

PENGARUH SUBSTITUSI PASIR PANTAI NGUDEL TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL CAMPURAN ASPAL BETON

M Zain Helmi Novansyah¹, Armin Naibaho², Bobby Asukmajaya R³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email : zainhelmii2000@gmail.com¹,

ABSTRAK

Pasir pantai sebagai solusi pengganti pasir alam yang ketersediaannya semakin berkurang karena banyaknya pembangunan, Pasir pantai dengan ketersediaannya yang melimpah di Indonesia, menawarkan solusi yang menjanjikan sebagai material pengganti atau penambah untuk agregat halus dalam campuran AC-WC. Pasir pantai memiliki beberapa karakteristik yang berpotensi meningkatkan kinerja campuran aspal, pasir Pantai juga adalah Solusi untuk pengganti pasir alam yang semakin hari semakin berkurang jumlahnya dikarenakan tingginya Pembangunan infrastruktur seperti bangunan Gedung, rumah, termasuk jalan juga Tujuan peneliti ini untuk mengetahui pengaruh variasi Pasir Pantai Ngudel terhadap campuran aspal beton dengan variasi campuran 0%, 25%, 35%, dan 45%. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode basah. Hasil dari pengujian ini mendapatkan kadar aspal optimum sebesar 6%. Substitusi pasir pantai ngudel pada campuran aspal AC-WC menunjukkan penurunan terhadap parameter Marshall, dengan stabilitas menurun dari **1387,25 kg/mm** (0%) menjadi **1100,57 kg/mm** (45%). Hasil nilai Flow stabil dari **2,69 mm** menjadi **2,69 mm**. Void Filled with Asphalt (VFA) menurun dari **90,61%** menjadi **65,81%**, .Void in Mixture (VIM) memenuhi rentang spesifikasi \ (3,0–5,0%) hanya pada variasi 25% hal ini menunjukkan keseimbangan porositas yang baik, Void in Mineral Aggregate (VMA) mengalami peningkatan dari 0% variasi pasir pantai ngudel hingga 45% campuran pasir pantai ngudel dan memenuhi spesifikasi minimum (15%), sementara Marshall Quotient (M-Q) mengalami peningkatan 0% variasi pasir pantai ke 25% variasi pasir pantai lalu setelah itu menurun sampai ke variasi 45% dengan nilai dari **573,17 kg/mm** menjadi **489,13 kg/mm**. Dengan demikian, variasi 25% memberikan performa terbaik, memenuhi semua parameter Marshall sesuai spesifikasi SNI, dan menjadikannya pilihan optimal untuk meningkatkan stabilitas dan daya tahan campuran aspal AC-WC. **Kata kunci:** Pasir pantai, AC-WC, aspal, anggaran biaya.

ABSTRACT

Beach sand as a substitute solution for natural sand, whose availability is decreasing due to extensive construction, offers a promising solution as a replacement or additive material for fine aggregates in AC-WC mixtures. With its abundant availability in Indonesia, beach sand possesses several characteristics that have the potential to enhance the performance of asphalt mixtures. Beach sand is also a solution to replace natural sand, which is becoming increasingly scarce due to the high demand for infrastructure development such as buildings, houses, and roads. The objective of this research is to determine the influence of variations in Ngudel beach sand on asphalt concrete mixtures with variations of 0%, 25%, 35%, and 45%. This research was conducted using the wet method. The results of this testing obtained an optimum asphalt content of 6%. The substitution of Ngudel beach sand in AC-WC asphalt mixtures showed a decrease in Marshall parameters, with stability decreasing from 1387.25 kg/mm (0%) to 1100.57 kg/mm (45%). The flow value remained stable from 2.69 mm to 2.69 mm. Void Filled with Asphalt (VFA) decreased from 90.61% to 65.81%. Void in Mixture (VIM) met the specification range of (3.0-5.0%) only at a 25% variation, indicating a good porosity balance. Void in Mineral Aggregate (VMA) increased from 0% variation of beach sand to 45% of beach sand mixture and met the minimum specification (15%), while Marshall Quotient (M-Q) increased from 0% variation of beach sand to 25% variation of beach sand and then decreased to 45% variation with a value from 573.17 kg/mm to 489.13 kg/mm. Therefore, the 25% variation provides the best performance, meeting all Marshall parameters according to SNI specifications, and making it the optimal choice for improving the stability and durability of AC-WC asphalt mixtures.

Keywords: Pasir pantai, marshall, AC-WC, asphalt, cost budget.

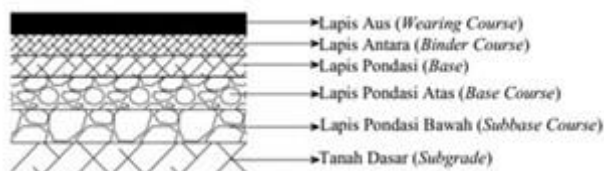
1. PENDAHULUAN

Jalan Peningkatan kualitas infrastruktur jalan sangat penting untuk mendukung pertumbuhan ekonomi dan mobilitas masyarakat. Kebutuhan material berkualitas tinggi dan ramah lingkungan menjadi perhatian utama dalam industri jalan raya. Namun, aspal sebagai material utama pada perkerasan lentur memiliki keterbatasan, seperti rentan terhadap retakan dan deformasi plastis (rutting) [1]. Hal ini mendorong pencarian alternatif material yang lebih baik dan berkelanjutan.

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki banyak pesisir pantai dengan pasir yang cukup banyak dan belum dimanfaatkan secara optimal, terutama sebagai bahan dalam pembangunan jalan. Lapisan aspal beton atau yang sering disebut laston terbuat dari campuran agregat, seperti agregat kasar, agregat halus, dan filler, serta bahan pengikat berupa bitumen. Dengan semakin banyaknya pembangunan jalan, kebutuhan akan bahan dasar tersebut juga meningkat, termasuk kualitas yang memenuhi standar. Namun di lapangan, ketersediaan bahan dasar untuk campuran aspal ini tidak selalu merata. Di beberapa daerah, faktor ini menyebabkan harga agregat menjadi mahal, sehingga memengaruhi biaya pembangunan jalan. Karena itu, diperlukan sumber bahan alternatif. Memanfaatkan sumber daya alam setempat secara maksimal adalah salah satu upaya untuk menghemat biaya. Saat ini, semakin banyak penelitian dilakukan dalam teknologi perkerasan jalan yang bertujuan untuk tujuan tersebut. [2]

Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston adalah campuran aspal dan agregat, di mana aspal berfungsi sebagai perekat dan agregat sebagai tulangan [3]. Lapisan aspal beton (AC) terdiri dari tiga jenis: Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC), dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018). [4]



Gambar 1. Susunan Aspal Beton

Pengujian Marshall

Metode Marshall digunakan untuk mengukur kualitas dan sifat campuran aspal. ASTM dan AASHTO telah menstandartkan metode ini dengan beberapa modifikasi. Metode Marshall bergantung pada pemeriksaan rongga dalam campuran aspal dan agregat, kelelahan (arus), dan stabilitas campuran yang diuji. [5]

2. METODOLOGI

Persiapan Material

Material yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Agregat kasar, agregat halus, aspal, dan filler digunakan dalam penelitian ini. Agregat kasar diambil dari Pasuruan, dan agregat halus diambil dari lumajang. Untuk pengisi, semen Portland digunakan, dan pasir pantai yang diambil dari Pantai Ngudel. Aspal yang digunakan memiliki nilai penetrasi 60/70.[4]

Pengujian Sifat Fisik Material

Agar benda uji memiliki hasil terbaik, pengujian sifat fisik bahan dilakukan untuk memastikan bahwa semua material yang digunakan memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 [4]. Aspal diuji dengan penetrasi, berat jenis, dan titik lembab, dan agregat halus diuji dengan berat jenis dan kadar organik. Agregat Kasar (Jenis, Kekerasan, dan Kerusakan)

Pembuatan Benda Uji

Terdapat dua jenis pembuatan benda uji, yaitu benda uji KAO (tanpa pasir pantai) dan benda uji yang menggunakan pasir pantai sebagai pengganti. Untuk benda uji KAO, dibuat dengan tujuh variasi kadar aspal, dan setiap variasi dilakukan sebanyak tiga kali. Variasi tersebut adalah: Pb, (Pb -1,0), (Pb -0,5), (Pb), (Pb + 0,5), dan (Pb + 1,0) dengan rumus yang dijelaskan sebagai berikut: $Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + k$ (1) dengan penjelasan sebagai ini: Pb = Kadar aspal yang telah direncanakan sebelumnya dibandingkan dengan berat campuran CA = Agregat kasar yang tertahan di saringan nomor 8 FA = Agregat halus yang lolos dari saringan nomor 8 dan tertahan di nomor 200 FF = Bahan pengisi K = Konstanta, dengan nilai berkisar antara 0,5 sampai 1,0. Dari perhitungan, diperoleh nilai Pb sebesar 6,0%. Benda uji tanpa pasir pantai ini digunakan untuk menentukan kadar aspal terpilih (KAT). Setelah nilai KAT diperoleh, pembuatan benda uji dengan substitusi pasir pantai dapat dilakukan dengan tiga variasi penggantian pasir pantai, di mana setiap variasi diulang lima kali, dengan persentase substitusi pasir pantai sebesar 25%, 35%, dan 45%.

Pengujian Marshall Benda Uji

Tujuan pengujian Marshall adalah untuk mengetahui seberapa penting karakteristik Marshall dalam campuran. Setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan, pengukuran volumetrik dilakukan, termasuk tebal, diameter, berat, dan keadaan kering permukaan jenuh/SSD benda uji. Setelah itu, benda uji diendam selama tiga puluh menit dalam air pada suhu 60 derajat Celcius dan diuji menggunakan mesin Marshall untuk menghitung nilai aliran dan stabilitas [6]

Tabel 1. Ketentuan Sifat Campuran Laston AC-WC

Sifat-Sifat Campuran	Campuran Laston		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang	75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	3,0-5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.15	Min.14	Min.13
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min.65	Min.65	Min.65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 800		Min. 1800
Flow (mm)	2,0 - 4,0		3,0 - 6,0
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250		

Tabel 2. Ketentuan Sifat Campuran Laston AC-WC Mod

Sifat-Sifat Campuran	Campuran Laston		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
Jumlah tumbukan per bidang	75		112
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	3,0-5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min.15	Min.14	Min.13
Rongga terisi aspal (VFB) (%)	Min.65	Min.65	Min.65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min. 1000		Min. 1800
Flow (mm)	2,0 - 4,0		3,0 - 6,0
<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)	Min. 250		

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis yang dilakukan meliputi pemeriksaan sifat fisik material, Perhitungan kebutuhan material, pemeriksaan karakteristik marshall dan analisis biaya.

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat

Tabel 3. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Kasar

Pengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan		Metode Pengujian
		Min	Max	
Berat Jenis				
-Bulk	2.649	2,5	-	SNI 1969-2008
-Apparent	2.803	2,5	-	
-JPK/SSD	2.704	2,5	-	
-Efektif	2.726	-	-	
Penyerapan	2.095	-	3%	SNI 1969-2016
Kekerasan	3.98	-	40%	SNI 7619-2012
Keausan	16.160	-	40%	SNI 2417-2008

Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Tabel 4. Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat Halus

Pengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan		Metode Pengujian
		Min	Max	

Berat Jenis				
-Bulk	2.707	2,5	-	SNI 1969-2008
-Apparent	2.771	2,5	-	
-JPK/SSD	2.730	2,5	-	
-Efektif	2.739	-	-	
Penyerapan	0.857	-	3%	SNI 1969-2008
Kadar Orgaink	1	1	3	SNI 03-2816-2014

Hasil Pengujian Sifat Fisik Aspal

Tabel 5. Pengujian Sifat Fisik Aspal

Pengujian	Hasil Pengujian	Persyaratan		Metode Pengujian
		Min	Max	
Penetrasi, 25°C	62.688	60	70	SNI 2456-2011
Titik Lembek, °C	48	48°C	58°C	SNI 2434:2011
Berat Jenis	1.030	1,0	-	SNI 2441:2011

Kebutuhan Bahan Penyusun Laston AC-WC

Berdasarkan komposisi agregat dan variasi kadar aspal, benda uji normal dibuat, dengan tiga benda uji untuk setiap variasi. Variasi kadar aspal adalah 5%, 5%, 6%, 6,5 %, dan 7%, yang akan digunakan untuk menghitung KAO.

Tabel 6. Kebutuhan Bahan Penyusun Laston AC-WC

Ukuran Saringan (mm)	No Saringan	Batas Gradasi	Nilai Tengah/Id eal (%)	Nilai Tertahan (%)	Berat (gr)
A	B	C	D	E	F
19	3/4"	100	100	0	0
12,5	1/2"	90-100	95	5	55
9,5	3/8"	77-90	82,5	11,5	126,5
4,75	No. 4	53-69	61	22,5	247,5
2,36	No. 8	33-53	43	18	198
1,18	No. 16	21-40	30,5	12,5	137,5
0,6	No. 30	14-30	22	8,5	93,5
0,3	No. 50	9-22"	15,5	6,5	71,5
0,15	No. 100	6-15"	10,5	5	55
0,075	No. 200	4-9"	6,5	4	44
	Semen			6,5	71,5
Berat Total					1100

Hasil *Marshall* Benda Uji KAO

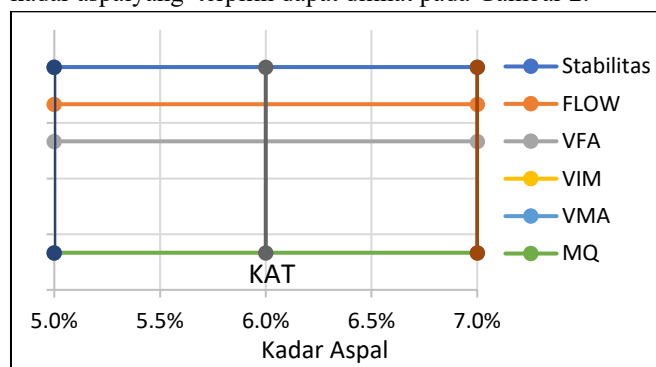
Rekap hasil uji Marshall campuran normal dengan kadar aspal 5% hingga 8% terhadap nilai VIM, VMA, VFA, stabilitas, flow, dan MQ dapat dilihat di dalam Tabel 7.

Tabel 7. Rekap Hasil Uji Marshall tanpa campuran pasir pantai ngudel

Karakteristik Campuran AC-WC	Kadar Aspal (%)				
	5%	5,5%	6%	6,5%	7%
Stabilitas (kg)	1494,95	1397,17	1386,52	1148,32	886,88
Flow (mm)	2,96	2,49	2,77	3,38	3,23
MQ (kg/mm)	553,52	668,26	545,31	326,71	294,18
VMA (%)	12,74	11,75	16,4	14,89	15,75
VIM (%)	1,27	-1,01	3,22	0,35	0,25
VFA (%)	90,12	111,16	80,4	99,06	102,42

Penentuan Kadar Aspal Optimum

Untuk menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan dengan kadar aspal yang paling ideal dari batas kadar 5% sampai kadar 7%, sehingga didapat KAO pada kadar 6%. Berikut adalah diagram untuk menentukan kadar aspal yang terpilih dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Hasil Pengujian Marshall Benda Uji Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Ngudel

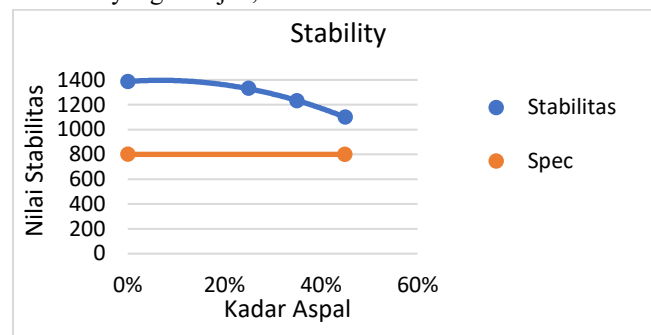
Hasil Marshall Test dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Benda Uji Variasi

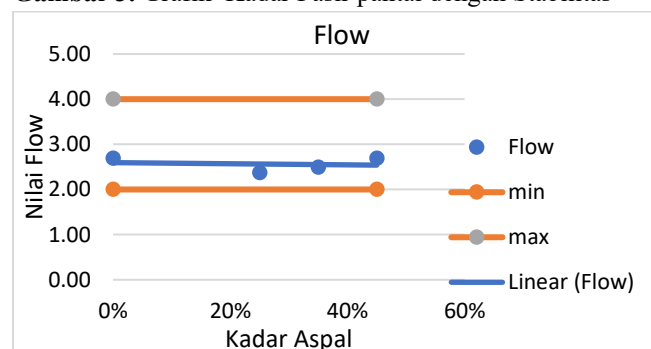
Karakteristik Campuran Pasir Pantai dengan kadar aspal terpilih 6%	Presentase Substitusi			
	0%	25%	35%	45%
Stabilitas (kg)	1387,25	1344,35	1231,82	1100,57
Flow (mm)	2,69	2,37	2,49	2,69
MQ (kg/mm)	573,18	585,20	552,75	489,13
VMA (%)	15,06	17,88	19,41	19,62
VIM (%)	1,65	4,92	6,70	6,93
VFA (%)	90,61	72,53	67,08	64,81

Data yang ditampilkan bukan hanya tabel, hasil pengujian juga ditampilkan dalam bentuk grafik antara kadar

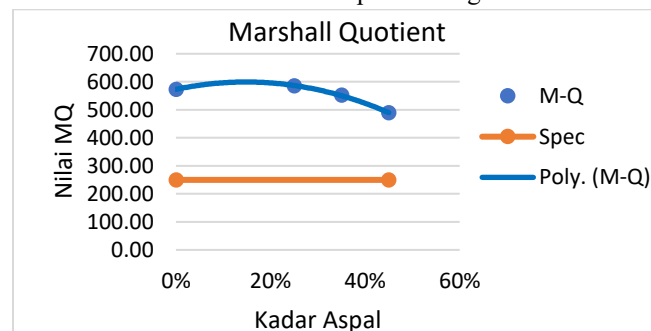
substitusi pasir pantai ngudel dengan seluruh karakteristik marshall yang ditinjau,



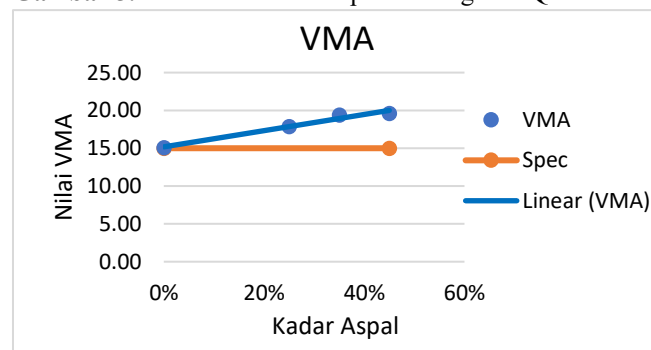
Gambar 3. Grafik Kadar Pasir pantai dengan Stabilitas



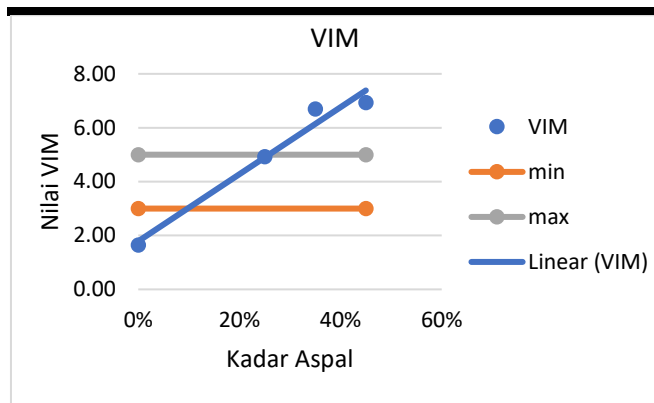
Gambar 4. Grafik Kadar Pasir pantai dengan Flow



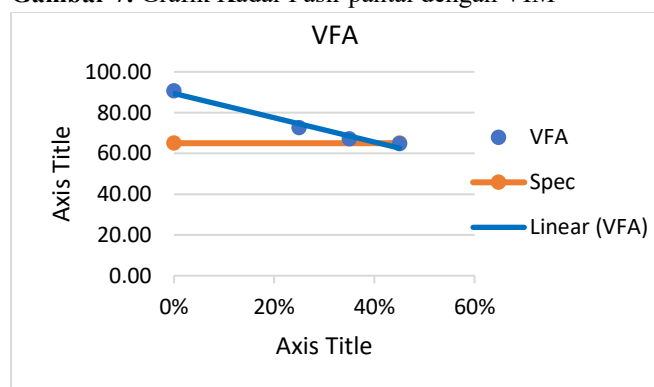
Gambar 5. Grafik Kadar Pasir pantai dengan MQ



Gambar 6. Grafik Kadar Pasir pantai dengan VMA



Gambar 7. Grafik Kadar Pasir pantai dengan VIM



Gambar 8. Grafik Kadar Pasir pantai dengan VIM

Berdasarkan Hasil pengujian karakteristik Marshall menunjukkan bahwa kadar pasir pantai ngudel ideal, yaitu presentase 4%, dapat digunakan sebagai substitusi aspal.

Rencana Anggaran Biaya Campuran Variasi Pasir Pantai ngudel

Hasil perhitungan Analisa biaya yang mengacu pada AHSP bidang Bina Marga Kementerian PU dan HSP Kota Malang, diperoleh nilai estimasi biaya pada pekerjaan perkerasan laston AC-WC tanpa substitusi Pasir Pantai Ngudel sebesar Rp 1.715.261 dan dengan Substitusi Pasir Pantai Ngudel sebesar Rp 1.617.125 yang menandakan dengan mensubstitusi pasir panati ngudel biaya yang dikeluarkan semakin murah.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, pengeolahan data yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh dari pengujian variasi kadar aspal 5%–7%, dan ditentukan sebesar 6%, karena memenuhi sebagian besar parameter Marshall kecuali VIM.
2. pada Substitusi Pasir Pantai Ngudel terhadap campuran aspal:

- a) Stabilitas menurun seiring meningkatnya persentase pasir pantai dibandingkan campuran normal
 - b) Flow tetap berada dalam batas Spesifikasi Bina Marga (2–4 mm).
 - c) Marshall Quotient (MQ) cenderung menurun dengan peningkatan pasir pantai.
 - d) VIM hanya memenuhi spesifikasi pada variasi 25%.
 - e) VMA semua variasi memenuhi spesifikasi dan meningkat seiring kenaikan pasir pantai.
 - f) VFA memenuhi spesifikasi pada variasi hingga 35%, tetapi tidak memenuhi pada 45%
3. Dari variasi 25% pasir Pantai Ngudel menghasilkan performa terbaik dari segi VIM, VMA, dan VFA, karena pasir meningkatkan kualitas rongga antar agregat, sehingga cocok digunakan pada campuran AC-WC.
 4. Dari biaya perkerasan dengan substitusi pasir Pantai Ngudel lebih murah dibanding campuran normal, dengan biaya terendah pada variasi 45%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian saya di laboratorium politeknik negeri malang, dapat disimpulkan :

1. Untuk penelitian lebih lanjut bisa menggunakan pasir pantai di daerah lainnya di harapkan mendapat hasil yang lebih baik
2. Peneliti lebih teliti dalam pemilihan dan pengecekan terhadap material dan spesifikasi yang bersangkutan agar nilai dari hasil penelitian mendapat nilai maksimal dan sesuai dengan syarat yang di tetapkan.
3. Melakukan pengecekan alat yang akan digunakan pada penelitian agar nilai dari hasil penelitian mendapat nilai maksimal dan sesuai dengan syarat yang di tetapkan
4. Untuk penelitian lebih lanjut di sarankan menggunakan pasir pantai yang lebih halus agar bisa lolos saringan yang telah di tentukan dan di harapkan mendapatkan nilai optimum dari pasir pantai tersebut

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Perdian, "Material Aspal dalam Konstruksi Jalan Raya," *Journal of Civil Engineering*, vol. 18, no. 2, pp. 25–35, 2024
- [2] Refi, Ahmad. "Efek Pemakaian Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall." *Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Padang* 2.1 (2015): 5-12.
- [3] Pusjatan, Modul 1, 2, & 3 Bahan Campuran Aspal Panas. Bandung: Balai Litbang Perkerasan Jalan,

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2019

- [4] Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2, Jakarta, Indonesia, 2018.
- [5] Aris, M., Sukowati, D. G., & Sitorus, W. P. (2020). Analisa Perbandingan Nilai Uji Marshall Pada Lapis Aspal Beton (Laston) Dengan Menggunakan Material PT. Pro Intertech Indonesia Dengan Material Batu Kapur. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 6(2), 63-67.
- [6] R. Ramadhani, J. Arliansyah, and E. Kadarsa, "The Effect of Pre-vulcanized Latex Usage on Marshall Characteristics in AC-WC Mixtures," *International Journal of Highway Engineering*, vol. 12, no. 4, pp. 211–220, 2024