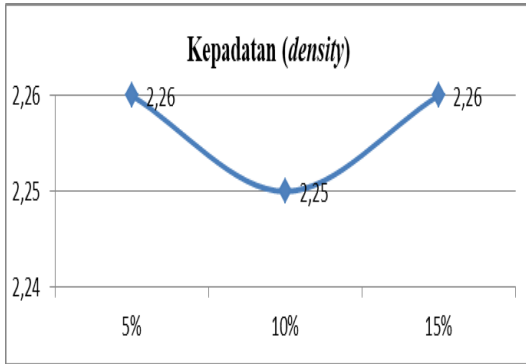
Tabel 2. Hasil Rincian dari Job Mix Formula

No	Uraian Material	Komposisi % terhadap campuran			Berat Total Material (gr)		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
1	Limbah serbuk besi	1,88	3,76	5,65	22,59	45,18	67,77
2	Abu batu	35,77	33,89	32,00	429,21	406,62	384,03
3	Agregat ukuran maks. 1/2"	31,15	31,15	31,15	373,80	373,80	373,80
4	agregat ukuran maks. 3/4"	12,27	12,27	12,27	147,24	147,24	147,24
5	Agregat ukuran maks. 1,0"	11,33	11,33	11,33	135,96	135,96	135,96
6	Filler	2,00	2,00	2,00	24,00	24,00	24,00
7	Aspal	5,60	5,60	5,60	67,20	67,20	67,20
	TOTAL	100	100	100	1200	1200	1200

Berikut ini adalah pembahasan dampak penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus dengan kadar 5%, 10%, dan 15%.

- Pengujian nilai kepadatan (*density*) terhadap benda uji dengan penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5%, 10%, dan 15%. Berikut adalah hasil Gambar 2 grafik

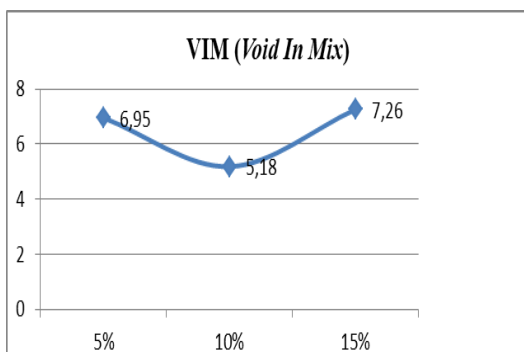
pengujian nilai kepadatan.



Gambar 2. Grafik Kadar Limbah Serbuk Besi terhadap Nilai *Density* (Kepadatan)

Dari hasil Gambar 2 grafik diatas memperlihatkan pada penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti agregat halus pada kadar 5% sebesar 2,26 gr/cc, pada kadar 10% dengan nilai kepadatan sebesar 2,25 gr/cc, dan pada kadar 15% dengan nilai kepadatan sebesar 2,26 gr/cc.

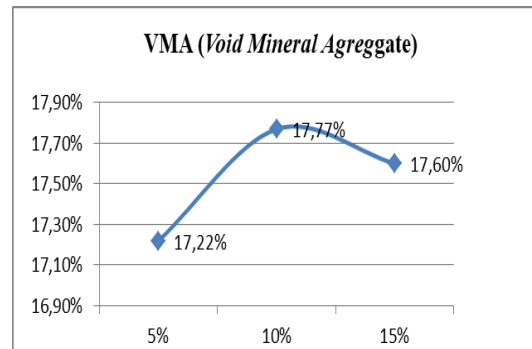
- Pengujian nilai VIM (*Void In Mix*) terhadap benda uji dengan penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5%, 10%, dan 15%. Berikut adalah hasil Gambar 3 grafik pengujian nilai VIM.



Gambar 3. Grafik Penambahan Limbah Serbuk Besi terhadap Nilai VIM

Dari Gambar 3 grafik diatas menunjukkan bahwa penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5% dengan nilai VIM sebesar 6,59% , pada kadar 10% dengan nilai VIM sebesar 5,18%, dan pada kadar 15% diperoleh nilai VIM sebesar 7,26%.

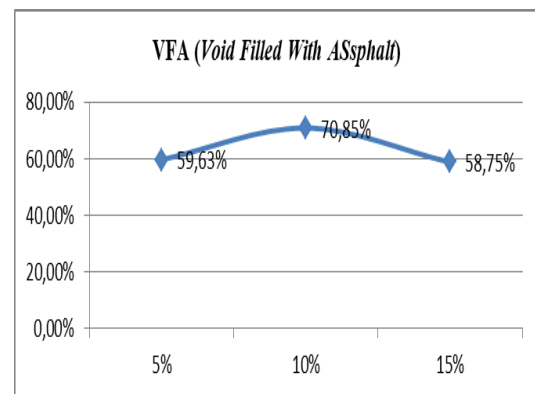
- Pengujian nilai VMA (*Void InMieralAgregate*) terhadap benda uji dengan penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5%, 10%, dan 15%. Berikut adalah hasil Gambar 4 grafik pengujian nilai VMA.



Gambar 4. Grafik Penambahan Limbah Serbuk Besi terhadap Nilai VMA

Dari Gambar 4 grafik diatas menunjukkan bahwa hasil nilai VMA dengan penelitian penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5% sebesar 17,22%, sedangkan pada kadar 10% dengan nilai VMA sebesar 17,77%, dan pada kadar 15% sebesar 17,60%.

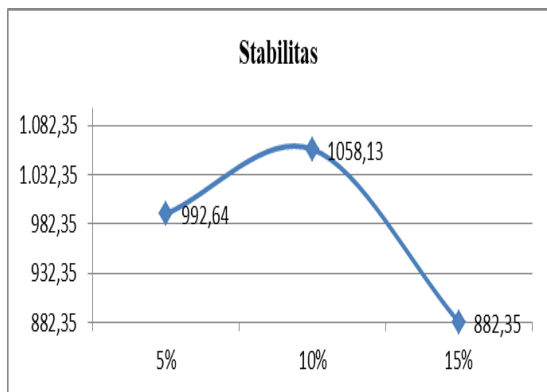
- Pengujian nilai VFA (*Void Filled With Asphalt*) terhadap benda uji dengan penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5%, 10%, dan 15%. Berikut adalah hasil Gambar 5 grafik pengujian nilai VFA.



Gambar 5. Grafik Penambahan Limbah Serbuk Besi terhadap Nilai VFA

Dari Gambar 5 grafik diatas menunjukkan bahwa hasil nilai VFA dengan penelitian penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5% sebesar 59,63%, sedangkan pada kadar 10% dengan nilai VFA sebesar 70,85%, dan pada kadar 15% sebesar 58,75%.

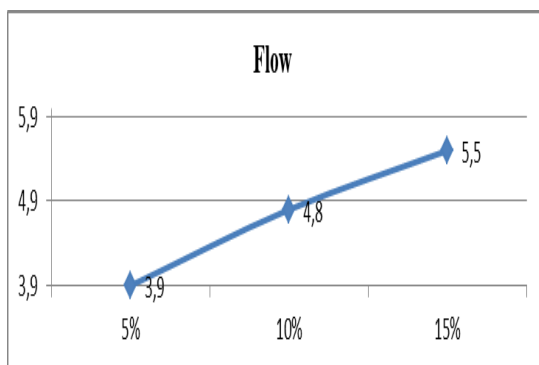
- Pengujian nilai stabilitas terhadap benda uji dengan penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5%, 10%, dan 15%. Berikut adalah hasil Gambar 6 grafik pengujian nilai stabilitas.



Gambar 6. Grafik Penambahan Limbah Serbuk terhadap Nilai Stabilitas

Dari hasil Gambar 6 grafik diatas memperlihatkan bahwa nilai stabilitas pada penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti agregat halus pada kadar 5% sebesar 992,64kg, pada kadar 10% dengan nilai stabilitas sebesar 1058,13kg, sedangkan pada kadar 15% dengan nilai stabilitas sebesar 882,35kg.

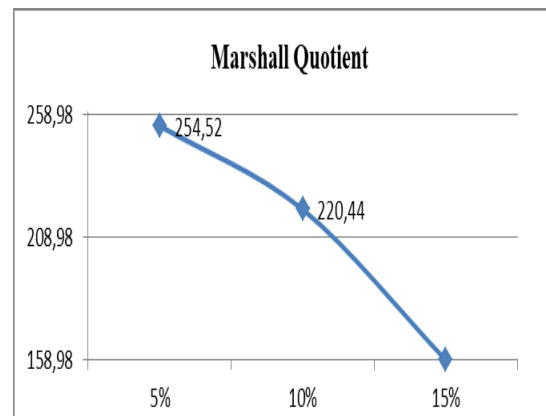
- Pengujian nilai *Flow* (Kelelahan) terhadap benda uji dengan penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5%, 10%, dan 15%. Berikut adalah hasil Gambar 7 grafik pengujian nilai *Flow* (Kelelahan)



Gambar 7. Grafik Penambahan Limbah Serbuk Besi terhadap nilai *flow*

Dari Gambar 7 grafik diatas menunjukkan bahwa hasil nilai kelelahan (*Flow*) dengan penelitian penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5% sebesar 3,9 mm sedangkan pada kadar 10% dengan nilai kelelahan (*Flow*) sebesar 4,8 mm, dan pada kadar 15% sebesar 5,55 mm.

- Pengujian nilai *Marshall Quotient* (MQ) terhadap benda uji dengan penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5%, 10%, dan 15%. Berikut adalah hasil Gambar 8 grafik pengujian nilai *Marshall Quotient* (MQ).



Gambar 8. Grafik Penambahan Limbah Serbuk Besi terhadap Nilai *Marshall Quotient*

Dari hasil Gambar 8 grafik diatas memperlihatkan bahwa nilai *Marshall Quotient* pada penambahan limbah serbuk besi sebagai pengganti agregat halus pada kadar 5% sebesar 254,52 kg/mm, pada kadar 10% dengan nilai *Marshall Quotient* sebesar 220,44 kg/mm, sedangkan pada kadar 15% dengan nilai *Marshall Quotient* sebesar 158,98 kg/mm.

Berdasarkan hasil dari pengujian sampel campuran aspal AC-BC yang ditambah limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus dengan variasi kadar 5%, 10%, 15% dengan berat aspal yang diperoleh dari karakteristik *Marshall* dengan rincian pada Tabel 3 di bawah ini :

Tabel 3. Hasil Pengujian *Marshall*

No	Karakteristik	Spesifikasi	Job Mix Design PT.NHR	Kadar limbah serbuk besi terhadap berat aspal		
				5%	10%	15%
1	Kepadatan (gr/cc)	-	2,295	2,26	2,25	2,26
2	VIM (%)	3-5	4,20	6,59	5,18	7,26
3	VMA (%)	Min. 14	16,00	17,22	17,77	17,60
4	VFA (%)	Min. 65	74,00	59,63	70,85	58,75
5	Stabilitas (kg)	Min 900	1300,00	992,64	1058,13	882,35
6	Kelelahan (mm)	2-4	3,35	3,90	4,80	5,55
7	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min 250	390,0	254,52	220,44	158,98

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Pada dampak nilai uji marshall pada campuran aspal panas dengan menggunakan limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus pada kadar 5%, 10% dan 15% adalah dapat memdampak inilai karakteristik marshall yaitu meliputi nilai Kepadatan, VIM, VMA, VFA, Stabilitas, Kelelahan (*Flow*), dan *Marshall Quotient*.
- 2) Pada nilai stabilitas aspal panas dengan campuran menggunakan limbah serbuk besi sebagai pengganti agregat halus pada kadar 5%, 10% dan 15%. Berdasarkan hasil dari Job Mix Design PT.

NISAJANA HASNA RIZQY memiliki nilai stabilitas marshall sebesar 1300 kg. Dimana penambahan yang paling efektif pada kadar 10% karena pada saat itu nilai stabilitas marshall mengalami kenaikan dengan nilai 1058,13 kg dibandingkan dengan stabilitas bahan tambah limbah serbuk besi dengan kadar 5% dengan nilai 992,64 kg, sedangkan untuk bahan tambah limbah serbuk besi pada kadar 15% mengalami penurunan dengan nilai 882,35 kg.

- 3) Pada penambahan kadar limbah serbuk besi pada campuran aspal panas pada penelitian ini ada yang tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu VIM, pada nilai VFA yang tidak masuk pada kadar 5% dengan nilai 59,63 dan pada kadar 15% dengan nilai 58,75, pada nilai stabilitas yang tidak masuk pada kadar 15% dengan nilai sebesar 882,35 kg, pada nilai kelelahan (flow) yang tidak masuk pada kadar 10% sebesar 4,80 dan pada kadar 15% memiliki nilai sebesar 5,55, sedangkan pada nilai marshall quotient yang tidak masuk pada kadar 10% dengan nilai sebesar 220,44 kg/mm, dan pada kadar 15% sebesar 158,98 kg/mm. Namun untuk persyaratan lain sudah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018, diantaranya, Kepadatan, VMA, pada nilai VFA yang masuk pada kadar 10%, sedangkan pada nilai stabilitas yang masuk pada kadar 5% dan 10%, sedangkan di nilai kelelehannya pada kadar 5%, dan pada nilai marshall quotient yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 pada kadar 5%.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Aesara, N., Puspito, I. H., & Tinumbia, N. (2019). Analisis Perbandingan Material Agregat Terhadap Karakteristik Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc). *Jurnal Infrastruktur*, 4(2), 87–96.
- Arifiardi Winoto; Purnomo, Adhi, I. H. (2016). Dampak Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapis Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter Marshall. *Jurnal Menara*, XI(Vol 11 No 1 (2016): Menara: Jurnal Teknik Sipil), 16.
- Bahri, S. (2019). Pemanfaatan Limbah Serbuk Besi Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas. *Inersia, Jurnal Teknik Sipil*, 9(2), 39–46.
- Devi, U. C., & Affandy, N. A. (2021). Penggunaan Limbah Serbuk Besi Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc). *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 4(3), 533.
- Evie dwi labora, 2021. (2021). *Effect Of Red Soil As A Filler In Asphalt AC- BC*. 5(1), 17–25.
- Putrawirawan, A., Pranoto, Y., Palondongan, M. I., Samarinda, P. N., & Marshall, K. (2018). P-39 Alternatif Penambahan Batu Laterit sebagai Bahan Substitusi Agregat Kasar Pada Perkerasan asphalt Concrete – Binder Course ( Ac-Bc ) the Addition Alternative of Laterit As Materials Substitutioncourse Aregate To Pavement asphalt Concrete - Binder. *SNITT Politeknik Negeri Balikpapan*.
- Ridwan, A., P, Y. C. S., Teknik, F., & Kadiri, U. (2019). *ASPAL BETON*. 2(2), 214–223.
- Samsul bahri, 2016. (2010). *Dampak limbah serbuk besi sebagai pengganti sejumlah agregat halus terhadap campuran aspal*. 1(2), 25–32.
- Spesifikasi Umum Bina. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, September*.
- Weimintoro. (2021). *Dampak Komposisi Agregat Terhadap Karakteristik Beton Aspal ( AC-WC ) Dengan Menggunakan Batuan Lokal Sungai Gung Di Desa Danawarih Kecamatan Balapulang Kabupaten Tegal*. 7(1), 15–26.
- Weimintoro, Sari, R. N. A., Hermawan, O. H., & Santoso, T. H. (2021). Dampak Lama Perendaman Benda Uji AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas dan Nilai Kelelahan (Flow) dengan Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018. *SIGMA: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 17–28.
- Yacob, M. (2017). *Dampak Kadar Filler Abu Batu Kapur Dan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Ac-Bc*. 7(1), 213–222.

Halaman ini sengaja dikosongkan