

## Pemanfaatan pasir sungai muara Semaka sebagai pengganti agregat alus pada campuran *Hot Rolled Sheet (HRS)*

Yoki Dwi Saputra<sup>1</sup>, Muhamad Abdul Hadi<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

### Article Info

Available online

### Keywords:

Hot Rolled Sheet  
Fine Aggregate  
Semaka Estuary Sand

### Corresponding Author:

Muhamad Abdul Hadi  
Muhamad.abdul.hadi@uii.a  
c.id

### Abstract

The development of road infrastructure in Indonesia has increased with the growing volume of vehicles, and Hot Rolled Sheet (HRS) pavement is commonly used. HRS consists of fine aggregates, coarse aggregates, and filler, with natural sand as the typical fine aggregate. Muara Semaka sand in Tanggamus Regency, Lampung, has potential as a fine aggregate but is underutilized due to limited extraction technology and the need for quality research. This study evaluates Muara Semaka sand as a substitute for fine aggregates in HRS mixtures. The research involves four stages: testing aggregate and asphalt properties, determining optimum asphalt content with substitution variations (0%, 25%, 50%, 75%, 100%), conducting Marshall, IRS, ITS, TSR, and CL tests, and analyzing results. Findings show that increasing Muara Semaka sand substitution reduces stability and MQ while increasing flow, VITM, and VMA, indicating larger voids. Although IRS, ITS, TSR, and CL tests showed decreased performance, the mixture met the 2018 Bina Marga specifications and is viable as a fine aggregate substitute up to 100%.

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

### Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan karena volume kendaraan yang terus meningkat setiap tahunnya. Kondisi jalan yang berkualitas sangat berpengaruh pada kelancaran lalu lintas, sehingga diperlukan perancangan dan pemeliharaan yang baik. Kondisi jalan yang baik dapat diperoleh dengan kualitas bahan yang memenuhi spesifikasi untuk campuran aspal. Komponen-komponen tersebut adalah ketentuan kualitas, metode kerja, daftar inspeksi, dan kontrak kualitas (Soelistijo, 2018). Faktor lain yang mempengaruhi kondisi jalan adalah pencampuran aspal, penghamparan, dan pemadatan. Perencanaan dan pelaksanaan yang baik dalam proses pembangunan akan sangat membantu memastikan jalan dalam kondisi yang baik. Jenis perkerasan lentur yang sering digunakan di Indonesia pada umumnya

adalah campuran aspal panas yang tahan terhadap cuaca dan memiliki kelenturan yang tinggi, salah satunya adalah Lapisan Tipis Aspal Beton atau *HRS*.

*HRS* adalah campuran lapisan non struktural yang memiliki agregat bergradasi senjang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. *HRS* memiliki fungsi sebagai lapis penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan kedalam konstruksi perkerasan. Keunggulan yang dimiliki *HRS* adalah keawetan yang tinggi, mempunyai sifat ketahanan terhadap cuaca, yang dapat mengakomodasi lalu lintas berat tanpa terjadi retak, tetapi stabilitasnya rendah (Chalid, 2016). Jenis aspal yang biasa digunakan adalah jenis aspal keras AC 60-70 dan AC 80-100, sedangkan jenis agregat yang digunakan terdiri dari *filler*, agregat kasar dan agregat halus.

Agregat sebagai komponen terbesar dalam campuran sangat menentukan kekuatan perkerasan sedangkan aspal sebagai bahan pengikat, agregat kasar dan agregat halus sebagai bahan pengisi untuk campuran (Azis dkk., 2022). Oleh karena itu, kualitas agregat yang digunakan sangat mempengaruhi performa campuran aspal. Ramadhan dan Fauziah (2020) mengungkapkan bahwa agregat yang bertekstur halus dan bulat cenderung menurunkan stabilitas campuran aspal. Hal ini sejalan dengan penelitian Arifiardi dkk. (2016), yang menemukan bahwa pasir pantai Carita memiliki pengaruh terhadap penurunan stabilitas campuran aspal AC-WC karena tekstur pasir yang cenderung bulat dan kurang mampu mengunci antar agregat. Penelitian yang dilakukan oleh Sunarjono dan Samantha (2012) juga menunjukkan bahwa komposisi agregat berpengaruh terhadap kekuatan tarik material campuran perkerasan jalan. Kajian serupa dilakukan oleh Kusharto (2004) yang meneliti pengaruh penggunaan pasir pantai terhadap sifat *marshall* dalam campuran beton aspal. Bestari (2013) juga mengkaji penggunaan pasir pantai Bakau sebagai campuran dalam *HRS*, sementara Pataras dkk. (2017) menganalisis kinerja Laston dan Lataston dengan berbagai jenis pasir, termasuk pasir pantai, darat, dan sungai.

Agregat halus yang biasa digunakan adalah pasir alam. Pasir Muara Semaka yang berada di Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung memiliki material agregat halus dalam jumlah yang cukup besar. Pemanfaatan yang dilakukan masih kurang di optimalkan karena masih kurangnya teknologi untuk pengambilan pasir dari Muara Semaka, selain pengambilan pasir yang masih sulit, kualitas Pasir Muara Semaka masih memerlukan penelitian untuk campuran aspal dan beton agar pemanfaatan pasir tersebut dapat di optimalkan. Beberapa penelitian sebelumnya telah menunjukkan pentingnya penelitian terhadap penggunaan agregat dari sumber alami. Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Zakaria dan Fauziah (2012) mengenai optimasi penggunaan pasir dari Sungai Bengawan

Solo dalam campuran aspal menunjukkan bahwa pasir dari sumber lokal dapat dimanfaatkan secara lebih optimal setelah melalui proses evaluasi yang tepat.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis bertujuan untuk melakukan penelitian terhadap pasir muara Semaka sebagai pengganti agregat halus terhadap karakteristik campuran *HRS*. Pada penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu *Marshall Test*, *Index Of Retained Strength (IRS)*, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, *Tensile Strength Ratio (TSR)* dan Uji *Cantabro Loss (CL)*. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 dengan variasi kadar 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, 7,5% dan variasi substitusi agregat halus 0%, 25%, 50%, 75%, 100%.

## Landasan Teori

### *Karakteristik Pengujian Marshall*

Metode pengujian *marshall* dimaksudkan untuk mengetahui nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), *VITM*, *VFWA*, *Density*, *VMA*, dan *MQ*.

#### 1. Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban lalu lintas agar tidak terjadi kerusakan pada jalan. Nilai stabilitas didapat dengan membaca pada alat uji *marshall* dengan membaca jarum dial, semakin tinggi nilai stabilitas maka semakin besar untuk menahan beban lalu lintas.

Nilai stabilitas sesungguhnya :

$$S = p \times q$$

Keterangan:

- S* : angka stabilitas sesungguhnya  
*P* : Pembacaan arloji stabilitas  
*q* : angka koreksi benda uji

#### 2. Kelelahan (*Flow*)

*flow* merupakan keadaan dimana suatu campuran aspal mengalami perubahan bentuk secara diametral yang terjadi akibat beban lalu lintas. Nilai *flow* didapat dengan membaca jarum dial pada alat uji pada *marshall test*, semakin besar kadar aspal

pada campuran aspal maka semakin besar nilai kelelahan yang didapat.

3. *Voids In Total Mix (VITM)*

VITM merupakan persentase volume rongga udara yang berada pada campuran aspal yang dinyatakan dalam nilai persentase (%). Berikut persamaan untuk mengetahui volume rongga udara :

$$VITM = 100 - \left(100 \times \frac{g}{h}\right)$$

$$H = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{b.j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b.j \text{ aspal}}}$$

Keterangan:

*g* : berat volume benda uji (gr/cc)  
*h* : berat jenis maksimum teoritis (gr/cc)

4. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

VFWA merupakan persentase rongga yang terisi oleh aspal yang membuat campuran aspal menjadi kedap terhadap udara dan air. Berikut merupakan perhitungan rongga terisi oleh aspal :

$$VFWA = \frac{100 (VMA - VITM)}{VMA}$$

Keterangan :

VFWA : rongga terisi aspal,persen VITM  
VMA : rongga di antara mineral agregat, persen volume *bulk*  
VITM : volume pori dalam beton aspal padat

5. *Density*

*Density* menunjukkan besaran kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Semakin tinggi nilai *density* maka kepadatan semakin baik. Semakin tinggi kadar aspal maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar partikel semakin baik, sehingga campuran aspal menjadi semakin rapat dan padat. Berikut merupakan persamaan nilai *density*.

$$g = \frac{c}{f}$$

$$f = d - e$$

Keterangan :

*g* = Nilai *density* (gr/cc)  
*c* = Berat benda uji sebelum direndam (gr)  
*d* = Berat benda uji dalam keadaan jenuh/SSD (gr)  
*e* = Berat dalam air (gr)

$$f = \text{volume (cm}^3\text{)}$$

6. *Voids in Mineral Agregate (VMA)*

VMA merupakan persentase rongga yang terdapat pada campuran aspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif. Semakin besar rongga antara partikel dalam campuran, maka semakin besar nilai VMA. Berikut merupakan perhitungan VMA terhadap campuran total.

$$VMA = 100 \times \frac{Gmb \times Ps}{Gsb}$$

Keterangan :

VMA = rongga di antara butiran agregat,persen volume bulk  
*Gsb* = berat jenis volume bulk  
*Gmb* = berat jenis bulk campuran padat  
*Ps* = kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

7. *Marshall Quotient (MQ)*

*MQ* merupakan hasil dari pembagian antara stabilitas dengan kelelahan (*flow*) yang dinyatakan dalam nilai (kg/mm). semakin tinggi nilai *MQ*, maka semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap getas. Berikut perhitungan nilai *MQ*.

$$MQ = \frac{s}{f}$$

Keterangan :

*MQ* = *Marshall Quotient* (kg/mm)  
*s* = Nilai stabilitas toleransi (kg)  
*f* = nilai *flow* (mm)

8. *Index of Retained Strength (IRS)*

Pengujian *IRS* dilakukan untuk mengetahui perubahan karakteristik pada campuran aspal akibat pengaruh air, cuaca, dan suhu. Pengujian ini dilakukan dengan cara benda uji dimaksukan kedalam *waterbath* atau direndam selama 24 jam dengan suhu konstan 60°C sebelum benda uji dilakukan pembebanan. Berikut ini merupakan perhitungan pada pengujian *IRS*.

$$IRS = \frac{S2}{S1} \times 100\%$$

Keterangan :

S1 = Stabilitas setelah direndam selama 0.5 jam  
S2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

### 9. Indirect Tensile Strength (ITS)

Pengujian ITS atau pengujian tarik tak langsung merupakan pengujian digunakan untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal. Pengujian ini dilakukan untuk melihat potensi kerusakan gaya tarik pada campuran aspal. Pengujian ITS menggunakan sampel atau benda uji berbentuk silinder yang dilakukan pembebanan menggunakan dua plat yang menekan sampai batas maksimum yang menyebabkan pecah atau keretakan pada benda uji. Berikut merupakan perhitungan pengujian ITS.

$$ITS = \frac{2 \times p}{\pi \times d \times h}$$

Keterangan :

ITS	= kuat tarik tidak langsung (N/mm)
P runtuh	= beban puncak (N)
d	= diameter sampel (mm)
h	= tinggi sampel (mm)

### 10. Tensile Strength Ratio (TSR)

Nilai TSR didapat dari perbandingan antara nilai daya tahan tarik benda uji setelah direndam selama 24 jam pada *waterbath* dengan suhu konstan 60°C. Jika nilai daya tahan tarik tanpa rendaman maka hasil dikalikan 100. Berikut ini merupakan perhitungan pada pengujian TSR.

$$TRS = \frac{s_2}{s_1} \times 100$$

Keterangan :

S1	: Rata- rata nilai ITS setelah rendaman selama 30 menit.
S2	: Rata- rata nilai ITS setelah rendaman selama 24 jam.

### 11. Cantabro Loss (CL)

Pengujian CL merupakan pengujian digunakan untuk mengetahui tingkat ketahanan campuran aspal terhadap keausan akibat beban lalu lintas dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja. pembebanan lalu lintas yang terus menerus dan berulang-ulang pada lapisan aspal yang menyebabkan campuran aspal menjadi aus dan mengalami penurunan kekuatan pada campuran aspal.

Berikut merupakan perhitungan pada pengujian CL.

$$L = \frac{M_0 - M_1}{M_0}$$

Keterangan:

L	= persentase kehilangan berat (%)
M0	= berat benda uji sebelum diabrasi (gr)
M1	= berat benda uji setelah di abrasi (gr)

### Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, dimana dilakukan percobaan dan observasi untuk mengumpulkan data. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Persyaratan dan Prosedur penelitian ini mengikuti pedoman Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Agregat yang digunakan berasal dari Clereng, Kulonprogo dan pasir Muara Semaka, Tanggamus. Bahan ikat yang digunakan adalah aspal Pertamina pen 60/70. Tahap pertama penelitian meliputi persiapan bahan dan pengujian sifat fisik material. Pada tahap berikutnya, dilakukan pembuatan benda uji dengan gradasi campuran *Hot Rolled Sheet (HRS)* untuk menentukan kadar aspal optimum. Setelah kadar aspal optimum ditentukan, kemudian dibuat sampel untuk pengujian *Marshall Standard, IRS, ITS, TSR, dan Cantabro Loss*.

### Hasil dan Pembahasan

#### Hasil Pengujian Agregat

Pengujian Agregat meliputi agregat kasar, agregat halus, dan *filler*, Agregat yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Clereng, Kulon Progo dan Pasir Sungai Muara Semaka, Lampung. Pengujian karakteristik agregat dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Hasil pengujian karakteristik agregat dapat dilihat pada Tabel 1 hingga Tabel 4.

Tabel 1. Pengujian Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,56	$\geq 2,5$	Memenuhi
Penyerapan	2	$\leq 3$	Memenuhi
Agregat Terhadap Air (%)			
Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	98	$\geq 95$	Memenuhi
Keausan Agregat dengan Mesin	19,32	$\leq 40$	Memenuhi
Loss Angeless (%)			

Tabel 2. Pengujian Agregat Halus Clereng

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,69	$\geq 2,5$	Memenuhi
Penyerapan	2,91	$\leq 3$	Memenuhi
Agregat Terhadap Air (%)			
Sand Equivalent (%)	92,48	$\geq 50$	Memenuhi

Tabel 3. Pengujian Agregat Halus Semaka

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,52	$\geq 2,5$	Memenuhi
Penyerapan	1,99	$\leq 3$	Memenuhi
Agregat Terhadap Air (%)			
Sand Equivalent (%)	93,78	$\geq 3$	Memenuhi

Tabel 4. Pengujian Filler Clereng

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	2,52	$>2,5$	Memenuhi

### Hasil Pengujian Aspal

Pengujian aspal dilakukan menggunakan aspal Pertamina pen 60/70, mengacu pada standar spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Pengujian Aspal

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Berat Jenis	1,05	$\geq 1,0$	Memenuhi
Penetrasi (mm)	66,3	60/70	Memenuhi
Daktilitas (cm)	164	$\geq 100$	Memenuhi
Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	48,5	$\geq 48$ ,	Memenuhi
Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	317,5	$\geq 232$	Memenuhi
Titik Bakar ( $^{\circ}\text{C}$ )	320	$\geq 232$	Memenuhi
Kelarutan pada TCE	99,32	$\geq 99$	Memenuhi

### Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal Optimum (KAO) dalam campuran HRS ditentukan dengan

mengevaluasi berbagai parameter pengujian *marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, *MQ*, *VFWA*, *VMA*, dan *VITM*. Hasil pengujian yang telah dilakukan untuk menentukan nilai KAO pada setiap kadar substitusi. Berikut adalah rekapitulasi nilai KAO pada setiap kadar substitusi pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi KAO

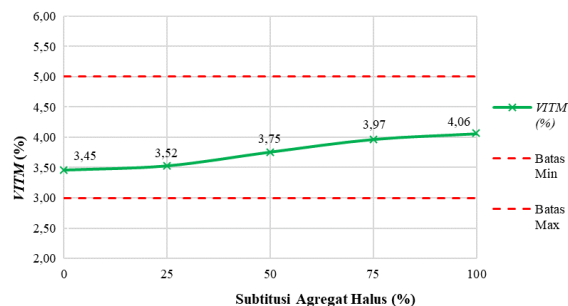
Substitusi Pasir Semaka (%)	Kadar Aspal Min	Kadar Aspal Max	Kadar Aspal Optimum
0	1,05	7,5	6,56
25	66,3	7,5	6,65
50	164	7,5	6,68
75	48,5	7,5	6,73
100	317,5	7,5	6,77

### Hasil Pengujian Marshall pada KAO

Berdasarkan hasil uji *marshall* pada campuran HRS yang menggunakan substitusi pasir dari Muara Semaka, diperoleh bahwa berat jenis pasir Muara Semaka lebih rendah dibandingkan dengan berat jenis agregat dari Clereng. Perbedaan ini memiliki dampak signifikan terhadap sifat campuran aspal yang dihasilkan. Berikut adalah hasil pengujian pengaruh penggunaan substitusi pasir Muara Semaka sebagai agregat halus dengan nilai KAO yang telah diperoleh.

#### 1. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Campuran HRS Terhadap Nilai VITM

Nilai *VITM* Pasir Semaka dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

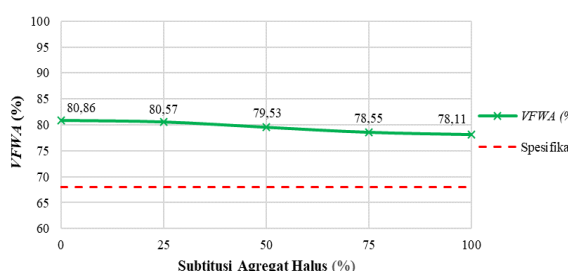


Gambar 1. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS Terhadap Nilai *VITM*

Berdasarkan grafik pada Gambar 4, terlihat bahwa nilai *VITM* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya variasi substitusi Pasir Semaka sebagai agregat halus. Peningkatan rongga pada substitusi 0% hingga 100% disebabkan oleh berat jenis Pasir Semaka yang lebih rendah yang menyebabkan jumlah agregat pada berat yang sama lebih banyak dari Pasir Clereng, sehingga rongga dalam campuran semakin besar. Peningkatan ini juga disebabkan oleh bentuk pasir muara yang halus dan cenderung bulat, sehingga sulit untuk mengisi celah-celah dalam campuran.

## 2. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Campuran HRS Terhadap Nilai *VFWA*

Nilai *VFWA* pasir Semaka dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



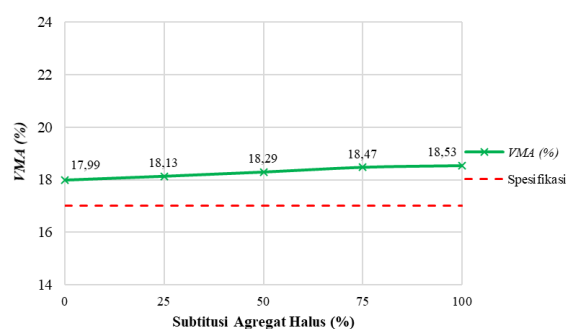
Gambar 2. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai *VFWA*

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, terlihat bahwa nilai *VFWA* dalam campuran HRS mengalami penurunan seiring dengan penambahan substitusi pasir muara semaka dari 0% hingga 100%. Penurunan nilai *VFWA* disebabkan oleh Pasir Semaka dengan berat jenis yang lebih rendah sehingga membuat jumlah pasir semakin banyak dari pada Clereng pada berat yang sama, hal ini mengakibatkan peningkatan jumlah rongga total dalam campuran. Penurunan ini juga disebabkan oleh Pasir Semaka yang memiliki tekstur lebih halus dan bentuk pasir yang bulat, membuat terbentuknya lapisan aspal yang lebih tipis di sekitar agregat. Selaras dengan penelitian Subarkah, dkk (2020) yang menyatakan

bahwa penurunan nilai *VFWA* disebabkan oleh semakin sedikitnya rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Fauziah (2020), yang menyatakan bahwa nilai *VFWA* mengalami penurunan dikarenakan aspal yang menyelimuti agregat semakin tipis dalam penambahan variasi substitusi pasir.

## 3. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Campuran HRS Terhadap Nilai *VMA*

Nilai *VMA* pasir Semaka yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.

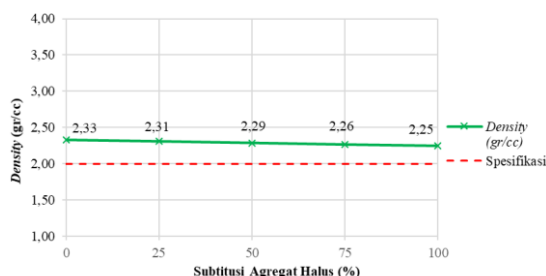


Gambar 3. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai *VMA*

Peningkatan nilai *VMA* seiring dengan penambahan substitusi 0% hingga 100% terjadi karena Pasir Semaka memiliki berat jenis lebih rendah, sehingga rongga dalam campuran meningkat yang menunjukkan bahwa pasir tidak mampu mengisi rongga dalam campuran dengan sempurna yang menyebabkan berkurangnya kemampuan *interlocking* antar agregat dalam campuran. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Fauziah (2020), peningkatan nilai *VMA* pada setiap penambahan substitusi pasir disebabkan oleh pasir tidak mengisi rongga-rongga yang ada sehingga mengakibatkan kemampuan *interlocking* pada campuran berkurang.

## 4. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Campuran HRS Terhadap Nilai *Density*

Nilai *density* pasir Semaka dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

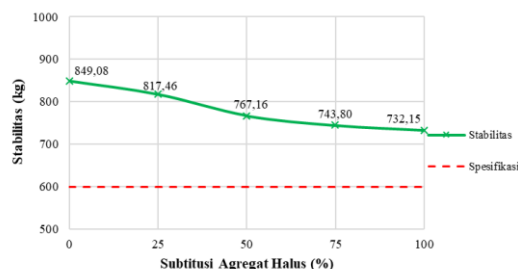


Gambar 4. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai *Density*

Penurunan nilai *density* disebabkan oleh berat jenis Pasir Semaka lebih rendah dari Pasir Clereng yang membuat rongga dalam campuran semakin meningkat dan menurunkan tingkat kepadatan campuran. Penurunan ini juga disebabkan bentuk pasir muara yang cenderung bulat dan teksturnya lebih halus dari pasir Clereng membuat sulitnya Pasir Semaka mengisi rongga antar agregat dengan baik, kemampuan *interlocking* antar partikel dan suhu saat proses pemadatan juga sangat mempengaruhi tingkat kepadatan campuran. Hasil ini berbanding terbalik dengan penelitian Norfrianto dan Astika (2023) yang menyatakan nilai *density* mengalami peningkatan karena rongga dalam campuran terisi yang menyebabkan campuran lebih padat yang berarti nilai *density* meningkat. Menurut Nashir dkk (2021) nilai *density* dipengaruhi beberapa faktor yaitu, gradasi campuran, jenis dan kualitas bahan susun, faktor pemadatan, penggunaan aspal dan penambahan bahan additive pada campuran.

#### 5. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Campuran HRS Terhadap Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas pasir Semaka dapat dilihat pada Gambar 5 berikut



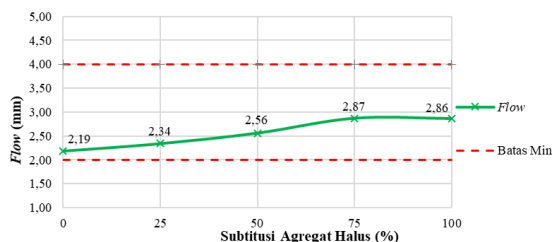
Gambar 5. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai *Stabilitas*

Berdasarkan grafik pada Gambar 5, terlihat bahwa stabilitas campuran HRS mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya variasi substitusi Pasir Semaka. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah berat jenis Pasir Semaka yang lebih rendah, pada berat yang sama volume pasir semaka lebih besar dari pada Pasir Clereng. Hal ini menyebabkan rongga dalam campuran semakin besar dan menurunkan tingkat kerapatannya, sehingga kekuatan ikatannya melemah. Penurunan stabilitas pada setiap penambahan substitusi Pasir Semaka juga disebabkan oleh karakteristik pasir yang cenderung bulat dan memiliki permukaan lebih halus, sehingga kekuatan ikatan antara pasir muara dan aspal menjadi lebih lemah jika dibandingkan dengan agregat halus yang berasal dari Clereng, yang memiliki permukaan lebih kasar dan mampu menciptakan ikatan yang lebih kuat dengan aspal. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Fauziah (2020), penambahan variasi substitusi pasir pantai mengakibatkan penurunan nilai stabilitas yang disebabkan oleh kondisi agregat pasir yang permukaannya lebih halus dan bentuknya yang cenderung bulat. Selaras dengan penelitian yang dilakukan Arifiardi, dkk (2016) yang menyatakan bahwa penurunan nilai stabilitas disebabkan oleh tekstur pasir pantai carita yang cenderung bulat sehingga tidak saling mengunci antar agregat, Penelitian ini juga sejalan dengan Zakaria dan Fauziah (2012) yang menggunakan pasir sungai Bengawan Solo dan Bestari

(2013) yang menggunakan pasir pantai Bakau.

6. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Campuran HRS Terhadap Nilai Flow

Nilai Flow pasir Semaka dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

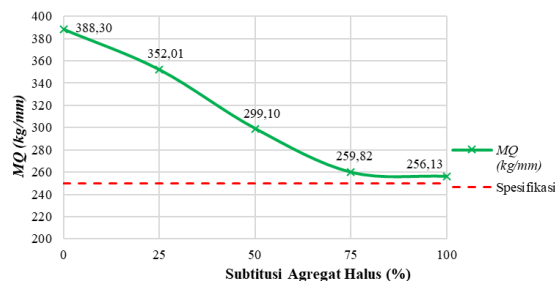


Gambar 6. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai Flow

Peningkatan ini terjadi karena setiap kali ada penambahan substitusi Pasir Semaka, kadar aspal yang digunakan dalam campuran juga mengalami peningkatan. Penambahan kadar aspal ini diperlukan karena berat jenis Pasir Semaka lebih rendah, sehingga jumlah agregat pada berat yang sama volume Pasir Semaka lebih besar. Oleh sebab itu, semakin bertambahnya substitusi aspal yang diperlukan semakin meningkat, sehingga nilai flow mengalami peningkatan. Peningkatan ini juga dipengaruhi oleh permukaan pasir muara yang lebih halus dibandingkan dengan agregat halus dari Clereng, sehingga campuran memerlukan lebih banyak aspal untuk menyelimuti agregat secara merata Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kusharto (2004), yang menyatakan bahwa dengan semakin bertambahnya kadar aspal nilai flow cenderung semakin besar, hal ini sesuai dengan bertambahnya kadar aspal menyebabkan campuran lebih plastis dan hasil ini sejalan dengan penelitian Astira, dkk (2017), yang menggunakan pasir pantai, darat dan sungai terhadap kinerja laston dan laston wearing course.

7. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Campuran HRS Terhadap Nilai MQ

Nilai MQ pasir Semaka dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.

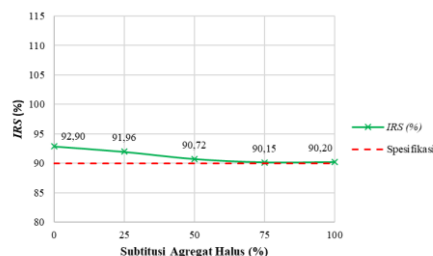


Gambar 7. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai MQ

Penurunan nilai MQ pada substitusi 0% hingga 100% disebabkan oleh kurangnya ikatan yang baik antara agregat dan aspal, terutama ketika Pasir Semaka digunakan dalam campuran, karena pasir muara Semaka memiliki karakteristik yang kurang mampu saling mengunci dengan baik antara butiran agregat dan aspal. Hasil ini sejalan dengan penelitian Bethary, dkk (2020) penurunan nilai MQ disebabkan oleh berkurangnya sifat-sifat kohesi dan adhesi antara aspal dengan agregat. Menurut Arabani dan Azarhoosh (2012), nilai MQ yang tinggi menunjukkan bahwa campuran mempunyai tingkat kekakuan yang tinggi dan mampu menyebarkan beban yang diberikan serta menahan deformasi.

Karakteristik Pengujian IRS pada Kadar Aspal Optimum Campuran HRS dengan Substitusi Pasir Muara Semaka

Hasil pengujian IRS terhadap variasi substitusi pasir muara dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.

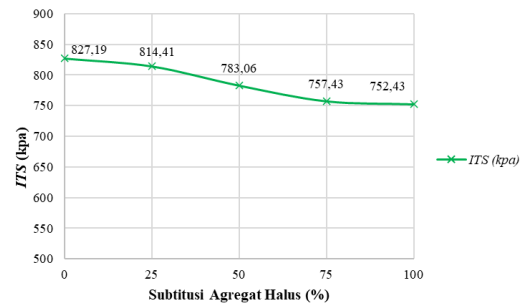


Gambar 8. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai IRS

Penurunan nilai *IRS* pada substitusi 0% hingga 100% disebabkan oleh beberapa faktor. Pertama, Pasir Semaka memiliki berat jenis lebih rendah yang mempengaruhi penurunan tingkat kepadatannya, sehingga campuran lebih rentan terhadap perendaman pada suhu tinggi. Kedua, Pasir Semaka memiliki tekstur yang lebih halus dibandingkan pasir Clereng, yang mengakibatkan aspal tidak dapat sepenuhnya menyelimuti agregat. Hal ini menyebabkan ikatan antara agregat dan aspal melemah saat terkena air, yang pada akhirnya membuat penurunan kekuatan campuran setelah dilakukan perendaman. Ketiga, penambahan Pasir Semaka juga memperbesar rongga udara dalam campuran, yang mempermudah air untuk masuk dan merusak ikatan antara agregat dan aspal. Akibatnya, campuran menjadi lebih rentan terhadap kerusakan akibat kelembaban, yang tercermin dari penurunan nilai *IRS*. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Abdillah (2016), yang menyatakan bahwa penurunan nilai *IRS* disebabkan oleh rongga dalam campuran yang terisi oleh air. Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh Ramadhan dan Fauziah (2020) yang menyatakan nilai *IRS* mengalami penurunan akibat proses perendaman selama 24 jam menyebabkan air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan antar aspal dan agregat

**Karakteristik Pengujian ITS pada Kadar Aspal Optimum Campuran HRS dengan Substitusi Pasir Muara Semaka**

Hasil pengujian *ITS* terhadap variasi substitusi pasir muara dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.

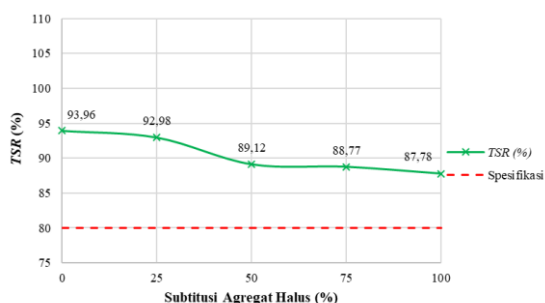


Gambar 9. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai *ITS*

Nilai *ITS* pada substitusi 0% hingga 100% mengalami penurunan karena Pasir Semaka memiliki berat jenis lebih rendah dari Pasir Clereng, sehingga campuran mengalami penurunan kepadatan. Kepadatan yang lebih rendah membuat campuran lebih lemah akibat tarik dan lebih rentan terhadap tegangan yang dihasilkan oleh lalu lintas. Penurunan nilai *ITS* juga disebabkan oleh lapisan aspal yang menyelimuti agregat menjadi lebih tipis, sehingga memengaruhi kekuatan campuran dan membuat campuran lebih rentan terhadap retak. Selain itu, tekstur halus dari pasir muara menyebabkan ikatan antara agregat dan aspal melemah, yang membuat campuran lebih mudah terlepas akibat tarik. Hasil ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Fauziah (2020) yang menyatakan bahwa penurunan nilai *ITS* dikarenakan aspal yang menyelimuti agregat menjadi lebih tipis seiring dengan penambahan substitusi sehingga campuran menjadi mudah retak. Pada penelitian yang dilakukan oleh Alirusi,dkk (2023) campuran yang mengalami penurunan kekakuan menyebabkan campuran menjadi lebih fleksibel kemudian bahan ikat akan menjadi cepat kehilangan kekuatannya. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Sunarjono dan Samantha (2012) yang mendapatkan hasil nilai *ITS* yang mengalami penurunan.

**Karakteristik Pengujian TSR pada Kadar Aspal Optimum Campuran HRS dengan Substitusi Pasir Muara Semaka**

Hasil pengujian ITS terhadap variasi substitusi pasir muara dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.

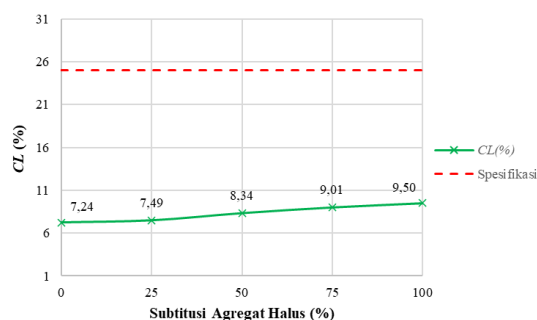


Gambar 10. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai TSR

Penurunan nilai TSR pada substitusi 0% hingga 100% ini terjadi karena beberapa alasan utama. Pertama, Pasir Semaka memiliki berat jenis lebih rendah yang menyebabkan rongga dalam campuran meningkat. Hal ini membuat penurunan kepadatan campuran, sehingga campuran lebih rentan terhadap kerusakan akibat air. Kedua, tekstur yang lebih halus dan bulat dibandingkan dengan agregat halus pasir Clereng. Akibatnya, *interlocking* antar agregat dalam campuran menjadi lemah, dan lapisan aspal yang menyelimuti agregat juga menjadi lebih tipis. Hal ini menyebabkan ikatan antara aspal dan agregat menjadi lebih rentan terhadap kerusakan saat terkena air, sehingga menurunkan kekuatan tarik tidak langsung setelah perendaman campuran. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Tajudin dan Suparma (2017) nilai TSR semakin menurun diakibatkan oleh pengaruh air yang membuat turunnya kekuatan ikatan antar agregat dengan aspal, sehingga kuat tariknya berkurang. Menurut Cao, dkk (2013) nilai TSR yang tinggi menunjukkan bahwa campuran memiliki ketahanan yang baik terhadap kerusakan akibat kelembapan.

**Karakteristik Pengujian CL pada Kadar Aspal Optimum Campuran HRS dengan Substitusi Pasir Muara Semaka**

Hasil pengujian CL terhadap variasi substitusi Pasir Semaka dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 10. Grafik Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Semaka pada Campuran HRS terhadap Nilai CL

Nilai CL yang mengalami peningkatan pada substitusi 0% hingga 100% disebabkan oleh berat jenis Pasir Semaka lebih rendah yang mempengaruhi tingkat kepadatan dan kemampuan *interlocking* campuran. Selain itu, tekstur halus dari Pasir Semaka membuat campuran lebih mudah terlepas akibat benturan, karena ikatan antara agregat dan aspal lebih lemah dari agregat halus Clereng. Sejalan dengan penelitian Babalghaith, dkk (2020) yang menyatakan bahwa peningkatan nilai CL disebabkan oleh porositas dan tekstur permukaan campuran. Menurut Sihombing (2020) semakin kecil nilai CL menunjukkan semakin tinggi ketahanan benda uji

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa pasir Muara Semaka dengan berat jenis 2,52, penyerapan air 1,99%, dan sand equivalent 93% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, sehingga layak digunakan sebagai pengganti agregat halus dalam campuran aspal. Pada pengujian *marshall*, stabilitas dan *MQ* menurun dengan bertambahnya proporsi pasir, sedangkan *flow*, *VITM*, dan *VMA* meningkat, sementara *VFWA* menurun, namun seluruh parameter tetap memenuhi

spesifikasi. Pada pengujian *IRS*, *ITS*, *TSR* dan *CL* campuran mengalami penurunan kinerja, meskipun mengalami penurunan kinerja campuran tetap memenuhi spesifikasi dan layak digunakan sebagai alternatif pengganti agregat halus.

### Daftar Pustaka

- Abdillah, N. (2016). Karakteristik *Marshall* Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)* Menggunakan Aspal *Retona Blend 55* dan Penambahan Serat dari Karung Goni. *Jurnal Unitek*, 9(2), 35–49.
- Alirusi, R., Maryam, dan Massara, A. (2023). Studi Experimental Campuran *Stone Matrix Asphalt (SMA)* dengan Penambahan Zat Aditif *Polyurethane* terhadap Ketahanan Deformasi dan Modulus Elastis. *Innovative: Journal of Social Research*, 3(3), 5001–5015.
- Arabani, M., dan Azarhoosh, A. R. (2012). *The effect of recycled concrete aggregate and steel slag on the dynamic properties of asphalt mixtures. Construction and Building Materials*, 35, 1–7.
- Arifiardi, I., Hadi, W., dan Purnomo, A. (2016). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus pada Lapis Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter *Marshall*. *Jurnal Menara*, 11(1), 112–127.  
<http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/menara/article/view/7969>
- Azis, I. W., Hamsyah, dan Kasmada. (2022). Uji Eksperimental Variasi Agregat Halus pada Campuran *Asphalt AC-BC*. *Jurnal Karajata Engineering*, 2(1).
- Babalghaith, A. M., Koting, S., Sulong, N. H. R., Karim, M. R., dan AlMashjary, B. M. (2020). *Performance evaluation of stone mastic asphalt (SMA) mixtures with palm oil clinker (POC) as fine aggregate replacement. Construction and building materials*, 262, 120546.
- Bestari, A. (2013). Studi Penggunaan Pasir Pantai Bakau Sebagai Campuran Aspal Beton Jenis *HRS*. *Anterior Jurnal*, 2, 13–22.
- Bethary, R. T., Intari, D. E., Fathonah, W., dan Miftaful, Z. (2020). Pengaruh Air Hujan di Kota Industri terhadap Kinerja Campuran Beraspal Modifikasi Polimer. *Jurnal Transportasi*, 20(3), 213–220.
- Cao, W., Liu, S., dan Feng, Z. (2013). Comparison of performance of stone matrix asphalt mixtures using basalt and limestone aggregates. *Construction and Building Materials*, 41, 474–479.
- Chalid, N. I. (2016). Karakteristik Campuran Aspal *HRS-BASE* Menggunakan Agrerat Kasar Batu Kapur Asal Tinoring. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 1(1).
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. 2020. *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*.
- Kusharto, H. (2004). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai terhadap Sifat *Marshall* dalam Campuran Beton Aspal. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 12(3), 91–99.
- Nashir, M., Andriyani, dan Angriany, N. (2021). Karakteristik Campuran Laston *Asphalt Concrete Wearing Course* (Studi Kasus Jalan Poros Kota Pangkep Batas Kabupaten Barru). *Jurnal Karajata Engineering*, 1(1), 59–68.
- Pataras, M., Arliansyah, J., Rangkuti, P., dan Roynaldo, B. (2017). Analisis Penggunaan Pasir Pantai, Darat, dan Sungai terhadap Kinerja Laston dan *Lataston Wearing Course*. In *Jurnal Teknik Sipil Unsri*. <http://conference.unsri.ac.id/index.php/uniid/article/view/642/0>
- Ramadhan, F., dan Fauziah, M. (2020). Kinerja Campuran *SMA* dengan Menggunakan Pasir Pantai Indriyanti Sebagai Pengganti Agregat Halus. *Teknisia*, 25(1).
- Sihombing, A. V. R. (2020). Pengaruh Penggunaan Agregat dari Sumber yang Berbeda terhadap Kinerja Campuran Beraspal Porus. *Jurnal Transportasi*, 20(3), 181–190.
- Soelistijo, A. (2018). Peningkatan Mutu Pembangunan Jalan Menggunakan Sistem Informasi. *Jurnal HPJI*, 4(1).
- Subarkah, Bale, H. A., dan Nugraha, A. A. (2020). Pemanfaatan Batu Zeolite Sebagai Agregat Kasar pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* dengan Bahan Ikat Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Starbit E-60. *Teknisia*, 25(1), 43–50.
- Sunarjono, S., dan Samantha, R. (2012). Analisis Kekuatan Tarik Material Campuran *SMA (Split Mastic Asphalt)* Grading 0/11 Menggunakan Sistem Pengujian *Indirect Tensile Strength*. *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, 57–64.
- Tajudin, A. N., dan Suparma, L. B. (2017). Pengaruh Rendaman pada *Indirect Tensile Strength* Campuran *AC-BC* dengan Limbah Plastik sebagai Agregat Pengganti. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23(2), 166–173.
- Zakaria, H., dan Fauziah, M. (2012). Optimasi Penggunaan Pasir Bengawan Solo Sebagai Agregat Halus pada Campuran *Asphalt Concrete Bindercourse AC-BC*. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 2(2), 82–92.