

Pengaruh pasir silika merah sebagai substitusi agregat halus terhadap karakteristik campuran AC-BC

Alfina Aflah Aribah¹, Miftahul Fauziah^{1*}

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

Article Info

Available online

Keywords:

AC-BC
Durability
Fine aggregate
Red silica sand
Strength
Volumetrics

Corresponding Author:

Miftahul Fauziah
miftahul.fauziah@uii.ac.id

Abstract

The decreasing availability of conventional pavement materials necessitates the exploration of alternative materials that are of high quality and locally available. In Bancar, Tuban, East Java, there is an abundant supply of red silica sand (RSS), which has the potential to be utilized in pavement mixtures. This study investigates the use of RSS as a substitute for fine aggregate in (AC-BC) mixtures and evaluates its effects on the volumetric properties, structural strength, and durability of the mixtures. This research was conducted experimentally in a laboratory setting. The first stage involved testing the physical properties of aggregates and asphalt binder. The second stage determined the optimum asphalt content for AC-BC mixtures with RSS substitution levels of 0%, 25%, 50%, 75%, and 100%. Subsequently, mixtures were prepared for each substitution level and tested to evaluate their volumetric characteristics, structural performance, and durability. The results indicate that RSS can be used as a fine aggregate replacement in AC-BC mixtures at substitution levels ranging from 0% to 100%. In terms of strength, volumetric properties, and durability, all substitution variations met the required specifications. However, increasing the proportion of RSS tended to reduce the strength and durability of the mixtures while increasing flow values and volumetric characteristics. Despite these trends at higher substitution levels, red silica sand remains a viable alternative fine aggregate for AC-BC mixtures.

Copyright © 2026 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk dan peningkatan mobilitas masyarakat di Indonesia menuntut tersedianya infrastruktur jalan yang memiliki kinerja tinggi dan berkelanjutan. Salah satu lapisan utama dalam struktur perkerasan lentur adalah *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* menentukan stabilitas dan durabilitas campuran beraspal.

Agregat halus merupakan komponen utama dalam campuran beraspal yang digunakan dalam jumlah besar. Salah satu material alam yang berpotensi digunakan sebagai pengganti agregat halus adalah pasir silika (pasir kuarsa), yang terbentuk dari kandungan mineral feldspar akibat dari proses pelapukan dan didominasi oleh silika (SiO₂) Senolinggi dkk. (2023).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji penggunaan material alternatif sebagai substitusi agregat halus dalam campuran beraspal. Nirwana dkk. (2025) melaporkan bahwa penggunaan pasir besi pada campuran AC-BC masih memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 3) berdasarkan parameter *Marshall*.

Salah satu material lokal yang belum banyak diteliti adalah Pasir Silika Merah (PSM) yang berasal dari Kecamatan Bancar, Kabupaten Tuban, Jawa Timur. PSM memiliki karakteristik mineral kuarsa dengan struktur kristalin serta kandungan oksida tertentu yang berpotensi mempengaruhi kinerja campuran beraspal.

Hasil Studi

Penelitian yang dilakukan oleh Nofianti dan Astika (2023) menggunakan pasir silika yang bersumber dari Bukit Karang Putih, Kota Padang, Sumatera Barat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pasir silika berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti agregat halus berdasarkan parameter karakteristik Marshall. Senolinggi dkk. (2023) juga memanfaatkan pasir silika asal Bangka sebagai agregat halus pada campuran (AC-BC). Sementara itu, Ridha dkk. (2020) menyimpulkan bahwa penggunaan limbah kaca sebagai substitusi pasir dalam campuran AC-BC masih memberikan kinerja yang baik hingga kadar 40% dari total campuran. Selain itu, Ramadhan dan Fauziah (2020) meneliti pemanfaatan pasir pantai Indrayanti sebagai pengganti agregat halus dalam campuran (SMA). Berbeda dengan penelitian-penelitian tersebut, studi ini mengkaji pengaruh penggunaan pasir silika merah sebagai substitusi agregat halus terhadap karakteristik volumetrik, kekuatan, dan keawetan campuran AC-BC. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pemanfaatan pasir silika merah secara optimal guna meningkatkan kinerja serta daya tahan perkerasan jalan lentur di Indonesia.

Metode Penelitian

Metode dalam penelitian adalah eksperimental.

Penelitian diawali dengan pengujian agregat dan aspal yang akan digunakan sesuai persyaratan Bina Marga 2018 kemudian dilakukan pembuatan sampel untuk menilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Berdasarkan KAO dilakukan tes untuk mengetahui volumetrik (VITM, VMA, VFWA, *density*), kekakuan (stabilitas, MQ, ITS, *flow*) dan keawetan (IRS, TSR, CL).

Hasil dan Pembahasan

Adapun hasil masing-masing pengujian disajikan secara rinci pada Tabel 1, Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	BJ	$\geq 2,5$	2,52
2	Penyerapan Agregat Terhadap air (%)	≤ 3	2,48
3	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)	≥ 95	98
4	Keausan Agregat dengan Mesin <i>Loss Angeles</i> (%)	≤ 40	16,28

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	BJ	$\geq 2,5$	2,52
2	Penyerapan Agregat terhadap air (%)	≤ 3	2,41
3	SE (%)	≥ 50	73,68

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Silika Merah

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	BJ	$\geq 2,5$	2,50
2	Penyerapan Agregat terhadap air (%)	≤ 3	1,01
3	SE (%)	≥ 50	67,44

Tabel 4. Hasil Pengujian *Filler*

No	<i>Filler</i>	Syarat	Hasil
1	BJ	≤ 8	2,53

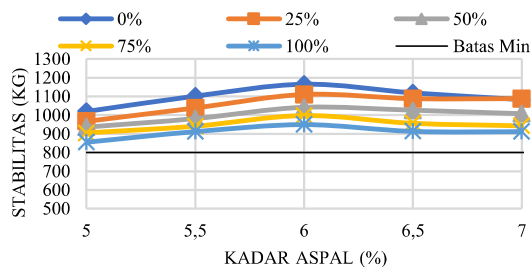
Tabel 5. Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	BJ	$\geq 1,0$	1,05
2	Penetrasi (mm)	60/70	61,20
3	Daktilitas (cm)	≥ 100	150
4	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	49
5	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	332
6	Titik Bakar ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	339
7	Kelarutan pada TCE	≥ 99	99

Karakteristik marshall untuk menentukan kadar aspal optimum

1. Stabilitas

Berikut hasil nilai stabilitas ditunjukkan pada Gambar 1.

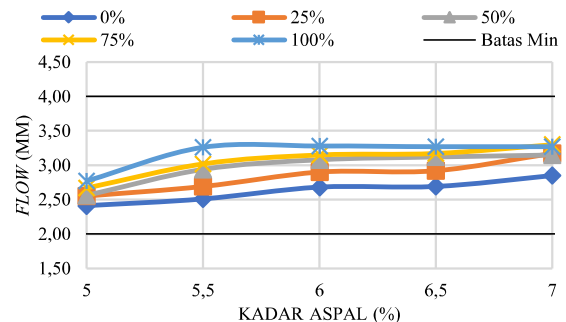


Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas

Nilai Stabilitas pada campuran PSM cenderung naik seiring dengan naiknya kadar aspal. Kenaikan kadar aspal meningkatkan kualitas ikatan antaragregat sehingga stabilitas campuran bertambah. Namun, pada kadar aspal yang lebih tinggi, kelebihan aspal menyebabkan lapisan aspal menjadi terlalu tebal, sehingga gaya geser antaragregat berkurang dan sifat plastis campuran meningkat. Kondisi ini mengakibatkan stabilitas depresiasi kembali. Berdasarkan Bina Marga 2018 (Revisi 2), seluruh variasi campuran yang diuji tetap memenuhi persyaratan stabilitas minimum AC-BC sebesar 800 kg.

2. Flow

Berikut hasil nilai *flow* ditunjukkan pada Gambar 2.

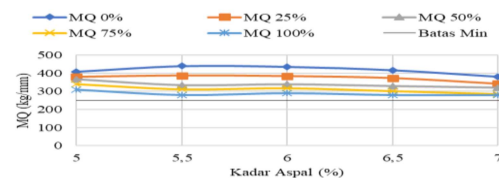


Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Flow

Nilai *flow* campuran PSM menunjukkan kecenderungan naik. Pada kadar aspal rendah, nilai *flow* relatif kecil, menunjukkan bahwa campuran masih bersifat kaku karena lapisan aspal yang terbentuk di sekitar agregat belum cukup untuk memberikan kelenturan. Seiring peningkatan kadar aspal, lapisan aspal menjadi lebih tebal.

3. MQ

Berikut hasil nilai MQ ditunjukkan pada Gambar 3.

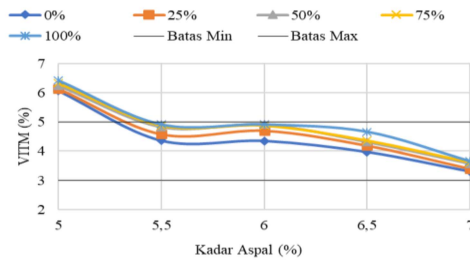


Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan MQ

Nilai MQ PSM menunjukkan grafik yang meningkat, kemudian mengalami penurunan pada kadar aspal yang lebih tinggi yaitu 7%. Hal ini di pengaruhi oleh karakteristik PSM yang mempunyai pori pori lebih kecil dari pada agregat halus Clereng dan mempunyai permukaan licin dan tidak bersudut sehingga menyebabkan daya lekat terhadap aspal berkurang.

4. (VITM)

Berikut hasil nilai VITM ditunjukkan pada Gambar 4.

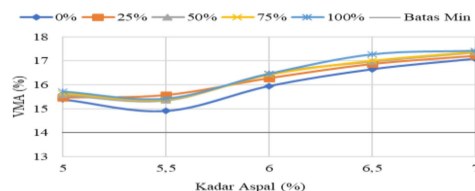


Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai VITM

Nilai VITM dengan berbagai variasi substitusi agregat halus PSM menunjukkan nilai penurunan seiring dengan meningkatnya kadar aspal. Pada kadar aspal 5%, nilai VITM relatif tinggi karena jumlah aspal belum cukup untuk mengisi seluruh rongga antar agregat, sehingga volume udara dalam campuran masih besar. Ketika kadar aspal meningkat, aspal mulai mengisi rongga antar-butir agregat secara lebih merata, menyebabkan volume rongga udara berkurang dan nilai VITM menurun.

5. (VMA)

Berikut hasil nilai VMA ditunjukkan pada Gambar 5.

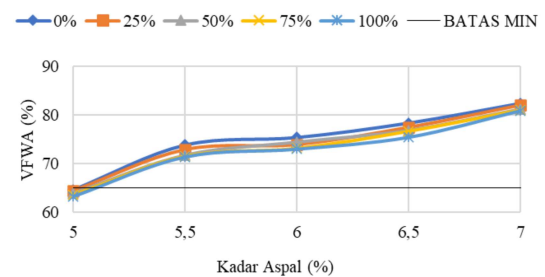


Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai VMA

Nilai VMA Pasir Silika Merah mengalami kecenderungan naik seiring dengan meningkatnya kadar aspal. Pada kadar aspal rendah 5%, nilai VMA relatif kecil, kemudian meningkat secara bertahap hingga diantara 6,0–6,5%, dan terus meningkat pada kadar aspal yang lebih tinggi yaitu 7%.

6. (VFWA)

Berikut hasil nilai VFWA ditunjukkan pada Gambar 6.

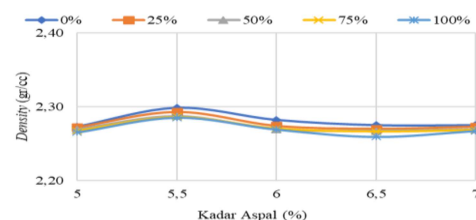


Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dengan nilai VFWA

Nilai VFWA campuran PSM menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal. Pada kadar aspal 5%, nilai VFWA masih rendah karena jumlah aspal belum cukup untuk mengisi seluruh rongga antar agregat. Seiring peningkatan kadar aspal hingga sekitar 6,0–6,5%, nilai VFWA meningkat, menandakan bahwa rongga antar agregat semakin banyak terisi oleh aspal, sehingga ikatan antar partikel menjadi lebih baik dan campuran semakin padat.

7. Density

Berikut hasil nilai *Density* ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai *Density*

Nilai *density* campuran AC-BC dengan substitusi agregat halus PSM menunjukkan peningkatan hingga mencapai kadar aspal 5,5% kemudian mengalami penurunan hingga kadar aspal 7%. Nilai *density* yang naik menunjukkan bahwa campuran memiliki susunan agregat yang rapat dan daya ikat yang baik, yang berpengaruh terhadap stabilitas dan ketahanan terhadap deformasi.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil KAO

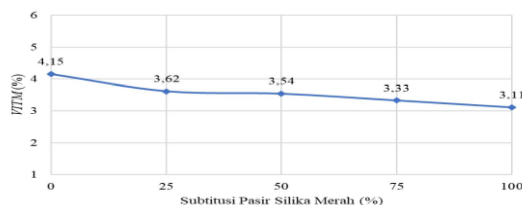
Variasi Substitusi Pasir Silika Merah (%)	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
0	5,25	7	6,12
25	5,27	7	6,14
50	5,30	7	6,18
75	5,40	7	6,20
100	5,50	7	6,25

Dari Tabel 6. dapat dilihat bahwa KAO meningkat. Pada penelitian ini menggunakan PSM sebagai substitusi agregat halus, yang dimana Pasir Clereng dan PSM mempunyai berat jenis, penyerapan air, dan SE yang berbeda.

Pengaruh variasi substitusi psm terhadap karakteristik volumetrik

1. VITM

Grafik nilai VITM pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai VITM

Dengan meningkatnya variasi substitusi agregat halus oleh PSM pada campuran AC-BC nilai VITM mengalami penurunan. Penurunan nilai VITM 0% hingga 100% adalah 1,05%.

Sesuai dengan Mukhlis dkk (2023) dalam penelitiannya nilai VITM menurun seiring dengan variasi substitusi pasir silika. Hal ini karena pasir silika membantu untuk campuran menjadi rapat dan rongga pada campuran berkurang.

2. VMA

Grafik hasil nilai VMA pada Gambar 9.



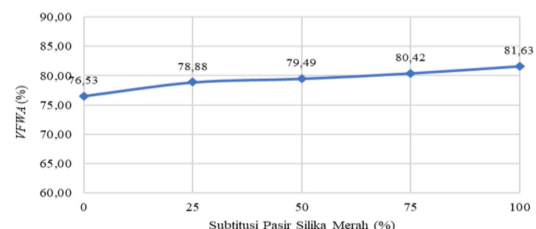
Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai VMA

Nilai VMA campuran AC-BC mengalami penurunan. Pada campuran aspal yang tidak terserap oleh agregat lebih banyak mengisi rongga, sehingga rongga mineral agregat (VMA) berkurang ketika variasi substitusi bertambah. Penurunan nilai VMA 0% hingga 100% adalah 0,66%.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono (2025) nilai VMA mengalami penurunan seiring dengan penambahan jumlah substitusi. Peningkatan kadar substitusi pada pasir laut menurunkan nilai VMA.

3. VFWA

Grafik hasil nilai VFWA pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai VFWA

Kenaikan nilai VFWA 0% hingga 100% adalah 5,11%. Grafik ini sesuai dengan nilai VITM yang menurun. Pada variasi yang sama semakin kecil nilai VITM semakin besar nilai VFWA yang terisi oleh aspal.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rafianto dkk (2022) nilai Void Filled by Bitumen (VFB) mengalami peningkatan seiring dengan banyaknya proporsi substitusi agregat halus pasir pantai sadranan.

4. Density

Grafik hasil nilai *density* pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hubungan kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai *Density*

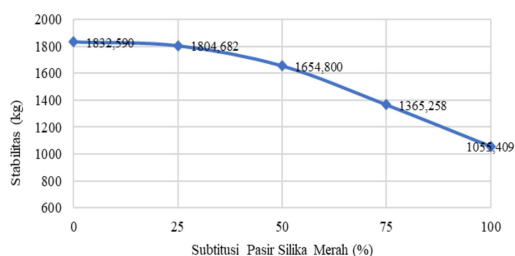
Nilai *Density* mengalami peningkatan nilai *Density* seiring dengan bertambahnya jumlah variasi substitusi PSM. Peningkatan nilai *Density* menunjukkan bahwa campuran tetap padat.

Sesuai dengan yang dilakukan oleh Mukhlis dkk (2024) bahwa semakin tinggi persentase pasir silika yang ditambahkan sebagai agregat halus pada campuran, maka semakin tinggi pula nilai densitas campuran tersebut.

Pengaruh variasi substitusi psm terhadap karakteristik kekakuan

1. Stabilitas

Grafik hasil nilai stabilitas pada Gambar 12.



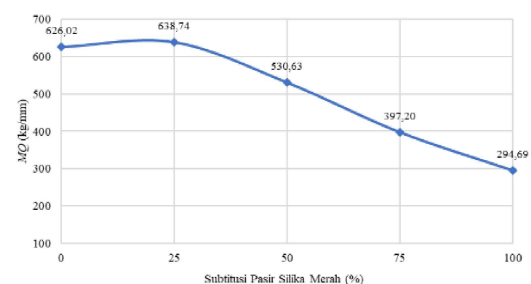
Gambar 12. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai Stabilitas

Nilai stabilitas mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya persentase substitusi agregat halus PSM. Pada saat tanpa substitusi 0%, campuran menunjukkan nilai stabilitas tertinggi. Penurunan nilai stabilitas 0% hingga 100% adalah 777,180 kg. Penurunan nilai stabilitas ini menunjukkan bahwa PSM memiliki pengaruh terhadap kemampuan campuran aspal dalam menahan beban.

Sesuai dengan penelitian Nofrianto dan Astika (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan pasir silika menyebabkan penurunan nilai stabilitas *Marshall* seiring meningkatnya kadar substitusi. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, penurunan stabilitas terjadi karena ikatan antar partikel agregat dan aspal menjadi kurang kuat, sehingga kemampuan campuran dalam menahan beban berkurang pada kadar substitusi yang tinggi.

2. MQ

Grafik hasil nilai *MQ* pada Gambar 13.



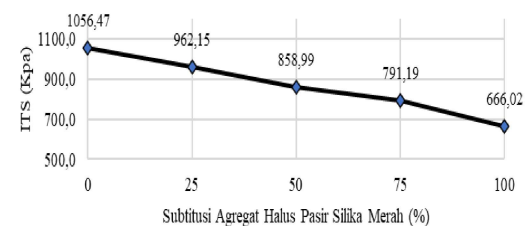
Gambar 13. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai *MQ*

Nilai *MQ* tampak stabil, sedikit naik pada substitusi 25% lalu turun ketika substitusi ditingkatkan menjadi 50%, 75%, dan 100%. Penurunan nilai *MQ* dari 0% hingga 100% adalah 331,320kg/mm.

Hal ini berbanding terbalik dengan temuan Hadi dan Fauziah (2021) kekuatan aspal yang lebih besar menunjukkan nilai *MQ* yang tinggi, namun kondisi ini dapat menyebabkan campuran lebih mudah retak.

3. ITS

Grafik hasil nilai ITS ditunjukkan pada Gambar 14.



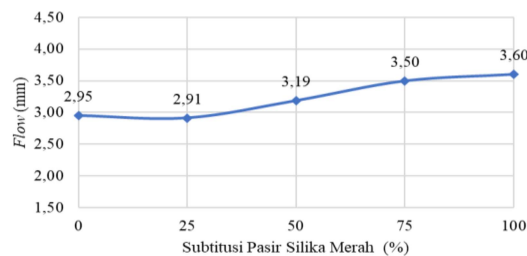
Gambar 14. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai ITS

Nilai ITS menurun seiring meningkatnya substitusi PSM sebagai agregat halus. Pada substitusi 25%, 50%, 75%, hingga 100%, terjadi penurunan bertahap dari 1056,47 kPa menjadi 666,02 kPa. Penurunan nilai ITS 0% hingga 100% adalah 391,45 kPa.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan Sunarto dan Susilowati (2025) Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar persentase penggantian agregat halus abu batu dengan pasir Gunung Humbang Hasundutan.

4. Flow

Grafik hasil nilai *flow* pada Gambar 15.



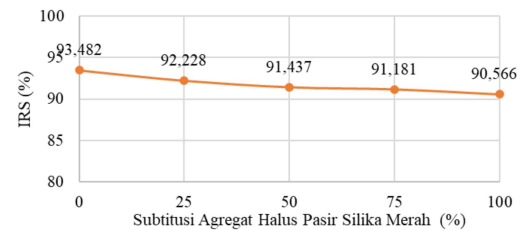
Gambar 15. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Agregat Halus Pasir Silika Merah pada Campuran AC-BC Terhadap Nilai *flow*

nilai *flow* PSM mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase substitusi. Perubahan kenaikan pada nilai *flow* dari 0% hingga 100% adalah 0,65.

Sesuai dengan penelitian Darmawan dkk. (2023) pemanfaatan pasir silika Bangka ***Pengaruh variasi substitusi psm terhadap karakteristik keawetan***

1. IRS

Grafik hasil nilai IRS ditunjukkan pada Gambar 16.



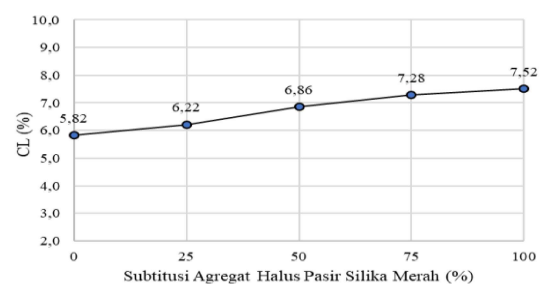
Gambar 16. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai IRS

Nilai IRS menunjukkan penurunan dengan bertambahnya jumlah substitusi agregat halus. IRS yang diperoleh berkisar antara 93,48% hingga 90,57%

Sesuai dengan Sunarto dan Susilowati (2025) bahwa campuran Laston dengan penambahan pasir Gunung Humbang Hasundutan hingga kadar 6% masih memiliki nilai IRS di atas 90%, yang berarti campuran tersebut tahan terhadap pengaruh air, suhu, dan udara bebas.

2. CL

Grafik hasil nilai CL ditunjukkan pada Gambar 17.



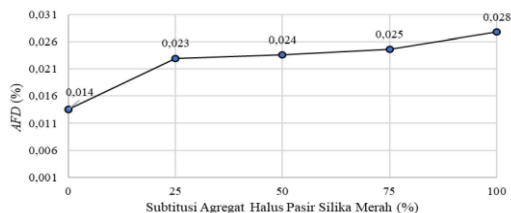
Gambar 17. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai CL

Nilai CL campuran AC-BC dengan variasi substitusi PSM menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya kadar substitusi dari 0% hingga 100%, nilai CL meningkat dari 5,82% menjadi 7,52. peningkatan nilai CL 0% hingga 100% adalah 1,7%.

Hal ini berbanding terbalik dengan yang diteliti Rihdatul (2024) dalam penggunaan serbuk cangkang telur sebagai *filler*.

3. AFD

Grafik hasil nilai AFD ditunjukkan pada Gambar 18.

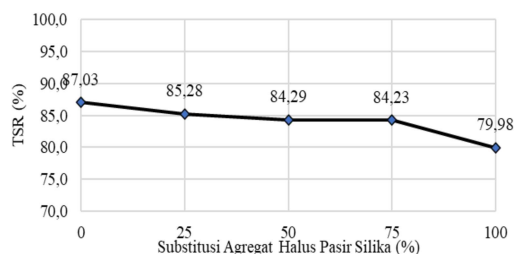


Gambar 18. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai AFD

Nilai AFD pada campuran substitusi PSM menunjukkan peningkatan bertahap seiring bertambahnya persentase substitusi dari 0% hingga 100%. Nilai AFD naik dari 0,014% pada 0% substitusi menjadi 0,028% pada 100% substitusi, yang berarti terjadi peningkatan kehilangan aspal pada campuran dengan kadar PSM yang lebih tinggi.

4. TSR

Grafik hasil nilai TSR ditunjukkan pada Gambar 19.



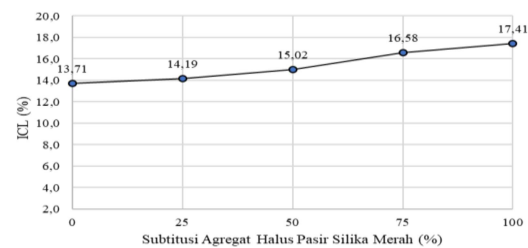
Gambar 19. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah terhadap Nilai TSR

Hasil pengujian TSR menggunakan PSM menunjukkan adanya penurunan nilai seiring dengan meningkatnya persentase substitusi pasir silika. Penurunan nilai TSR 0% hingga 100% adalah 7,05%.

Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Laudy (2025) bahwa nilai TSR dengan menggunakan pasir pantai marinsow mengalami penurunan.

5. ICL

Grafik hasil ICL ditunjukkan pada Gambar 20.



Gambar 20. Grafik Hubungan Kadar Substitusi Pasir Silika Merah dengan Nilai ICL

Nilai ICL campuran AC-BC dengan variasi substitusi Pasir Silika Merah menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya kadar substitusi dari 0% hingga 100%, nilai ICL meningkat dari 13,71% menjadi 17,41%. Peningkatan nilai CL 0% hingga 100% adalah 3,7%.

Hal ini sesuai dengan yang dilakukan Kholid, (2025) dalam penelitiannya menggunakan abu bauksit, dalam metode konvensional nilai ICL mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya kadar substitusi yang digunakan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan sebagai berikut.

Substitusi PSM pada campuran AC-BC memengaruhi karakteristik kekuatan, volumetrik, dan durabilitas campuran. Dari aspek kekuatan, peningkatan kadar substitusi PSM menyebabkan penurunan nilai stabilitas, MQ, ITS, serta peningkatan nilai *flow*, yang menunjukkan menurunnya kemampuan campuran dalam menahan beban.

Dari aspek volumetrik, meningkatnya kadar substitusi PSM mengakibatkan penurunan nilai VITM, VMA, dan *density*, sementara nilai VFWA mengalami peningkatan, yang mencerminkan perubahan struktur rongga dalam campuran.

Sementara itu, dari aspek durabilitas, peningkatan kadar substitusi PSM menyebabkan penurunan nilai IRS dan TSR, serta peningkatan nilai CL, ICL, AFD, yang menunjukkan penurunan ketahanan

campuran terhadap kerusakan dan disintegrasi. Meskipun demikian, seluruh variasi substitusi hingga 100% masih memenuhi persyaratan teknis, sehingga PSM berpotensi digunakan sebagai alternatif agregat halus dalam campuran AC-BC.

Daftar Pustaka

- Laudy. (2025). Pengaruh Pemanfaatan Material Lokal Menggunakan Pasir Pantai Marinsow sebagai Substitusi Agregat Halus terhadap Karakteristik AC-BC. Tugas Akhir: 1–85. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Mukhlis, Lusyana, Enita Suardi, Denisa Rahma Sukri, dan Alyza Sazama. (2023). Marshall Characteristics of Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) with Substitution of Silica Sand as Fine Aggregate. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, Vol.12 No.2 250–259. Padang.
- Mukhlis, Lusyana, Enita Suardi, Denisa Rahma Sukri, dan Alyza Sazama. (2024). Performance of Percentage Refusal Density (PRD) in Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Mixtures with Silica Sand Substitution as Fine Aggregate. *IJIMCE (International Journal of Innovation in Mechanical Construction and Energy)*, Vol.1 No.3 189–196. Padang.
- Nirwana, T.A., Asukmajaya, B. dan Suryadi, A. (2025). Analisis Substitusi Pasir Besi Sebagai Agregat Halus pada Kinerja Aspal (AC-BC). *JOS-MRK*, Vol.6 No.1 8–17. Malang.
- Nofrianto, H. dan Astika, S.D. (2023). Kajian Pasir Silika Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Berdasarkan Uji Marshall. *Jurnal Teknologi dan Vokasi*, Vol.1 No.2 53–66. Padang.
- Rafianto, A., Yuono, T., dan Sumina. (2022). Analisis Pemanfaatan Pasir Pantai Sadranan sebagai Bahan Tambah Campuran (AC-BC) terhadap Sifat Marshall. *Jurnal Teknik Sipil dan Arsitektur*, Vol.27 No.2 36–43. Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta.
- Ramadhan dan Fauziah. (2020). Kinerja Campuran SMA dengan Menggunakan Pasir Pantai Indrayanti Sebagai Pengganti Agregat Halus, *Teknisia*: Vol. XXV, No. 1-9 Yogyakarta.
- Ridha, R., Syarwan dan Supardin. (2020). Pengaruh Substitusi Limbah Kaca Terhadap Pasir pada Campuran Laston AC-BC. *Jurnal Sipil Sains Terapan*, Vol.3 No.2 51–58. Lhokseumawe.
- Rihdatul (2024). Pengaruh Penggunaan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Substitusi *Filler* Terhadap Campuran AC-BC. Tugas Akhir: 70-73 Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta
- Senolinggi, R.D., Suparma, L.B. dan Mulyono, A.T., (2023). Karakteristik Asphalt Concrete-Binder Course Dengan Pasir Silika Bangka Sebagai Agregat Halus. *Jurnal HPJI*, Vol. 9 No.2 105–114. Yogyakarta.
- Sunarto, dan Susilowati. (2025). Pemanfaatan Pasir Gunung Humbang Hasundutan sebagai Agregat Halus pada Campuran Hotmix AC-BC. *Jurnal Media Konstruksi*, Vol.10 No.2 242–254. Universitas Kahuripan Kediri.