

ANALISIS NILAI VOID IN MINERAL AGGREGATE, VOID IN MIX, DAN VOID FILLED WITH BITUMEN PADA KADAR ASPAL BERBEDA DENGAN FILLER PASIR PANTAI (Studi Kasus: Pasir Pantai Air Tawar Barat, Kota Padang)

Oktaviani¹, Adytia Damon²

^{1,2}Departemen Teknik Sipil Universitas Negeri Padang

Email: adytiadamon2@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini didasari dari penelitian yang menggunakan pasir Pantai Air Tawar Barat, Kota Padang sebagai *filler* campuran AC-WC. Penelitian tersebut menghasilkan nilai *void in mineral aggregate* (VMA), yang memenuhi standar, *values of void in mix* (VIM), dan *void filled with bitumen* (VFB) pada campuran AC-WC tidak memenuhi standar Kementerian PUPR 2018. Hipotesis peneliti kadar garam yang masih ada pada pasir Pantai Air Tawar Barat, Kota Padang menyebabkan tidak memenuhinya nilai VIM dan VFB. Peneliti mencoba mengurangi kadar garam dengan cara memberikan perlakuan dengan melakukan perendaman selama 4 hari. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis nilai VMA, VIM, VFB dari kadar aspal dengan *filler* pasir Pantai Air Tawar Barat, Kota Padang. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif eksperimen. Data pada penelitian adalah hasil pengujian *filler*, pengujian agregat, pengujian aspal sesuai spesifikasi Kementerian PUPR 2018, dan pengujian campuran AC-WC sesuai RSNI M-06-2004. Hasil penelitian pada kadar aspal 5% didapatkan nilai VMA dan VIM yang menurun dibandingkan sebelum dilakukan perlakuan pada *filler* campuran, VFB pada benda uji perlakuan mengalami kenaikan tetapi tetap tidak sesuai standar Kementerian PUPR 2018. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan nilai VMA dan VIM menurun untuk kadar aspal 4% - 5,5%, untuk nilai VFB meningkat dari kadar aspal 4%-6%. Pada kadar aspal 6% nilai VMA dan VIM mengalami penurunan drastis sedangkan nilai VFB mengalami peningkatan drastis. Nilai VMA, VIM, VFB yang diperoleh tidak sesuai spesifikasi Kementerian PUPR 2018 untuk setiap kadar aspal, kecuali nilai VFB untuk kadar aspal 6%.

Kata Kunci : VMA, VIM, VFB, *Filler* , Pasir Pantai.

Abstract : This research is based on research that uses West Freshwater Beach sand, Padang City as a filler for AC-WC mixes. The research resulted in void in mineral aggregate (VMA) values, which met the standard, values of void in mix (VIM), and void filled with bitumen (VFB) in the AC-WC mixture did not meet the 2018 Ministry of PUPR standards. The researcher hypothesizes that the salt content that is still present in the sand of West Freshwater Beach, Padang City causes the VIM and VFB values not to be met. Researchers try to reduce salt content by giving treatment by soaking for 4 days. The purpose of this research is to analyze the VMA, VIM, VFB values of asphalt content with West Freshwater Beach sand filler, Padang City. The research method used is quantitative experiment. The data in the study are the results of filler testing, aggregate testing, asphalt testing according to the 2018 PUPR Ministry specifications, and AC-WC mixture testing according to RSNI M-06-2004. The results of the study at 5% asphalt content obtained VMA and VIM values that decreased compared to before treatment of the mixture filler, VFB on the treatment specimen increased but still did not meet the 2018 PUPR Ministry standards. The results obtained from this study show that the VMA and VIM values decreased for 4% - 5.5% asphalt content, while the VFB value increased from 4%-6% asphalt content. At 6% asphalt content, VMA and VIM values decreased dramatically while VFB values increased dramatically. The VMA, VIM, VFB values obtained do not meet the Ministry of PUPR 2018 specifications for each asphalt content, except the VFB value for 6% asphalt content.

Keyword : VMA, VIM, VFA, *Filler*, Beach Sand

PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan raya memainkan peran krusial dalam perkembangan ekonomi dan mobilitas masyarakat. Kualitas perkerasan jalan sangat bergantung pada komposisi campuran aspal yang digunakan, dengan setiap komponen memiliki fungsi spesifik dalam menjamin kekuatan, durabilitas, dan kinerja jalan (Irianto, dkk, 2021). Salah satu aspek penting dalam perencanaan campuran aspal adalah pemilihan dan penggunaan *filler* yang tepat. *Filler*, sebagai material pengisi dalam campuran aspal, berperan signifikan dalam mengoptimalkan karakteristik void dan stabilitas campuran (Wulandari, 2023).

Pasir sungai dan abu batu adalah *filler* yang umumnya digunakan pada perkerasan aspal. adalah abu batu atau pasir sungai. Ketersediaan pasir sungai sangat dipengaruhi oleh kondisi geologis dan geografis masing-masing wilayah. Ketersediaan pasir sungai dapat berdampak signifikan pada industri konstruksi, khususnya dalam pembuatan campuran aspal. (Suhendro, 2024).

Dibutuhkan bahan alternatif pengganti pasir sungai sebagai *filler* pada campuran aspal. Pasir pantai yang melimpah pada daerah pantai dapat menjadi opsi alternatif pengganti pasir sungai sebagai *filler*, namun terlebih dahulu bahan yang digunakan harus memenuhi sifat kimia *filler* sesuai SNI 03-2460-1991 (oksida $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ minimum 70%). Pada uji sifat kimia pasir pantai Air Tawar Barat, Kota Padang didapatkan kadar $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ sebesar 72,322% dan kadar Cl sebesar 0,925%. Nilai pengujian memenuhi SNI 03-2460-1991.

Penelitian ini didasari penelitian sebelumnya yang menggunakan pasir Pantai Air Tawar Barat Kota Padang sebagai *filler* pada campuran AC-WC. Berdasarkan penelitian didapatkan nilai VFB yang tidak memenuhi spesifikasi Kementerian PUPR 2018. Hipotesis tingginya kadar garam menjadi penyebab nilai yang tidak memenuhi standar. Dilakukan perlakuan berupa perendaman *filler* selama 4 hari guna menurunkan kadar garam dari pasir Pantai Air Tawar Barat, Kota Padang. Pengujian kimia pasir Pantai Air Tawar Barat, Kota Padang memperoleh nilai $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ sebesar 70,343% dan kadar Cl sebesar 0,012%. Hasil penelitian menunjukkan penurunan kadar garam sebesar 77%.

Penelitian ini berfokus pada analisis nilai *void in mineral aggregate* (VMA), *void in mix* (VIM), dan *void filled with bitument* (VFB) pada campuran aspal dengan variasi kadar aspal yang berbeda, menggunakan *filler* pasir pantai Air

Tawar Barat, Kota Padang. Penggunaan pasir pantai sebagai *filler* merupakan upaya inovatif untuk memanfaatkan sumber daya lokal dan potensial dalam konstruksi jalan. Pasir pantai, dengan karakteristik fisik dan kimianya yang unik, memiliki potensi untuk mempengaruhi sifat-sifat campuran aspal secara signifikan.

Nilai VMA, VIM, dan VFB merupakan parameter kunci dalam menentukan kualitas dan performa perkerasan jalan. Ruang di antara partikel agregat mineral dalam campuran aspal yang telah dipadatkan ditunjukkan oleh VMA. Sementara itu, VIM merepresentasikan kuantitas rongga udara yang terdapat dalam campuran tersebut. Adapun VFB mengilustrasikan proporsi rongga yang telah diisi oleh aspal, yang dinyatakan dalam bentuk persentase. Keseimbangan yang tepat antara ketiga parameter ini sangat penting untuk mencapai campuran aspal yang optimal, tahan terhadap deformasi, dan memiliki durabilitas tinggi (Irianto & Franky, 2023).

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi pengaruh kadar aspal yang berbeda terhadap karakteristik void campuran AC-WC, serta menilai kelayakan pasir pantai Air Tawar Barat, Kota Padang sebagai alternatif *filler* dalam campuran AC-WC. Melalui serangkaian pengujian laboratorium dan analisis komprehensif, diharapkan penelitian ini menjadi wawasan tambahan tentang potensi penggunaan pasir pantai sebagai *filler* dan dampaknya terhadap sifat-sifat campuran AC-WC. Hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teknologi perkerasan jalan yang lebih efisien dan berkelanjutan, tetapi juga membuka peluang bagi pemanfaatan sumber daya lokal dalam industri konstruksi jalan.

Lebih lanjut, penelitian ini juga mempertimbangkan aspek ekonomi dan lingkungan dari penggunaan pasir pantai sebagai *filler*. Pemanfaatan material lokal, diharapkan dapat mengurangi biaya transportasi dan ekstraksi material konvensional, sekaligus meminimalkan dampak lingkungan. Penelitian ini juga relevan dalam konteks pertumbuhan infrastruktur di wilayah pesisir dan pulau terpencil, di mana akses terhadap material konstruksi konvensional seringkali terbatas dan mahal.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan metode eksperimen kuantitatif, penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian Sifat Kimia *Filler*

Penelitian dimulai dengan melakukan pengujian sifat kimia pasir Pantai Air Tawar Barat, Kota Padang yang diberi perlakuan

dengan cara direndam selama 4 hari di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

2. Pengujian Agregat

Pengujian agregat dilakukan di Laboratorium Transportasi Departemen Teknik Sipil, Universitas Negeri Padang. Pengujian agregat meliputi pengujian analisis saringan (SNI 03-1968-1990), berat jenis dan penyerapan air agregat kasar (SNI 03-1969-2016), pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus (SNI 03-1970-2016), pengujian keausan agregat (SNI 2417-2008) dan kelekatan agregat terhadap aspal (SNI 03-2439-1991).

3. Pengujian Aspal

Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Transportasi Departemen Teknik Sipil, Universitas Negeri Padang dan UPTD Laboratorium Bahan dan Konstruksi Dinas PUPR, Sumatera Barat. Pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi aspal (SNI 2456 – 2011), titik lembek (SNI 06-2434-2011), daktilitas (SNI 2432-2011), titik nyala (SNI 06-2433-2011), berat jenis aspal (SNI 2441:2011) dan kehilangan berat aspal (06-2440-1991).

4. Perencanaan Campuran

Dari pengujian analisis saringan didapatkan fraksi nilai agregat kasar dan agregat halus. Menurut standar Kementrian PUPR 2018, penentuan kadar aspal ditentukan dengan rumus:

$$P_b = 0,035(\%AK) + 0,045(\%AH) + 0,18(\%BP) + \text{konstanta} \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

P_b = Kadar aspal rencana

P_b = Kadar aspal rencana

AK = Agregat kasar

AH = Agregat halus

BP = Bahan pengisi (Digunakan 1 karena *filler* yang digunakan 1%)

K = 0,5-1 untuk laston (diambil 0,5 karena menggunakan lapis AC-WC)

5. Pembuatan Benda Uji

Hasil dari penentuan kadar aspal digunakan untuk diperlakukan kadar aspal $P_b-1\%$; $P_b-0,5\%$; P_b ; $P_b+0,5\%$; $P_b+1\%$ dengan masing-masing dibuat 3 (tiga) benda uji. Setelah semua bahan memenuhi standar dilakukan pembuatan benda uji atau briket campuran aspal beton sesuai SNI 06-2489-1991.

6. Pengujian Benda Uji Untuk Mencari VMA, VIM, VFB

Pengujian benda uji yang dilakukan berupa pengukuran tinggi benda uji, berat kering benda uji, berat dalam air benda uji, berat benda uji setelah perendaman. Penentuan nilai VMA, VIM, dan VFB dilakukan dengan rumus dari RSNI M-06-2004.

a. Perhitungan VMA

VMA dapat dihitung menggunakan rumus:

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

VMA = Rongga udara pada mineral agregat.

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat.

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran pemadatan.

P_s = Kandungan agregat total campuran (%)

b. Perhitungan VIM

VIM dapat dihitung menggunakan rumus:

$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

VIM = Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, vol total (%).

G_{mm} = Berat jenis bulk agregat.

G_{mb} = Berat jenis bulk campuran pemadatan.

c. Perhitungan VFB

VFB dapat dihitung dengan rumus:

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots \dots \dots (4)$$

VFB = Rongga yang terisi aspal, persentase dari VMA (%).

VMA = Rongga udara pada mineral agregat, persen dari volume bulk campuran (%).

VIM = Rongga udara pada campuran, persen total campuran (%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari serangkaian penelitian yang dilakukan di peroleh hasil penelitian sebagai berikut:

1. Hasil Pengujian Sifat Kimia *Filler*

Hasil pengujian sifat kimia pasir Pantai Air Tawar Barat, Kota Padang, yang diberi perlakuan dengan cara perendaman selama 4 hari di Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Universitas Negeri Padang, menunjukkan kadar garam sebesar 0,012%. Hal ini menandakan terjadinya penurunan kadar garam sebesar 77% dari penelitian sebelumnya.

2. Hasil Pengujian Agregat

Hasil pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Agregat

Sifat Fisis	Spesifikasi	Hasil	Ket
Keausan	Maks 40%	18,088%	Sesuai
Berat Jenis Agregat Kasar	Maks 2,5	2,5	Sesuai
Penyerapan Agregat Kasar	Maks 3%	0,2%	Sesuai
Berat Jenis Agregat Halus	Maks 2,5	2,3	Sesuai
Penyerapan Agregat Halus	Maks 3%	2,9%	Sesuai
Kelekatan Agregat Dengan Aspal	Min 95%	98%	Sesuai

Sumber: Hasil Pengujian

Hasil pengujian agregat menunjukkan bahwa material agregat yang digunakan sesuai kriteria yang ditetapkan oleh PUPR 2018 mengenai Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.

3. Hasil Pengujian Aspal

Hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Aspal

Sifat Fisis	Spesifikasi	Hasil	Ket
Penetrasi	60-79 mm	76,47%	Sesuai
Titik Lembek	$\geq 48^{\circ}\text{C}$	48 $^{\circ}\text{C}$	Sesuai
Daktilitas	≥ 100 cm	155 cm	Sesuai
Titik Nyala	$\geq 232^{\circ}\text{C}$	326 $^{\circ}\text{C}$	Sesuai
Berat Jenis Aspal	≥ 1	1,12	Sesuai

Sumber: Hasil Pengujian

Hasil pengujian aspal menunjukkan bahwa aspal yang digunakan sesuai kriteria yang ditetapkan oleh PUPR 2018 mengenai Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.

4. Hasil Perencanaan Campuran

Hasil uji analisis saringan menunjukan proporsi agregat kasar 38% dan agregat halus 62%. Dari hasil analisis saringan dilakukan penentuan kadar aspal dengan Persamaan (1).

$$Pb = 0,035(38) + 0,045(62) + 0,18(1) + 0,5$$

$$Pb = 4,8$$

Diperoleh kadar aspal 5%

5. Pembuatan Benda Uji

Hasil dari penentuan kadar aspal digunakan untuk diperlakukan kadar aspal Pb 4%; Pb 4,5%; Pb 5%; Pb 5,5%; Pb 6% dengan masing-masing dibuat 3 (tiga) benda uji, maka total ada 15 benda uji.

6. Hasil Pengujian Benda Uji Untuk Mencari VMA, VIM, VFB

Setelah benda uji didiamkan selama 24 jam, kemudian dilakukan pengujian. Dari hasil pengujian nilai VMA, VIM, dan VFB didapatkan perbandingan hasil penelitian dari pengujian dengan perhitungan penelitian sebelumnya, dan rekapitulasi pengujian nilai VMA, VIM, VFB dengan kadar aspal berbeda.

a. Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Pengujian Sebelumnya

Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Penelitian Sebelumnya.

	Filler 1%		Spesifikasi	Keterangan
	Tanpa Perlakuan	Direndam 4 Hari		
VMA	20,83	11,33	Min 15%	Tidak Sesuai
VIM	15,646	7,89	3%-5%	Tidak Sesuai
VFB	24,94	29,57	Min 65%	Tidak Sesuai

Sumber: Hasil Pengujian

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan penurunan nilai VMA (*Void in Mineral Aggregate*) dari benda uji tanpa perlakuan sebesar 9,5% dan penurunan nilai VIM (*Void in Mix*) sebesar 7,756%. Penurunan ini berdampak pada nilai VMA dan VIM benda uji setelah perendaman tidak sesuai dengan standar Kementerian PUPR 2018. Nilai VFB (*Void Filled with Bitumen*) mengalami peningkatan sebesar 4,63%, namun masih belum memenuhi standar Kementerian PUPR 2018.

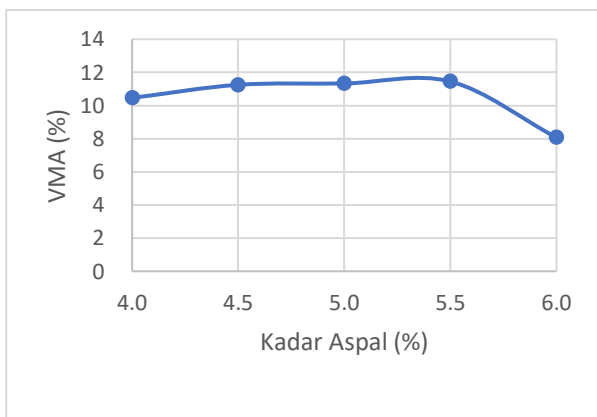
b. Hasil Rekapitulasi Nilai VMA, VIM, VFB Dengan Kadar Aspal Berbeda. Rekapitulasi nilai VMA, VIM, dan VFB dengan kadar aspal berbeda dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai VMA, VIM, dan VFB Dengan Kadar Aspal Berbeda

	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi	Keterangan
	4	4,5	5	5,5	6		
VMA (%)	10,46	11,2	11,3	11,45	8,07	≥15%	Tidak Sesuai
VIM (%)	9,168	8,94	7,89	7,06	2,427	3%-5%	Tidak Sesuai
VFB (%)	13,56	20,7	29,5	39,49	71,73	≥65%	Kadar 6% Sesuai

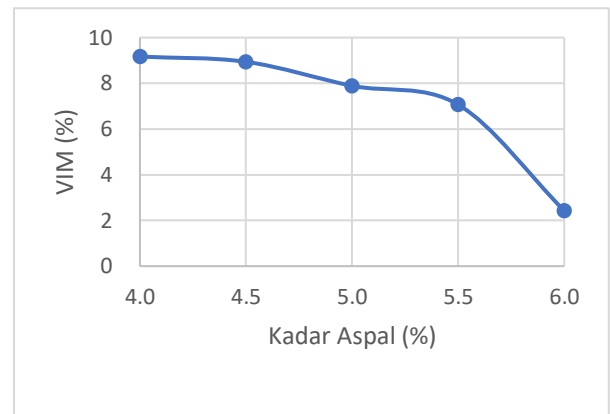
Sumber: Hasil Pengujian

Berdasarkan Tabel 4, grafik yang menggambarkan nilai VMA, VIM dan VFB terhadap kadar aspal disajikan pada Gambar 1, 2, dan 3.



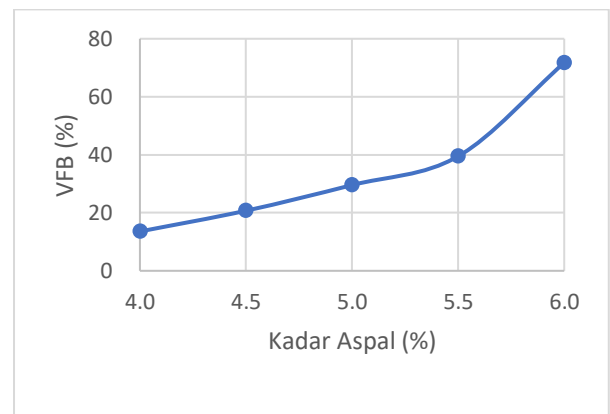
Gambar 1. Nilai VMA terhadap Kadar Aspal

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 1, nilai VMA pada benda uji dengan variasi kadar aspal menunjukkan bahwa pada kadar aspal 4% hingga 5,5% nilai VMA meningkat, sementara pada kadar aspal 6% terjadi penurunan. Berdasarkan pengujian di atas tidak ada VMA yang memenuhi spesifikasi yang ditetapkan Kementerian PUPR 2018, mengenai pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan.



Gambar 2. Nilai VIM terhadap Kadar Aspal

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 2, nilai VIM pada benda uji dengan variasi kadar aspal menunjukkan bahwa pada kadar aspal 4% hingga 5,5% nilai VIM menurun, sementara pada kadar 6% terjadi penurunan drastis. Berdasarkan pengujian di atas tidak ada VIM yang sesuai spesifikasi yang ditetapkan Kementerian PUPR 2018 tentang pekerjaan Konstruksi jalan dan jembatan.



Gambar 2. Nilai VFB terhadap Kadar Aspal

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 3, nilai VFB pada benda uji dengan variasi kadar aspal menunjukkan bahwa pada kadar aspal 4% hingga 5,5% nilai VFB meningkat, dan pada kadar aspal 6% terjadi peningkatan drastis. Berdasarkan penelitian di atas hanya kadar aspal 6% yang sesuai nilai VFB sesuai spesifikasi Kementerian PUPR 2018 mengenai pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan.

Hasil pada Tabel 4. dapat dilihat VMA yang meningkat hingga kadar aspal 5,5% dan menurun pada kadar aspal 6%. Nilai VIM terus menurun hingga kadar aspal 6%. Pada nilai VFB mengalami peningkatan seiring penambahan kadar aspal. Nilai VMA dan VIM tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Kementerian PUPR 2018,

sedangkan nilai VFB yang sesuai standar Kementerian PUPR hanya pada kadar 6%.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan penurunan kadar garam memberikan perubahan pada nilai VMA, VIM, VFB. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan nilai VMA dan VIM menurun untuk kadar aspal 4% - 5,5%, untuk nilai VFB mengalami meningkat dari kadar aspal 4%-6%. Pada kadar aspal 6% nilai VMA dan VIM mengalami penurunan drastis sedangkan nilai VFB mengalami peningkatan drastis. Nilai VMA, VIM, VFB yang diperoleh tidak sesuai spesifikasi Kementerian PUPR 2018 untuk setiap kadar aspal, kecuali nilai VFB untuk kadar aspal 6%.

DAFTAR PUSTAKA

Bestari, A. (2013). Studi penggunaan pasir pantai bakau sebagai campuran aspal beton jenis hot rolled sheet (HRS). *Anterior Jurnal*, 12(2), 13-22.

Irianto, I., & Lapian, F. E. (2023). Volumetrik Campuran Aspal Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Polistyren (PS). *Jurnal Teknik AMATA*, 4(2), 25-29.

Kemenetrian PUPR. (2018). Perkerasan Konstruksi Jalan Raya dan Jembatan

RSNI M-06-2004. *Cara Uji Campuran Beraspal Panas Untuk Ukuran Agregat Maksimum Dari 25,4mm Sampai Dengan 38mm Dengan Alat Marshall* Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 03-1968-1990. *Metode Tentang Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasa* Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 03-2440-1991. *Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Campuran Beton*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 03-2460-1991. *Abu Terbang Sebagai Bahan Tambahan Untuk Campuran Beton* Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI 2441- 2011. *Cara uji berat jenis aspal keras*. Badan Stabdarisasi Nasional. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-03-2439-1991. *Metode Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-06-2440-1991. *Metode Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-1969-2016. *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-1970-2016. *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-2417-2008. *Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-2432-2011. *Cara Uji Daktilitas Aspal*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-2433-2011. *Cara Uji Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Alat Cleveland Open Cup*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-2434-2011. *Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball)*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-2441-2011. *Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

SNI-2456-2011. *Cara Uji Penetrasi Aspal*. Badan Standarisasi Nasional (BSN).

Suhendro, B. (2024). Pengaruh Kondisi Geologis dan Geografis pada Ketersediaan Pasir Sungai. Laporan Penelitian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Wulandari, R. (2023). Studi eksperimental pemanfaatan crusher dust dan zat polyurethane pada campuran beraspal berpori (Doctoral dissertation, Pradita University).