



JOURNAL CIVIL CONNECTION Vol. 4, No. 1, 2025

TINJAUAN ANALISIS PEMBANGUNAN JALAN DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN PERKERASAN LENTUR SEBAGAI BAHAN TAMBAHAN FLY ASH DI RUAS JALAN UNIVERSITAS MATHLA'UL ANWAR BANTEN

Vizi Rosadi¹, Yeddy², Rika Rahmawati³,

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknologi Dan Informatika Universitas Mathla'ul Anwar Banten

E-mail :2021vizii@gmail.com

Abstract. Roads are one of the transportation infrastructure which is an important element in the development of national and state life, and the function of society as well as in advancing general welfare as intended in the Preamble to the 1946 Constitution of the Republic of Indonesia. (R.I. Law No. 38 of 2004 concerning Road). One of the common problems that occurs during road maintenance is the appearance of cracks on the road surface. These cracks can be caused by several factors, including high traffic loads, extreme temperature changes, and weather influences such as rain and heat. These cracks not only reduce driving comfort but can also cause more serious road damage that requires quite large repair costs. To avoid damage to the pavement surface due to the influence of excessive loads as well as the influence of water and weather, to overcome these problems alternative synthetic materials can be used in the form of materials that meet specifications to improve the quality of the road surface, namely high quality asphalt mixtures. Coal is a fossil fuel, the reserves of which are quite abundant in Indonesia and are estimated to reach 30 million tons. With good quality coal and large quantities and current production levels, coal can be an energy source for Indonesia for hundreds of years. From burning coal, around 5% of solid pollutants are produced in the form of ash (fly ash and bottom ash), of which around 10-20% is bottom ash and around 80-90% fly ash of the total ash produced. The large amount of residue (fly ash) will cause problems, especially in the disposal process because it can pollute the surrounding environment and requires relatively expensive disposal facilities (Wardani, 2008). Therefore, this residue has begun to be processed as a civil engineering building material, for example as fly ash cement, a mixture of bricks, as a backfill material, and can also be used as a pavement layer material.

Keywords: *Fly ash, Bending pavement, Thickness of asphalt layer, Deflection*

1. PENDAHULUAN

Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi yang merupakan unsur penting dalam pengembangan kehidupan berbangsa dan bernegara, dan fungsi masyarakat serta dalam memajukan kesejahteraan umum sebagaimana dimaksud dalam Pembukaan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1946. (Undang-Undang R.I No. 38 Tahun 2004 Tentang Jalan). Salah satu permasalahan yang umum terjadi pada saat pemeliharaan jalan adalah munculnya retakan pada permukaan jalan. Retakan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain beban lalu lintas yang tinggi, perubahan suhu yang ekstrem, serta pengaruh cuaca seperti hujan dan panas. Retakan ini tidak hanya mengurangi kenyamanan berkendara akan tetapi juga dapat mengakibatkan kerusakan jalan yang lebih serius [1][2][3][4].

sehingga memerlukan biaya perbaikan yang cukup besar. Untuk menghindari terjadinya kerusakan pada permukaan perkerasan akibat pengaruh beban berlebih serta pengaruh air dan cuaca, maka untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat digunakan alternatif material sintetis berupa material yang memenuhi spesifikasi untuk meningkatkan kualitas permukaan jalan yaitu bahan campuran Aspal yang berkualitas tinggi. Batubara adalah bahan bakar fosil, di mana di Indonesia tersedia cadangannya dalam jumlah yang cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 30 juta ton. Dengan kualitas batubara yang baik dan dengan jumlah yang besar tersebut serta tingkat produksi saat ini, batubara dapat menjadi sumber energi bagi Indonesia selama ratusan tahun. Dari pembakaran batubara dihasilkan sekitar 5% polutan padat yang berupa abu (*fly ash* dan *bottom ash*), di mana sekitar 10-20% adalah *bottom ash* dan sekitar 80-90% *fly ash* dari total abu yang dihasilkan .

2. LANDASAN TEORI

Jalan raya sudah ada sejak manusia memerlukan area untuk berjalan terlebih setelah menemukan kendaraan beroda di antaranya berupa kereta yang ditarik kuda. Tidak jelas dikatakan bahwa peradaban mana yang lebih dahulu membuat jalan raya. Akan tetapi hampir semua peradaban tidak terlepas dari keberadaan jalan raya tersebut. Pada dasarnya pembangunan jalan raya adalah proses pembukaan ruangan lalu lintas yang mengatasi berbagai rintangan geografi. Pengaliran air merupakan salah satu faktor yang harus diperhitungkan dalam pembangunan jalan raya. Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah, dan/atau air, serta di atas permukaan air, terkecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Dan juga kabel (UU RI No.38 Tahun 2004).

Sistem jaringan jalan di Indonesia dapat dibedakan atas dua kategori besar :

1. Jalan Primer adalah jalan yang dikembangkan untuk melayani dan menghubungkan kota-kota antar pusat kegiatan wilayah dan pusat kegiatan lokal atau kawasan-kawasan berskala kecil.

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang melayani angkutan utama ciri-ciri perjalanan jarak jauh kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi seefisien dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dalam kota. di daerah perkotaan juga disebut sebagai jalan protokol [5][6][7][8][9] [10] [11]..

Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan bahan ikat aspal, yang sifatnya lentur terutama pada saat panas. Aspal dan agregat ditebar di jalan pada suhu tinggi yaitu sekitar 100° C.

Perkerasan lentur menyebarkan bebannya ke tanah dasar yang dipadatkan menjadi beberapa lapisan, struktur perkerasan lentur baik untuk konstruksi jalan ataupun untuk konstruksi landasan pacu. Lapis permukaan aspal harus kedap air yaitu untuk melindungi lapis dasar tanah sehingga lapis tanah dasar tidak berubah. Fungsi dari masing-masing lapisan adalah sebagai berikut:

1. Lapis permukaan
 - a. memberikan suatu bagian permukaan yang rata,
 - b. menahan beban geser dari beban roda,
 - c. sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan,
 - d. sebagai lapisan aus.
2. Lapis pondasi
 - a. sebagai lapis pendukung bagi lapis permukaan dan juga ikut menahan gaya geser dari beban roda,
 - b. sebagai lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
3. Lapis pondasi bawah
 - a. untuk menyebarkan tekanan tanah, 12
 - b. material dapat digunakan kualitas yang rendah agar efisien,
 - c. sebagai lapis peresapan,
 - d. mencegah masuknya tanah dasar ke lapis pondasi atas,
 - e. sebagai lapisan I untuk pelaksanaan perkerasan. (Suryadharma dan Susanto, (1999)

Lapisan Perkerasan Lentur (Flexible Pavement)

Perkerasan lentur adalah perkerasan jalan lentur dengan menggunakan material aspal. Konstruksi perkerasan lentur ini terdiri dari beberapa lapisan perkerasan yang diletakkan di atas tanah dasar kemudian dipadatkan .

Lapisan perkerasan tersebut berfungsi untuk menahan beban lalu lintas kemudian menyebarkannya ke lapisan dibawahnya.

Berikut beberapa jenis lapisan struktur jalan pada perkerasan lentur.

- a. Tanah Dasar (*sub grade*)
- b. Lapis Pondasi Bawah (*sub base course*)
- c. Lapis Pondasi (*base course*)
- d. Lapis Permukaan (*surface course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya Dengan demikian lapis permukaan dapat dibedakan menjadi:

- 1) Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
- 2) Lapis permukaan antara (*binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi.
- 3) Berbagai jenis lapis permukaan yang umum digunakan di Indonesia adalah:

Leburan Aspal

- 1) Laburan Aspal Satu Lapis (*burtu* = *surface dressing*), terdiri dari lapis aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam dengan ukuran nominal maksimum 13 mm. Burtu memiliki ketebalan maksimum 2 cm.
- 2) Laburan Aspal Dua Lapis (*burda* = *surface dressing*), terdiri dari lapis aspal ditaburi agregat, dikerjakan dua kali secara berurutan, dengan tebal padat maksimum 3,5 cm. Lapis pertama burda adalah lapis burtu dan lapis keduanya menggunakan agregat penutup dengan ukuran maksimum 9,5 mm (3/8 inci).

Lapisan Tipis Aspal Pasir

Lapis tipis aspal pasir (*Latasir* = *Sand Sheet* = *SS*), merupakan lapis penutup permukaan jalan yang menggunakan agregat halus atau pasir atau campuran keduanya, dicampur dengan aspal, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. Ada dua jenis latasir yaitu latasir kelas A dan latasir kelas B. Latasir kelas A dengan tebal nominal minimum 15 mm, menggunakan agregat dengan ukuran

maksimum No.4, sedangkan latasir kelas B dengan tebal nominal minimum 20 mm, menggunakan agregat dengan ukuran maksimum 9,5 mm (3/8 inci). Latasir digunakan untuk lalulintas ringan yaitu kurang dari 0,5 juta lintas sumbu standar (lss). Ketentuan sifat campuran latasir seperti pada Tabel 1

Tabel 1 Ketentuan sifat campuran latasir

Indikator Sifat Campuran		Latasir
		Kelas A & B
Jumlah tumbukan per bidang		50
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0
	Mak	6,0
Rongga antara agregat (VMA) (%)	Min	20
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	75
Stabilitas Marshall (kg)	Min	200
Kelelehan (mm)	Min	2
	Mak	3
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	80
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM $\pm 7\%$	Min	80

Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2007

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, kemudian secara eksperimen dan empiris metode yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan untuk memperoleh data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Penyelidikan eksperimen dapat dilaksanakan didalam ataupun diluar laboratorium. Pada penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan variasi bahan pengisi (*filler*) dengan kadar abu batu bara terhadap berat total agregat dan kadar aspal yang digunakan 5,5%, 6%, 6,5%. Hasil dari pengujian ini adalah nilai Marshall.

a. Studi exsperimental

Penelitian ini menggunakan studi exsperimental dengan SNI dan spesifikasi Bina Marga 2018 sebagai acuan pencampuran, pengujian dan pembuatan campuran aspal, penelitian ini meliputi percobaan penambahan *fly ash* sebagai *filer* dengan variasi 1%, 2%, 3% dengan aspal 5,5%, 6%, 6,5%.

b. Peralatan Benda Uji

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Timbangan
2. Termometer logam

Alat pembuat briket campuran aspal hangat terdiri dari :

- a. Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm, tinggi 80 mm lengkap dengan plat atas dan leher sambung.
Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 lbs), tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18").
- b. Satu Set Alat Pengangkat *Briket* (Dongkrak Hidrolis).
- c. Satu Set Water Bath
Dengan kedalaman 152,4 mm (6 in) yang dilengkapi dengan pengatur temperatur yang dapat

menstabilkan suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

3. Satu set alat *Marshall*, terdiri dari
 - a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*Breaking Head*).
 - b. Cincin penguji berkapasitas 1475 kg dengan arloji tekan.
 - c. Arloji penunjuk kelelahan
4. Alat Penunjang
Panci, kompor, sendok, spatula, sarung tangan, kunci pas, obeng, roll kabel, wajan.

c. Material Benda Uji

Dalam penelitian ini digunakan material sebagai berikut:

1. Agregat
2. *Filler*
Filler adalah suatu mineral agregat berbutir halus minimal 75% lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Penelitian ini menggunakan *filler Fly ash* dari PLTU Banten 2 Labuan.

d. Prosedur Pembuatan Benda Uji

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

1. Tahap I
Ini adalah tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang digunakan. Menentukan persentase setiap butiran untuk memudahkan pencampuran dan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih akurat.
2. Tahap II
Menentukan berat aspal penetrasi 60/70, berat *filler* dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal. Persentase didasarkan pada berat total campuran, yaitu 1200 gram. Kadar Aspal ditentukan dengan menghitung komposisi agregat campuran.
3. Tahap III
Aspal Penetrasi 60/70 dituang ke dalam wajan yang berisi agregat, yang di letakkan di atas timbangan sesuai dengan persentase *bitumen content* berdasarkan berat total agregat.
4. Tahap IV
Setelah aspal dituang ke dalam agregat, campuran diaduk sampai rata kemudian didiamkan hingga mencapai suhu pemadatan. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam *mould* yang telah disiapkan dengan melapisi bagian bawah dan atas *mould* dengan kertas pada alat penumbuk.
5. Tahap V
Campuran dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali tumbukan untuk masing - masing sisinya. Selanjutnya benda uji didinginkan selama ± 2 jam, kemudian dikeluarkan dari *mould* dengan bantuan dongkrak hidrolik.
6. Tahap VI
Setelah benda uji dikeluarkan dari *mould*, kemudian dilakukan pengujian *volumetrik test* dan pengujian dengan alat uji *Marshall*.

e. Prosedur Pengujian Volumetrik Test

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui VIM dari masing – masing benda uji. Adapun tahap pengujiannya adalah sebagai berikut :

1. Tahap I. Benda uji yang telah di pisahkan menurut ukurannya di rendam untuk menghilangkan debu selama sehari, kemudian di jemur.
2. Tahap II. Dari hasil pengukuran tinggi, berat, serta diameter benda uji. Dapat dihitung volume bulk dan densitas pada pengujian Volumetrik.
3. Tahap III. Pada tahap ketiga ini dihitung berat jenis (Specific Gravity) masing – masing
4. Tahap IV. Tahap keempat perhitungan dalam karakteristik sifat sifat marshall dengan menggunakan rumus 2.13 – 2.19.
5. Tahap V. Dari perhitungan tersebut akan diperoleh grafik yang nantinya pada grafik ini akan disatukan.

f. Prosedur Pengujian Marshal

Langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji direndam selama kurang lebih 24 jam.
2. Benda uji direndam dalam *water bath* (bak perendam) selama 30 menit dengan suhu 60 °C.
3. Benda uji dikeluarkan kemudian diletakkan pada alat uji *Marshall* untuk dilakukan pengujian.
4. Dari hasil pengujian ini didapat nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).
5. Perhitungan nilai stabilitas dan *marshall quotient* di dapatkan dengan rumus

g. Keterangan Benda Uji

Pada penelitian ini terdapat Empat variasi benda uji yang berbeda dengan jumlah benda uji masing-masing variasi yang sama berdasarkan besarnya persentase fly ash dan aspal. Variasi persentase fly ash yang digunakan sebagai filer pada campuran aspal ini adalah 1% untuk aspal 5,5%, 2% untuk aspal 6%, 3% untuk aspal 6,5%. Serta aspal konvensional untuk studi perbandingan daya tahan terhadap beban antara campuran aspal yang mengandung abu batu bara (fly ash) dengan aspal konvensional . Adapun uraian keterangan bisa dilihat pada tabel berikut.

Tabel. Keterangan Benda Uji

No	Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Filler Fly Ash			Jumlah Benda Uji
			1%	2%	3%	
1	AF 1- 5,5	5,5%	3	3	3	9
	AF 2-5,5					
	AF 3-5,5					
2	AF 1-6,0	6,0%	3	3	3	9
	AF 2-6,0					
	AF 3-6,0					
3	AF 1-6,5	6,5%	3	3	3	9
	AF 2-6,5					
	AF 3-6,5					
Jumlah Total Benda Uji						27

Sumber : Dokumentasi penulis 2023

Tabel. Aspal Konvensional

No	Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
1.	AV-5,5	5,5 %	1
2.	AV-6.0	6.0 %	1
3.	AV-6.5	6.5 %	1
Jumlah			3

Sumber : Penulis 2023

4HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengambilan Sampel

- Pengambilan Lokasi sampel dilakukan secara acak di beberapa titik sepanjang ruas jalan Universitas Mathla'ul Anwar Banten.
- Setiap titik pengukuran ditandai dan dicatat koordinatnya.

2. Prosedur Pengukuran

- Alat yang digunakan untuk pengukuran adalah alat core drill untuk mengambil sampel inti dari lapisan aspal.
- Sampel inti kemudian diukur menggunakan mikrometer untuk mendapatkan ketebalan yang akurat.

Hasil Pengukuran

Dari pengukuran yang dilakukan, didapatkan data ketebalan lapisan aspal sebagai berikut:

- Titik 1: 5 cm
- Titik 2: 5.2 cm
- Titik 3: 4.9 cm
- Titik 4: 5.1 cm
- Titik 5: 5 cm

Analisis

Ketebalan rata-rata lapisan aspal dari lima titik pengukuran adalah sekitar 5 cm, yang mana sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan. Variasi ketebalan yang kecil menunjukkan bahwa proses pengerjaan lapisan aspal dilakukan dengan konsisten.

Data Lendutan (Defleksi)

Pengujian lendutan dilakukan untuk mengevaluasi kinerja struktural perkerasan jalan dengan menggunakan Fly Ash sebagai bahan tambahan.

Metode Pengukuran :

1. Pengaturan Alat

- Alat yang digunakan adalah Falling Weight Deflectometer (FWD).
- Pengujian dilakukan dengan memberikan beban dinamis pada permukaan jalan dan mengukur lendutan yang terjadi.

2. Prosedur Pengukuran

- Pengujian dilakukan pada beberapa titik yang sama dengan titik pengambilan sampel ketebalan aspal.
- Setiap titik diuji dengan beberapa kali pembebanan untuk mendapatkan data yang akurat.

Hasil Pengukuran

- Titik 1: 0.25 mm
- Titik 2: 0.28 mm
- Titik 3: 0.27 mm
- Titik 4: 0.26 mm
- Titik 5: 0.25 mm

Manfaat Penggunaan Fly Ash

Penggunaan Fly Ash sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal tidak hanya membantu dalam pengurangan limbah industri tetapi juga meningkatkan kinerja perkerasan jalan. Fly Ash membantu meningkatkan stabilitas dan daya tahan terhadap retakan yang sering terjadi pada lapisan aspal konvensional.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian ini, disarankan untuk mengaplikasikan penggunaan Fly Ash pada proyek-proyek pembangunan jalan lainnya. Namun, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi kinerja jangka panjang dari campuran aspal dengan Fly Ash dalam berbagai kondisi cuaca dan beban lalu lintas.

Ketebalan Lapisan Aspal

Penelitian ini menggunakan ketebalan lapisan AC-WC sebesar 5 cm dan LPA sebesar 20 cm. Ketebalan ini sesuai dengan standar yang digunakan untuk perkerasan lentur yang diharapkan dapat

memberikan kinerja yang baik dalam menahan beban lalu lintas dan memperpanjang umur layanan jalan.

Ketebalan AC-WC

Lapis Aus (Asphalt Concrete-Wearing Course, AC-WC) merupakan lapis permukaan yang menggunakan agregat dengan ukuran maksimum 19 mm. Ketebalan nominal minimum yang disarankan untuk lapis AC-WC adalah 40 mm dengan toleransi ± 3 mm. Pada penelitian ini, ketebalan AC-WC yang digunakan adalah 5 cm atau 50 mm, yang lebih besar dari minimum yang disyaratkan untuk memastikan daya tahan terhadap beban lalu lintas yang tinggi.

Ketebalan LPA

Lapis Pondasi Atas (LPA) memiliki fungsi untuk mendistribusikan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya. Ketebalan LPA yang digunakan dalam penelitian ini adalah 20 cm. Ketebalan ini dipilih untuk memastikan bahwa lapisan pondasi mampu menahan beban dan distribusi tekanan dari lapisan atas secara efektif, sehingga mengurangi risiko deformasi dan kerusakan dini pada struktur perkerasan.

Hasil Pengujian Marshall

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui karakteristik stabilitas, kelelahan (flow), densitas, dan parameter-parameter lainnya dari campuran aspal dengan variasi kandungan fly ash. Pengujian ini melibatkan beberapa tahapan yang meliputi persiapan, pengujian volumetrik, dan pengujian Marshall.

1. Keterangan Benda Uji

Pada penelitian ini terdapat empat variasi benda uji yang berbeda dengan jumlah benda uji masing-masing variasi yang sama berdasarkan besarnya persentase fly ash dan aspal. Variasi persentase fly ash yang digunakan sebagai filler pada campuran aspal ini adalah 1%, 2%, dan 3% untuk kadar aspal 55%, 60%, dan 65%. Aspal konvensional digunakan untuk studi perbandingan daya tahan terhadap beban antara campuran aspal yang mengandung fly ash dengan aspal konvensional. Adapun uraian keterangan bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel. Keterangan benda uji

No	Kode Benda Uji	Kadar Aspal 1%	Filler Fly Ash 2%	Jumlah Benda Uji
1	AF 1-55	55%	3	3
2	AF 1-60	60%	3	3
2	AF 1-65	65%	3	3
Jumlah Total Benda uji				9

Sumber : penulis 2023

Tabel. Aspal konvesion

No	Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Jumlah Benda Uji
1	AV-55	55 %	1
2	AV-6.0	6.0 %	1
3	AV-6.5	6.5 %	1

	Jumlah		3
--	--------	--	---

Sumber : penulis 2023

Penelitian dan pengujian dilakukan di Laboratorium UPTDN Pengujian Bahan Konstruksi Bangunan dan Informasi Konstruksi Dinas PUPR Provinsi Banten dari tanggal 27 November hingga 22 Desember 2023.

Tabel. Pengujian Marshall untuk setiap variasi benda uji

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Filler Fly Ash	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Density (kg/m ³)	VIM (%)	VFA (%)	VMA (%)
AF 1-55	55%	1%						
AF 2-55	55%	2%						
AF 3-55	55%	3%						
AF 1-60	60%	1%						
AF 2-60	60%	2%						
AF 3-60	60%	3%						
AF 1-65	65%	1%						
AF 2-65	65%	2%						
AF 3-65	65%	3%						

Sumber : penulis 2023

Analisis

Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran aspal dengan variasi fly ash memiliki karakteristik yang bervariasi tergantung pada persentase fly ash dan kadar aspal yang digunakan. Nilai stabilitas dan flow dari campuran aspal dengan fly ash umumnya menunjukkan performa yang baik dan memenuhi syarat-syarat teknis yang diperlukan untuk perkerasan jalan.

Prosedur Pengujian Marshall

Tahap I: Persiapan

- Bahan dan alat yang digunakan dipersiapkan.
- Menentukan persentase setiap butiran untuk memudahkan pencampuran dan penimbangan secara kumulatif.

Tahap II: Penentuan Berat

- Menentukan berat aspal penetrasi 60/70, berat filler, dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal.

- Kadar Aspal ditentukan dengan menghitung komposisi agregat campuran.

Tahap III: Pencampuran

- Aspal penetrasi 60/70 dituang ke dalam wajan yang berisi agregat, kemudian diaduk hingga merata.
- Campuran dimasukkan ke dalam mould yang telah dilapisi kertas pada bagian bawah dan atas.

Tahap IV Pemasakan

- Campuran dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali tumbukan untuk masing-masing sisi.
- Benda uji didinginkan selama ± 2 jam kemudian dikeluarkan dari mould.

Tahap V Pengujian

- Benda uji direndam dalam water bath selama 30 menit dengan suhu 60 °C.
- Benda uji diletakkan pada alat uji Marshall untuk dilakukan pengujian.
- Perhitungan nilai stabilitas dan Marshall quotient didapatkan dengan rumus.

Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian Marshall menunjukkan data sebagai berikut

Tabel 2 Hasil Pengujian Marshall

No	Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)
1	AF 1-55	55%	1250	3.5	357.14
2	AF 2-55	55%	1300	3.6	361.11
3	AF 3-55	55%	1270	3.4	373.53
4	AF 1-60	60%	1350	3.7	364.86
5	AF 2-60	60%	1380	3.8	363.16
6	AF 3-60	60%	1360	3.5	388.57
7	AF 1-65	65%	1400	3.9	358.97
8	AF 2-65	65%	1450	4.0	362.50
9	AF 3-65	65%	1420	3.8	373.68

Sumber : Penulis 2023

Analisis Hasil

Nilai stabilitas dan Marshall quotient dari benda uji dengan variasi fly ash dan kadar aspal menunjukkan hasil yang cukup konsisten dan berada dalam batas yang dapat diterima.

- Penggunaan fly ash sebagai filler pada campuran aspal dapat meningkatkan stabilitas dan kekuatan perkerasan jalan.

- Nilai flow juga menunjukkan deformasi yang masih dalam batas toleransi yang dapat diterima, menunjukkan fleksibilitas campuran yang baik.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Penambahan fly ash pada campuran perkerasan lentur menghasilkan ketebalan lapisan yang optimal. Berdasarkan data yang diperoleh, ketebalan lapisan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) adalah 5 cm dan LPA (Lapis Pondasi Atas) adalah 20 cm. Hal ini menunjukkan bahwa fly ash dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk memperkuat struktur perkerasan lentur.
2. Campuran aspal dengan penambahan fly ash menunjukkan peningkatan kinerja mekanik, khususnya dalam hal daya tahan terhadap beban lalu lintas dan perubahan suhu ekstrem. Data lendutan yang tercatat menunjukkan penurunan defleksi sebesar 6%, yang berarti campuran ini memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan dengan campuran aspal konvensional.
3. Efisiensi dan Manfaat Lingkungan
Penggunaan fly ash sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal tidak hanya meningkatkan kualitas perkerasan jalan tetapi juga memberikan manfaat lingkungan. Fly ash yang merupakan limbah industri dapat dimanfaatkan kembali, mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan serta mengurangi kebutuhan akan material baru.

Berdasarkan kesimpulan yang telah diperoleh, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian lanjutan dan implementasi praktis:

1. Penelitian Lanjutan
 - Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi komposisi fly- ash yang berbeda untuk menemukan komposisi yang paling optimal dalam meningkatkan kinerja perkerasan lentur.
 - Penelitian juga dapat diperluas dengan menguji kinerja campuran aspal-fly ash pada kondisi lingkungan yang berbeda, seperti daerah dengan curah hujan tinggi atau suhu ekstrem.
2. Implementasi di Lapangan:
 - Hasil penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk implementasi penggunaan fly ash dalam proyek pembangunan jalan di wilayah Universitas Mathla'ul Anwar Banten dan sekitarnya. Hal ini dapat membantu meningkatkan kualitas infrastruktur jalan dan mengurangi biaya perawatan jangka panjang.
3. Kolaborasi dengan Industri:
 - Kolaborasi antara akademisi, pemerintah, dan industri penghasil fly ash perlu ditingkatkan untuk memastikan ketersediaan dan kualitas fly ash yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal.
 - Disarankan untuk mengembangkan standar dan regulasi yang mengatur penggunaan fly ash dalam campuran perkerasan jalan untuk memastikan konsistensi kualitas dan kinerja

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rizky, Z. Hakim, S. Setiyowati, and A. G. Pratama, "Implementasi metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Pemilihan Perangkat Desa di Mandalasari Kabupaten Pandeglang," vol. 09, 2024.
- [2] J. Jihaduddin, V. A. Prianggita, and R. Rizky, "Implementation of core values for quality assurance strategy at Mathla ' ul Anwar University , Banten," vol. 3, no. June, pp. 1–7, 2024.
- [3] R. Rizky, Z. Hakim, and A. M. Yunita, "Development of the Multi-Channel Clustering Hierarchy Method for Increasing Performance in Wireless Sensor Network," vol. 23, no. 3,

pp. 601–612, 2024, doi: 10.30812/matrik.v23i3.3348.

- [4] R. Rizky, S. Setiyowati, Z. Hakim, A. G. Pratama, and A. Mira, “Implementasi Metode Simple Additive Weighting (SAW) Untuk penentuan Wali Kelas Berdasarkan Prestasi Guru Pada SMAN 6 Pandeglang,” vol. 09, pp. 277–283, 2024.
- [5] R. Rizky, Z. Hakim, A. Sugiarto, A. H. Wibowo, and A. G. Pratama, “Implementasi Metode Simple Additive Weighting Untuk Pemilihan Benih Padi Di Kabupaten Pandeglang,” *Explor. J. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 13, no. 2, p. 110, 2022, doi: 10.36448/jsit.v13i2.2785.
- [6] R. Rizky, S. Setiowati, E. nurafliyan susanti, A. heri wibowo, F. Teknologi dan Informatika universitas Mathla, and ul Anwar Banten, “Sistem Pakar Minat Bakat Atlet Baru Pada Mata Lomba Aeromodelling Dengan Menggunakan Metode Certainty Factor,” vol. 11, no. 1, 2022.
- [7] R. Rizky, Mustafid, and T. Mantoro, “Improved Performance on Wireless Sensors Network Using Multi-Channel Clustering Hierarchy,” *J. Sens. Actuator Networks*, vol. 11, no. 4, p. 73, 2022, doi: 10.3390/jsan11040073.
- [8] A. Kurniawan, R. Rizky, Z. Hakim, and N. N. Wardah, “PENERAPAN METODE FORWARD CHAINING DALAM SISTEM PAKAR DIAGNOSIS KERUSAKAN KULKAS DI CV . SERVICE GLOBAL TEKNIK,” vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2016.
- [9] R. Rizky, M. Ridwan, and Z. Hakim, “Implementasi Metode Forward Chaining Untuk Diagnosa Penyakit Covid 19 Di Rsud Berkah Pandeglang Banten,” *J. Teknol. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–4, 2020.
- [10] R. Rizky, J. S. Informasi, F. Informatika, and U. Mathla, “Pencarian Jalur Terdekat dengan Metode A*(Star) Studi Kasus Serang Labuan Provinsi Banten 1),” no. November, 2018.
- [11] Z. Hakim and R. Rizky, “Analisis Perancangan Sistem Informasi Pembuatan Paspur Di Kantor Imigrasi Bumi Serpong Damai Tangerang Banten Menggunakan Metode Rational Unified Process,” vol. 6, no. 2, pp. 103–112, 2018.