

Pengaruh pasir pantai Glagah Kabupaten Kulon Progo dalam campuran perkerasan aspal *Hot Rolled Sheet (HRS)*

Daffa Reyhan Muhammad¹, Muhamad Abdul Hadi^{1,*}

¹ Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Article Info

Available online

Keywords:

Hot Rolled Sheet (HRS)
Fine agregat
pantai Glagah Sand

Corresponding Author:

Muhamad Abdul Hadi
Muhamad.abdul.hadi@uii.ac.id

Abstract

Infrastructure plays a key role in the success of development, yet many roads in Indonesia suffer from damage before reaching their planned lifespan. This is often caused by the combination of alternating hot and rainy weather, as well as increased traffic volume due to the rising number of motor vehicles, all of which accelerate pavement deterioration. To address these challenges, it is essential to develop road pavements that are more resilient. This study investigates the feasibility of using Glagah Beach sand as a substitute for fine aggregate in Hot Rolled Sheet (HRS) mixtures and examines its impact on characteristics Marshall, IRS, ITS, TSR, and Cantabro. The research is conducted in four stages: 1) physical testing of aggregate and asphalt materials; 2) determining the optimum asphalt content in the HRS mixture with varying Glagah Beach sand substitutions 0%, 25%, 50%, 75%, 100%; 3) conducting Marshall, IRS, ITS, TSR, and CL; and 4) analysis and conclusion based on the results. The findings reveal that Glagah Beach sand has a higher specific gravity than Clereng Sand, meaning that for the same weight, the aggregate content differs. This results in increased volumetric values with higher proportions of Glagah Beach sand. Test results show that this sand, as a fine aggregate substitute in the HRS mix, meets the required standards and can replace Clereng Sand. The addition of Glagah Beach sand, in various proportions, has been proven feasible based on the Marshall, IRS, ITS, TSR, and Cantabro tests, meeting Bina Marga specifications 2018 Revision 2.

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Infrastruktur merupakan komponen penting dalam menentukan keberhasilan pembangunan. Peran infrastruktur sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi suatu negara maupun daerah. Salah satu infrastruktur yang menunjang kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhannya. Bumulo dkk. (2023) mengatakan bahwa keberadaan jalan raya sangat diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi seiring dengan meningkatnya kebutuhan sarana transportasi. Maka dari itu diperlukan perkerasan jalan yang tahan terhadap permasalahan permasalahan yang terjadi. Menurut Mulyono (2006), terdapat tiga faktor utama yang mempengaruhi perkerasan jalan yaitu faktor pengurangan

beban kendaraan, faktor drainase, dan faktor mutu konstruksi perkerasan. Salah satu cara untuk meningkatkan mutu perkerasan dengan memperkuat dan memperbaiki campuran aspal melalui penggunaan bahan tambah.

Perkerasan jalan terbagi menjadi tiga jenis yaitu Perkerasan lentur, Perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Perkerasan lentur umumnya menggunakan bahan campuran aspal sebagai lapisan permukaan dan bahan ikatnya. Menurut Intari dkk. (2018), lapisan perkerasan jalan menggunakan aspal merupakan salah satu perkerasan yang banyak digunakan di Indonesia karena mudah didapat, efisien, dan lebih ekonomis. Campuran aspal memiliki beberapa jenis campuran aspal satunya adalah Lataston.

Menurut Sukirman (1999), lataston merupakan salah satu lapis perkerasan jalan raya yang terdiri campuran aspal keras, agregat gradasi timpang, dan bahan pengisi (*filler*) yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan ketebalan 2,5 sampai 3 cm.

Menurut Simanjuntak dkk. (2021), Lataston *HRS-WC* merupakan campuran aspal panas bergradasi senjang terdiri dari agregat kasar, halus, dan *filler*, campuran ini disebut campuran panas karena dicampur dalam keadaan panas, campuran ini banyak digunakan di lapangan sebagai lapis permukaan jalan. *HRS* memiliki kelebihan yang diantaranya kedap air, tidak licin, dan sebagai lapisan aus. Hal ini sejalan dengan pernyataan Wijanarko dan Mulia (2013) perkerasan *HRS* sangat cocok diterapkan di Indonesia karena, mengingat bahwa negara Indonesia adalah negara beriklim tropis. Untuk meningkatkan kinerja pada campuran *HRS* maka diperlukan modifikasi-modifikasi untuk perkerasan *HRS*, salah satu faktor yang dapat menunjang perkerasan tersebut dengan adanya penambahan atau pergantian pada agregat.

Agregat merupakan salah satu komponen utama dalam campuran *HRS* yang biasanya didapat dari alam seperti gunung dan sungai. Namun sering dengan perkembangan pembangunan hal merupakan tersebut berpengaruh terhadap ketersediaan material yang ada. Selain itu, menurut Akbar (2019), penggunaan agregat halus pengganti memiliki kemampuan untuk meningkatkan karakteristik perkerasan. Penelitian ini menegaskan bahwa berbagai jenis bahan lokal atau limbah dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan. Penelitian ini akan mengevaluasi potensi salah satu material yang berasal dari Kabupaten Kulon Progo memiliki potensi yang cukup baik untuk digunakan sebagai pengganti agregat, khususnya agregat halus adalah pasir dari pantai Glagah. Tujuan pergantian pada agregat agar meningkatkan daya tahan

perkerasan terhadap beban lalu lintas dan cuaca yang ada di Indonesia.

Berdasarkan permasalahan diatas maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasir pantai Glagah terhadap nilai Karakteristik pada campuran *HRS* sebagai pengganti agregat halus dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, yang kemudian akan dilakukan pengujian *marshall*, *IRS*, *ITS*, *CL* dan *TSR*, dimana penelitian diharapkan pasir pantai Glagah menjadi salah satu alternatif pengganti agregat halus dan juga dapat meningkatkan kualitas campuran aspal.

Landasan Teori

Karakteristik Pengujian Marshall

Metode pengujian *marshall* dimaksudkan untuk mengetahui nilai stabilitas, kelelahan, *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 persamaan stabilitas dapat dilihat pada persamaan 1 berikut.

$$S = p \times q \quad (1)$$

Keterangan=

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = Pembacaan arloji stabilitas

q = angka koreksi benda uji

2. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*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 2 untuk mengetahui volume rongga udara.

$$VITM = 100 - (100 \times \frac{g}{h}) \quad (2)$$

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

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 yang dapat dilihat pada persamaan 3.

$$VFWA = \frac{100 (VMA - VITM)}{VMA} \quad (3)$$

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.

$$g = \frac{c}{f} \quad (4)$$

$$f = d - e \quad (5)$$

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 = volume (cm^3)

6. Voids in Mineral Agregat (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.

$$1. VMA = 100 \times \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \quad (6)$$

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

$$2. VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + pb} \times 100 \quad (7)$$

Keterangan :

VMA = rongga di antara butiran agregat,persen volume bulk

Gsb = berat jenis volume bulk

Gmb = berat jenis bulk campuran padat

Pb = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

7. Marshall Quotient (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.

$$MQ = \frac{S}{F} \quad (8)$$

Keterangan :

MQ = Marshall Quotient (kg/mm)

S = Nilai stabilitas toleransi (kg)

F = nilai flow (mm)

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 dimasukan ke dalam *waterbath* atau

direndam selama 24 jam dengan suhu konstan 60°C sebelum benda uji dilakukan pembebanan. Pada Bina Marga pada benda uji harus memenuhi syarat nilai *IRS* minimal adalah 75%. Berikut ini merupakan perhitungan pada pengujian *IRS*.

$$IRS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (9)$$

Keterangan :

S1 = Stabilitas setelah direndam selama 0.5 jam

S2 = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam

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. Nilai persamaan *ITS* dapat dilihat pada berikut ini.

$$ITS = \frac{2 \times p}{\pi \times d \times h} \quad (10)$$

Keterangan :

ITS = kuat tarik tidak langsung (N/mm)

P runtuh = beban puncak (N)

d = diameter sampel (mm)

h = tinggi sampel (mm)

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*.

$$TRS = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \quad (11)$$

Keterangan :

S1 = Rata- rata nilai *ITS* setelah rendaman selama 30 menit.

S2 = Rata- rata nilai *ITS* setelah rendaman selama 24 jam.

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*.

$$L = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \quad (12)$$

Keterangan:

L = persentase kehilangan berat (%)

M0 = berat benda uji sebelum di abrasi (gr)

M1 = berat benda uji setelah di abrasi (gr)

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen. Metode dalam penelitian ini adalah metode yang digunakan dengan cara percobaan terhadap sampel yang akan diteliti. Persyaratan dan prosedur eksperimen ini mengikuti pedoman dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Agregat halus pasir pantai Glagah yang digunakan berasal dari Kulon Progo, Yogyakarta, dan jenis aspal yang dipakai adalah Pertamina Pen 60/70. Proses pemeriksaan dimulai dengan persiapan bahan, diikuti oleh pengujian material, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sampel untuk menentukan kadar aspal optimum. Setelah kadar optimum ditentukan, sampel dibuat berdasarkan kadar tersebut untuk pengujian *marshall*, *IRS*, *ITS*, *TSR*, dan *CL*. Total sampel yang digunakan adalah 150.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian *marshall*, *IRS*, *ITS*, *TSR*, dan *CL* dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta yang mengacu pada peraturan Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2.

Sifat Fisik Material

Pengujian sifat fisik material terdiri dari pengujian aspal dan pengujian karakteristik agregat kasar, agregat halus, *filler* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2

Tabel 1 Hasil Pengujian Aspal Peratmina 60/70

| Jenis Pengujian | Spesifikasi | Hasil | Keterangan |
|------------------------|-------------|-------|------------|
| Berat Jenis | ≥ 1 | 1,05 | Memenuhi |
| Penetrasi (mm) | 60/70 | 66,3 | Memenuhi |
| Daktilitas (°C) | ≥ 100 | 164 | Memenuhi |
| Titik Lembek (°C) | ≥ 48 | 48,5 | Memenuhi |
| Titik Nyala (°C) | ≥ 232 | 317,5 | Memenuhi |
| Titik Bakar (°C) | ≥ 232 | 320 | Memenuhi |
| Kelarutan pada TCE (%) | ≥ 99 | 99,32 | Memenuhi |

Tabel 2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

| Jenis Pengujian | Spesifikasi | Hasil | Keterangan |
|--|-------------|-------|------------|
| Berat Jenis | ≥ 2,5 | 2,56 | Memenuhi |
| Penyerapan Agregat Terhadap Air (%) | ≤ 3 | 2 | Memenuhi |
| Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%) | ≥ 95 | 98 | Memenuhi |
| Kearifan Agregat dengan Mesin Los Angles | ≤ 40 | 19,43 | Memenuhi |

Tabel 3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng

| Jenis Pengujian | Spesifikasi | Hasil | Keterangan |
|-------------------------------------|-------------|-------|------------|
| Berat Jenis | ≥ 2,5 | 2,69 | Memenuhi |
| Penyerapan Agregat Terhadap Air (%) | ≤ 3 | 1,32 | Memenuhi |
| Sand Equivalent | ≥ 50 | 92,84 | Memenuhi |

Tabel 4 Hasil Pengujian Agregat Halus Glagah

| Jenis Pengujian | Spesifikasi | Hasil | Keterangan |
|-------------------------------------|-------------|-------|------------|
| Berat Jenis | ≥ 2,5 | 2,94 | Memenuhi |
| Penyerapan Agregat Terhadap Air (%) | ≤ 3 | 0,48 | Memenuhi |
| Sand Equivalent | ≥ 50 | 100 | Memenuhi |

Tabel 5 Hasil Pengujian Agregat Halus Glagah

| Jenis Pengujian | Spesifikasi | Hasil | Keterangan |
|-----------------|-------------|-------|------------|
| Berat Jenis | ≥ 2,5 | 2,53 | Memenuhi |

Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum
Kadar aspal optimum campuran HRS ditentukan berdasarkan parameter dengan nilai stabilitas ≥ 600 kg, *Flow* 2-4 mm, *MQ* ≥ 250 kg/mm, *VITM* 3-5%, *VITM* ≥ 68%, *VMA* ≥ 17% dan *density* ≥ 2%.

Tabel 6 Hasil Rekapitulasi KAO

| Pasir Pantai (%) | Kadar Aspal Min (%) | Kadar Aspal Max (%) | Kadar Aspal Optimum (%) |
|------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| 0 | 5,95 | 7,5 | 6,73 |
| 25 | 5,76 | 7,5 | 6,63 |
| 50 | 5,64 | 7,5 | 6,57 |
| 75 | 5,58 | 7,5 | 6,54 |
| 100 | 5,5 | 7,5 | 6,5 |

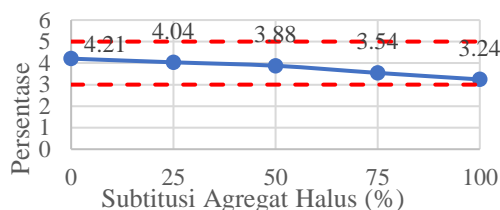
Berdasarkan tabel 3 dapat disimpulkan bahwa setiap penambahan variasi substitusi pasir pantai Glagah maka semakin sedikit aspal yang dibutuhkan.

Karakteristik Marshall pada KAO Campuran HRS Menggunakan Substitusi Pasir pantai Glagah

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa berat jenis pasir pantai Glagah lebih besar dibandingkan dengan agregat halus Clereng, dan penyerapan air pada agregat halus pasir pantai Glagah juga lebih rendah daripada agregat halus Clereng. Faktor ini akan mempengaruhi nilai campuran *HRS*.

1. *VITM*

Grafik *VITM* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



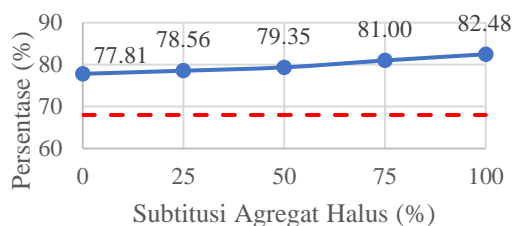
Gambar Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *VITM*

Berdasarkan Gambar 1, nilai *VITM* pada campuran *HRS* menurun seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Substitusi ini meningkatkan kepadatan campuran karena sifat pasir pantai Glagah yang memiliki berat jenis lebih tinggi dan partikel yang lebih padat

serta halus. Pada 0% substitusi, campuran memiliki lebih banyak ruang kosong di antara partikel agregat. Namun, dengan meningkatnya kadar pasir pantai, ruang kosong terisi lebih efisien, sehingga nilai *VITM* menurun secara signifikan. Pada 100% substitusi, campuran mencapai kerapatan maksimal dengan nilai *VITM* terendah, menunjukkan bahwa hampir seluruh rongga dalam campuran telah terisi oleh agregat. Hal ini sejalan dengan penelitian Pamungkas (2024) jika semakin terisi rongga-rongga pada campuran maka nilai *VITM* kecil hal ini menunjukkan campuran mudah mengalami deformasi plastis akibat beban berulang.

2. VFWA

Grafik *VFWA* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



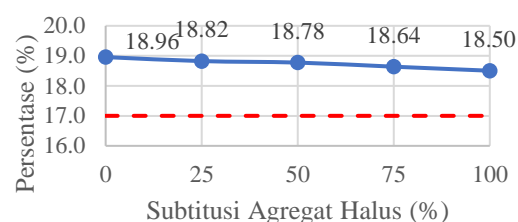
Gambar 2 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *VFWA*

Berdasarkan Gambar 2, nilai *VFWA* pada campuran *HRS* meningkat seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Pada substitusi 0%, nilai *VFWA* masih moderat karena rongga dalam campuran relatif tinggi, sehingga aspal belum sepenuhnya mengisi ruang kosong tersebut. Dengan meningkatnya substitusi pasir pantai Glagah, *VFWA* meningkat karena pasir pantai dengan berat jenis lebih tinggi mengurangi rongga total dalam campuran, memungkinkan lebih banyak aspal mengisi ruang kosong. Pada substitusi 100%, nilai *VFWA* mencapai puncaknya, disebabkan oleh partikel pasir pantai Glagah yang lebih padat dan halus, yang semakin memperkecil jumlah rongga yang tidak terisi aspal. Hal ini mencerminkan campuran yang lebih padat dan terikat lebih baik, dengan sebagian besar ruang kosong terisi oleh

aspal. Hal ini sejalan dengan penelitian Nadhila dan Subarkah (2018) menyatakan nilai *VFWA* cenderung meningkat seiring dengan penambahan substitusi hal ini disebabkan limbah marmer memiliki nilai penyerapan yang rendah dibandingkan agregat halus pasir yang akan mempengaruhi besarnya rongga pada campuran yang terisi.

3. VMA

Grafik *VMA* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 3 berikut.

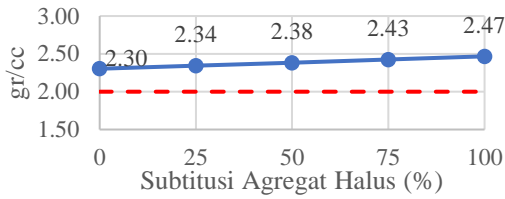


Gambar 3 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *VMA*

Berdasarkan Gambar 6, nilai *VMA* pada campuran *HRS* menurun seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Penurunan ini menunjukkan bahwa ruang kosong antara agregat semakin sedikit karena pasir pantai Glagah dengan berat jenis lebih tinggi dan partikel yang lebih halus mengisi ruang kosong dalam campuran dengan lebih efisien. Sebaliknya, agregat Clereng menghasilkan ruang kosong lebih besar di antara partikel agregat. Penambahan pasir pantai Glagah secara bertahap mengurangi *VMA*, meskipun penurunan ini tidak terlalu signifikan. Nilai *VMA* yang lebih rendah mencerminkan campuran yang lebih padat dengan ruang kosong lebih sedikit, memastikan aspal dapat mengisi dan mengikat agregat secara efektif. Hal ini sejalan dengan penelitian Laras dkk. (2022) bahwa nilai *VMA* mengalami penurunan seiring bertambahnya arang katu tumbuk yang digunakan.

4. Density

Grafik *density* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 berikut.

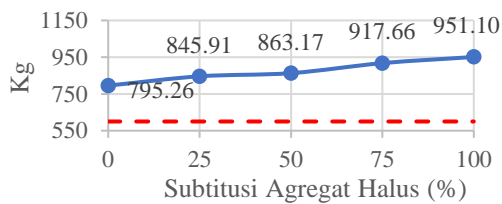


Gambar 4 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Density

Berdasarkan Gambar 4, nilai *density* pada campuran *HRS* meningkat seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik mineral pasir pantai, seperti magnetit dan besi, yang lebih padat dan meningkatkan kerapatan partikel dalam campuran aspal. Setiap kenaikan kadar substitusi pasir pantai Glagah menghasilkan peningkatan signifikan dalam *density* karena pasir pantai yang lebih padat mengisi ruang kosong dalam campuran secara lebih efektif, mengurangi void total. Pada substitusi 100%, campuran mencapai *density* maksimal karena pasir pantai sepenuhnya menggantikan agregat halus lainnya, menghasilkan campuran yang sangat padat dan stabil. Hal ini sejalan dengan penelitian Norfrianto dan Astika (2023) nilai *density* naik karena rongga dalam campuran terisi yang menyebabkan campuran cenderung lebih padat yang berarti *density* meningkat.

5. Stabilitas

Grafik stabilitas pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 5 berikut.



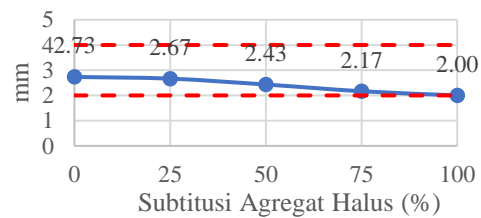
Gambar 5 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Stabilitas

Berdasarkan Gambar 5, nilai stabilitas campuran *HRS* meningkat secara tidak signifikan dengan bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Namun, pada kadar aspal optimum, campuran dengan pasir pantai Glagah memiliki stabilitas lebih

tinggi dibandingkan dengan pasir Clereng. Hal ini disebabkan oleh tingkat kerapatan yang lebih baik pada campuran dengan pasir pantai Glagah, yang dihasilkan oleh berat jenis pasir pantai Glagah yang lebih besar akibat kandungan pasir besi yang tinggi. Kerapatan ini membuat partikel dalam campuran lebih padat dan terikat kuat, sehingga pasir pantai Glagah memberikan kontribusi lebih baik terhadap stabilitas campuran aspal dan performa stabilitas Marshall. Hal ini sejalan dengan penelitian Irawan (2010) yang menggunakan serbuk besi sebagai pengganti agregat halus dengan campuran *HRS*. Kenaikan nilai stabilitas disebabkan oleh Tingkat kestabilan yang terlalu tinggi karena pergantian persen fraksi halus menggunakan serbuk besi menyebabkan lapisan menjadi lebih kaku.

6. Flow

Grafik *flow* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 6 berikut.



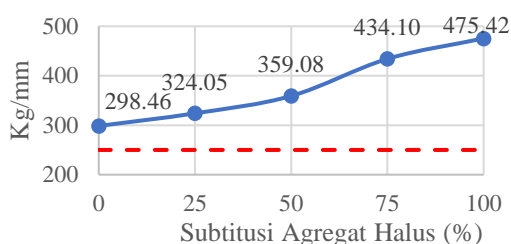
Gambar 6 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Flow

Berdasarkan Gambar 6, nilai *flow* pada campuran *HRS* menurun seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Hal ini disebabkan oleh kandungan besi pada pasir pantai Glagah, yang memiliki berat jenis tinggi, sehingga meningkatkan kerapatan campuran aspal. Akibatnya, deformasi plastis berkurang dan campuran menjadi lebih kaku (Hadi dkk., 2021), yang menyebabkan penurunan nilai *flow*. Penurunan ini mencerminkan campuran yang lebih padat dan stabil, meskipun mengurangi kemampuan untuk menyesuaikan diri terhadap beban lalu lintas tanpa keretakan. Namun, penurunan nilai *flow* ini tidak signifikan. Hal ini sejalan dengan penelitian Akbar (2019) bahwa

menggunakan campuran *HRS* dengan variasi agregat halus pasir besi mengalami penurunan nilai *flow* dengan bertambahnya substitusi agregat halus dikarenakan pasir besi dan batu karang sebagai agregat halus yang digunakan pada campuran relatif efektif dan cukup sehingga ruang udara dan rongga dalam agregat aspal semakin kecil.

7. MQ

Grafik *MQ* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 7 berikut.

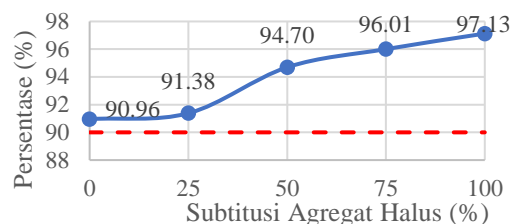


Gambar 7 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *MQ*

Berdasarkan Gambar 7, nilai *MQ* pada campuran *HRS* meningkat seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Penambahan pasir pantai Glagah sebagai agregat halus meningkatkan nilai *MQ*, yang merupakan rasio antara stabilitas dan *flow* dan mencerminkan kekakuan campuran aspal. Peningkatan nilai stabilitas disebabkan oleh kepadatan campuran yang lebih tinggi akibat berat jenis pasir pantai Glagah yang lebih besar, sehingga campuran menjadi lebih padat dan mampu menahan deformasi lebih baik. Meskipun perbedaan nilai *MQ* pada grafik tidak signifikan, peningkatan *MQ* menunjukkan campuran aspal yang lebih kaku dan tahan terhadap deformasi permanen di bawah beban lalu lintas. Hal ini sejalan dengan penelitian Nuswantoro (2003) bahwa penambahan *filler* dalam campuran perkerasan *HRS* maka rongga dalam campuran menjadi kecil, sehingga campuran cenderung kaku.

Karakteristik Pengujian *IRS* pada *KAO* Campuran *HRS* Menggunakan Substitusi Pasir pantai Glagah.

Grafik *IRS* pada *KAO* seperti yang ditampilkan pada Gambar 8 berikut.

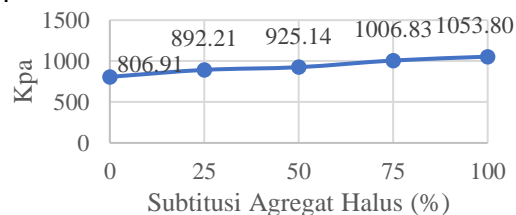


Gambar 8 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *IRS*

Berdasarkan Gambar 8, nilai *IRS* pada campuran *HRS* mengalami kenaikan meskipun tidak terlalu signifikan seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Pasir pantai, dengan berat jenis yang lebih tinggi dan kepadatan lebih baik, meningkatkan daya tahan campuran aspal terhadap perendaman pada suhu tinggi. Kenaikan nilai *IRS* mencerminkan kemampuan campuran aspal untuk mempertahankan kekuatannya meskipun terpapar air dan suhu ekstrem. Peningkatan substitusi pasir pantai terus meningkatkan nilai *IRS* karena campuran aspal menjadi lebih padat, meningkatkan ketahanan terhadap kerusakan akibat air. Partikel pasir pantai yang lebih halus juga membantu mengurangi rongga dalam campuran, sehingga mencegah air meresap dan menyebabkan kerusakan.. Hal ini sejalan dengan penelitian Yasir dkk. (2023), nilai stabilitas sisa yang diperoleh sesuai dengan acuan dan ketentuan pada Spesifikasi Bina Marga 2018 dimana untuk stabilitas sisa yaitu 90%.

Karakteristik Pengujian *ITS* pada *KAO* Campuran *HRS* Menggunakan Substitusi Pasir pantai Glagah

Grafik *ITS* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 9 berikut.

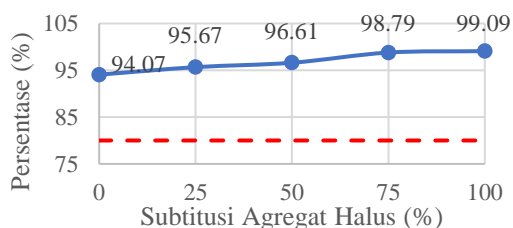


Gambar 9 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *ITS*

Berdasarkan Gambar 9, nilai *ITS* pada campuran *HRS* meningkat seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Peningkatan ini terjadi karena pasir pantai Glagah memiliki berat jenis lebih tinggi, yang meningkatkan kepadatan campuran. Kepadatan yang lebih tinggi memperkuat ketahanan tarik campuran beraspal, membuatnya lebih tahan terhadap tegangan akibat beban lalu lintas. Meskipun peningkatan nilai *ITS* tidak signifikan, tren kenaikan tetap terlihat seiring peningkatan kadar substitusi. Substitusi pasir pantai mengurangi porositas, meningkatkan kerapatan, dan membuat campuran lebih solid, sehingga meningkatkan kemampuan campuran untuk menahan tegangan tarik. Dengan campuran yang lebih padat, daya ikat antar partikel agregat menjadi lebih kuat, sehingga campuran lebih tahan terhadap deformasi dan keretakan.

Karakteristik Pengujian *TSR* pada KAO Campuran *HRS* Menggunakan Substitusi Pasir pantai Glagah

Grafik *TSR* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 10 berikut.



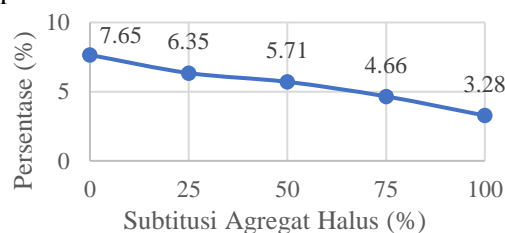
Gambar 10 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *TSR*

Berdasarkan Gambar 10, nilai *TSR* pada campuran *HRS* meningkat seiring bertambahnya substitusi pasir pantai Glagah. Pasir pantai dengan berat jenis lebih tinggi dan partikel halus mampu mengisi rongga dalam campuran lebih efektif, meningkatkan kerapatan dan mengurangi ruang kosong yang dapat diisi air. Hal ini membuat campuran lebih tahan terhadap kerusakan akibat air. Meskipun peningkatan nilai *TSR* tidak signifikan, setiap penambahan substitusi pasir pantai menghasilkan campuran yang lebih padat

dan lebih tahan terhadap kelembaban, karena air lebih sulit meresap ke dalam campuran. Substitusi pasir pantai juga meningkatkan ketahanan terhadap kerusakan akibat suhu ekstrem, menunjukkan potensi pasir pantai dalam memperkuat daya tahan campuran aspal dalam kondisi basah. Nilai *TSR* yang tetap tinggi mengindikasikan bahwa pasir pantai dapat memberikan ketahanan tambahan pada suhu ekstrem dan lingkungan basah. Menurut Tajudin dan Suparman (2017) *TRS* menunjukkan perbandingan *ITS* dapat menggambarkan perkiraan kerentanan campuran aspal terhadap air.

Karakteristik Pengujian *CL* pada KAO Campuran *HRS* Menggunakan Substitusi Pasir pantai Glagah

Grafik *CL* pada kao seperti yang ditampilkan pada Gambar 11 berikut



Gambar 11 Grafik Pengaruh Agregat Halus Pasir pantai Glagah Sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap *CL*

Berdasarkan grafik pada Gambar 11 penurunan yang signifikan pada nilai *CL* karena Pasir pantai cenderung lebih halus dan memiliki kepadatan yang lebih besar, yang menyebabkan ketahanan terhadap pengelupasan meningkat. menandakan bahwa campuran dengan substitusi penuh pasir pantai memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pengelupasan dibandingkan campuran yang menggunakan agregat Clereng. Menurut Muslimin dkk. (2023), *CL* merupakan salah satu metode evaluasi yang digunakan untuk menilai ketahanan abrasi campuran aspal dan agregat terutama dalam konteks keausan akibat lalu lintas kendaraan.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan pengujian sifat fisik, pasir dari pantai Glagah menunjukkan nilai berat jenis sebesar 2,94, nilai penyerapan air sebesar 0,48%, dan nilai sand equivalent sebesar 102,857 %. Hasil ini menunjukkan bahwa sifat fisik pasir pantai Glagah memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018 Revisi 2, sehingga pasir ini dapat digunakan sebagai substitusi dalam campuran aspal.
2. Hasil pengujian karakteristik Marshall, *IRS*, *ITS*, *TSR*, dan *CL* menunjukkan bahwa memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Dengan adanya penambahan variasi pasir pantai sebagai substitusi agregat halus, setiap penambahan variasi pasir pantai, yaitu dari 0%, 25%, 50%, 75%, hingga 100%. penggunaan agregat halus Pasir pantai Glagah memiliki kemampuan untuk meningkatkan karakteristik perkerasan. Penelitian ini menegaskan bahwa pasir pantai Glagah dapat dioptimalkan untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan, sehingga pasir ini dapat digunakan sebagai substitusi dalam campuran aspal.

Daftar Pustaka

- Akbar, S. J., Wesli, Widari, L. A., dan Munawir, K. 2019. Penggunaan Abu Batu Karang Sebagai Filler dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter Marshall pada Campuran Aspal AC-BC. *Teras Jurnal*, 9(2), 179–189. <https://doi.org/10.29103/tj.v9i2.253>
- Bumulo, N., Djau, R. A., dan Dunda, P. 2023. Studi Pengaruh Beban Berlebih terhadap Pengurangan Umur Perkerasan Jalan. *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 11(1), 164–175. <https://doi.org/10.37971/radial.vXXiXX.XXX>
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018*, (Revisi 2).
- Hadi, M. A., dan Fauziah, M. 2021, November. Comparative Study of Marshall Properties and Durability of Superpave and AC-WC Pavement by Using Starbit E-55 and Pen 60/70. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 933, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- Intari, D. E., Fathonah, W., dan Kirana, F. W. 2018. Analisis Karakteristik Campuran Lataston (HRS-WC) Akibat Rendaman Air Laut Pasang (Rob) dengan Aspal Modifikasi Polimer Starbit E-55. *Jurnal Fondasi*, 7(2), 53–62. <https://doi.org/10.36055/jft.v7i2.4075>
- Mulyono, A. T. 2006. Kinerja Pemberlakuan Standar Mutu Perkerasan pada Peningkatan dan Pemeliharaan Jalan Nasional – Provinsi. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 14(3), 309–328.
- Muslimin, E., Talamati, B. H., dan Lestari, M. I. 2014. Pengaruh Kehilangan Gradasi Halus pada Spesifikasi Ream Pengujian Cantabro. *Jurnal Vokasi Sains Dan Teknologi*, 3(1), 1–6.
- Nadhila, A. D., dan Subarkah. 2018. Pemanfaatan Limbah Marmer Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Perkerasan Lapis Aspal Beton (Laston). Universitas Islam Indonesia.
- Nuswantoro, W., Desriantomy, dan Edwin. 2003. Penggunaan Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Tambahan Filler pada Campuran Aspal Panas Jenis Hot Rolled Sheet (HRS). *Jurnal Rekayasa Rancang Bangun*, 4(2), 75–82.
- Pamungkas, W. A., Langit, D. S., dan Darmawan, A. 2024. Pengaruh Penambahan Zeolite terhadap Durabilitas Campuran Hot Rolled Sheet Base (HRS Base). *Jurnal RENOVASI: Rekayasa Dan Inovasi Teknik Sipil*, 9(1), 1–8.
- Simanjuntak, A. J., Desriantomy, dan Silitonga, S. P. 2021. Pemanfaatan Abu Serbuk Kayu sebagai Tambahan Filler Pada Campuran Perkerasan Jalan Jenis HRS-WC (Hot Rolled Sheet-Wearing Course). *Jurnal Teknik*, 5(1), 1–10.
- Sukirman, S. 1999. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova.
- 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.
- Wijanarko, F. H., Mulia, M. B., Wicaksono, Y. I., dan Purwanto, D. 2013. Pemanfaatan

Limbah Ampas Tebu Sebagai Pengganti Filler Untuk Campuran Aspal Beton Jenis “Hot Rolled Sheet–Wearing Course “. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 2(2), 363-369.

Yasir, M., Lubis, F., dan Apriani, W. 2023. Kajian Nilai Keawetan Reclaimed Asphalt Pavement dengan Pemanfaatan Buton Granular Asphalt pada Lapis Perkerasan AC-WC. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, 3(2), 115–124. <https://doi.org/10.31849/jurkim.v3i2.13892>