



## **ANALISIS PENGGUNAAN ABU BATU BARA DALAM CAMPURAN ASPAL TERHADAP PENGURANGAN RETAKAN PADA LAPISAN PERMUKAAN JALAN UNIVERSITAS MATHLA'UL ANWAR BANTEN**

**Hani Seftia Ningsih<sup>1</sup>, Chandra kritalisana<sup>2</sup>, Rina Susanti<sup>3</sup>, Pijay Gumelar<sup>4</sup>**

Fakultas Teknologi dan Informatika Universitas Mathla'ul Anwar  
Banten

Email : [haniseftia26@gmail.com](mailto:haniseftia26@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Lapisan permukaan aspal cenderung mudah terdegradasi. Salah satu permasalahan yang umum terjadi pada saat pemeliharaan jalan adalah munculnya retakan pada permukaan jalan. Batubara adalah bahan bakar fosil, di mana di Indonesia tersedia cadangannya dalam jumlah yang cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 30 juta ton. Besarnya jumlah residu (*fly ash*) tersebut akan menimbulkan masalah terutama dalam proses pembuangannya karena dapat mencemari lingkungan sekitar serta membutuhkan fasilitas pembuangan yang relatif mahal. Maka dari itu residu tersebut mulai diolah sebagai bahan bangunan teknik sipil misalnya sebagai *fly ash* cement, bahan campuran batako, sebagai bahan urugan, dan dapat juga dipakai sebagai material lapisan perkerasan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, kemudian secara eksperimen dan empiris metode yang dilakukan dengan melakukan kegiatan percobaan untuk memperoleh data. Penambahan abu batubara dalam campuran aspal menunjukkan pengurangan yang signifikan terjadinya retakan pada lapisan permukaan jalan karena hasil uji laboratorium menunjukkan nilai Stabilitas pada kadar aspal 6% *filler* abu batubara 2% lebih tinggi dari aspal konvensional yaitu 1143 kg dan memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018. Hal ini berkontribusi pada peningkatan daya tahan lapisan permukaan jalan terhadap beban lalu lintas. Campuran aspal yang mengandung abu batubara memiliki daya tahan terhadap beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal konvensional hal ini karena nilai VFB (*Void filled with bitumen*) memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dibandingkan dengan aspal konvensional.

**Kata Kunci : Abu Batu Bara, Aspal, Retakan, Lapisan Permukaan Jalan**

## 1. PENDAHULUAN

Jalan sebagai salah satu prasarana transportasi yang merupakan unsur penting dalam pengembangan kehidupan berbangsa bernegara. Lapisan permukaan jalan cenderung mudah terdegradasi. 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 [1][2][3][4].

Batubara adalah bahan bakar fosil, di mana di Indonesia tersedia cadangannya dalam jumlah yang cukup melimpah dan diperkirakan mencapai 30 juta ton. 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 [5][6][7][8][9][10]. Besarnya jumlah residu (*flyash*) tersebut akan menimbulkan masalah terutama dalam proses pembuangannya karena dapat mencemari lingkungan sekitar serta membutuhkan fasilitas

pembuangan yang relatif mahal (Wardani, 2008). Maka dari itu residu tersebut mulai diolah sebagai bahan bangunan teknik sipil misalnya sebagai *fly ash* cement, bahan campuran batako, sebagai bahan urugan, dan dapat juga dipakai sebagai material lapisan perkerasan. Dalam penelitian ini, peneliti mencoba mengevaluasi secara sistematis dampak penggunaan abu batu bara terhadap kinerja campuran aspal dan kemampuannya dalam mengurangi keretakan perkerasan khususnya di jalan masuk ke Fakultas Sains Farmasi dan Kesehatan serta jalan pintas ke Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Mathla'ul Anwar Banten [11][12][13][14][15].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Silvia Sukirman dalam buku “Beton Aspal Campuran Panas” (2016) 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. Menurut Sukirman (dalam Fahmi 2021) aspal beton adalah suatu jenis perkerasan konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal dan agregat, baik dengan bahan tambah maupun tanpa bahan tambah [16] [17]..

### Aspal Beton

Menurut Sukirman (dalam Fahmi 2021) aspal beton adalah suatu jenis perkerasan konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal dan agregat, baik dengan bahan tambah maupun tanpa bahan tambah. Lapisan aspal beton dibagi menjadi 3 yaitu:

- 1) AC-WC (Asphalt Concrete Wearing Course), adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 4 cm dan bersifat aus.
- 2) AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 5 cm dan merupakan lapisan antara atau lapisan tengah.
- 3) AC-Base (Asphalt Concrete-Base) adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 6 cm dan berfungsi sebagai pondasi dalam perkerasan

### Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur asphaltenes, resins, dan oil. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antar agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat ( Kerbs and Walker, 1971). ). Selain sebagai

bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Pada temperatur ruang aspal bersifat thermoplastic, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10 % berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Silvia Sukirman, 2003).

### **Abu Batu Bara**

Abu Batu Bara (*Fly Ash*) merupakan partikel halus yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu dimana abu batu bara tersebut memiliki sifat keras, awet, dan unsur pozzolan. Sehingga abu batu bara bisa digunakan dalam campuran aspal beton untuk meningkatkan ketahanan suatu campuran aspal (Sukirman 2003). Sedangkan menurut (Zulhazli, 2016) Abu terbang batu bara merupakan bahan anorganik sisa pembakaran batu bara dan terbentuk dari perubahan bahan mineral karena proses pembakaran. Pada pembakaran batu bara dalam pembangkit tenaga listrik terbentuk dua jenis abu yakni abu terbang batu bara (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*).

Abu terbang dibagi menjadi 4 kelompok berdasarkan tes yang dilakukan kemudian digunakan sebagai *filler* dalam campuran aspal beton. Abu batu, *filler* konvensional di India, juga digunakan untuk membandingkan hasil. Sifat *filler* bitumen (F/B) mastic ditentukan dari uji titik leleh, uji viskositas, dan uji geser. Kekuatan dan daya tahan tes seperti stabilitas marshall, sisa pada stabilitas, rasio kekuatan tarik, dan uji creep statis dilakukan pada beton aspal bercampur dengan lima jenis pengisi dan hasilnya dianalisis dan dibandingkan. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa semua empat kelompok abu terbang yang cocok untuk digunakan pada aspal keras bercampur dengan abu terbang dalam kelompok untuk memiliki kinerja terbaik. Isi *filler* optimum 7% dan sifat beton aspal campuran *fly ash* lebih baik daripada campuran konvensional (Sharma dkk., 2010).

### **Fly Ash**

*Fly Ash* adalah material yang sangat halus yang berasal dari sisa pembakaran batu bara. Abu batu bara dapat dijadikan *filler* karena ukuran partikelnya yang sangat halus yang lolos saringan bila disaring dengan menggunakan saringan No. 200 (75 micron) dan mengandung unsur pozzolan, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga dan pengikat pada aspal beton (Adibroto et al, 2008).

### **Keretakan Pada Lapisan Perkerasan Jalan**

Menurut AASHTO (1993), retak pada perkerasan jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori antara lain:

- 1) Retak kulit buaya (*Alligator Cracks*)
- 2) Retak pinggir (*Edge Cracks*)
- 3) Retak sambungan (*Joint Cracks*)
- 4) Retak refleksi (*Reflection Crack*)
- 5) Retak halus (*Hairline Cracks*)

### **Pengujian Volumetrik Campuran**

Pengujian volumetrik adalah pengujian yang menentukan besarnya nilai densitas, specific gravity campuran dan porositas dari masing-masing benda uji. Pengujian meliputi pengukuran tinggi, diameter, berat SSD, berat di udara, berat dalam air dari sampel dan berat jenis agregat, *filler* dan aspal. Sebelum dilakukan pengujian Marshall, benda uji tersebut menjalani pengujian Volumetrik untuk masing-masing benda uji.

Data yang diperoleh dari penelitian laboratorium dianalisis menggunakan persamaan sebagai berikut :

1) Berat jenis agregat kasar dengan rumus sebagai berikut:

$$Bulk = \frac{BA}{BB-BC} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$SSD = \frac{BB}{BB-BC} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$APPT = \frac{BA}{BA-BC} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$Penyerapan = \frac{BB-BA}{BA} \times 100 \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan, *Bulk* = Berat jenis

*SSD* = Berat jenis kering permukaan

*APPT* = Berat jenis semu

*BA* = Berat benda contoh uji kering oven (gram)

*BB* = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gram)

*BC* = Berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram)

2) Berat jenis agregat halus dan *filler* dengan rumus sebagai berikut:

$$Bulk = \frac{BA}{BC+500-BD} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$SSD = \frac{500}{BC+500-BD} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$APPT = \frac{BB}{BC+BB+BD} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$Penyerapan = \frac{500-BB}{(BB)} \times 100 \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan, *Bulk* = Berat jenis

*SSD* = Berat jenis kering permukaan

*APPT* = Berat jenis semu

*BA* = Berat contoh SSD (gram)

$BC$  = Berat piknometer + berat air (gram)

$BD$  = Berat piknometer + berat benda uji + berat air (gram)

3) Berat jenis *Bulk* gabungan (*U*)

$$U = \frac{100}{\frac{a}{B_j a Bulk} + \frac{b}{B_j b Bulk} + \frac{c}{B_j d Bulk} + \frac{d}{B_j d Bulk}} \dots (2.9)$$

4) Berat jenis *Apparent* gabungan (*App*)

$$App = \frac{100}{\frac{a}{B_j a App} + \frac{b}{B_j b App} + \frac{c}{B_j c App} + \frac{d}{B_j d App}} \dots (2.10)$$

5) Berat jenis efektif (*V*)

$$V = \frac{U + App}{2} \dots (2.11)$$

Dari data tersebut diperoleh harga *Density*, Stabilitas, dan *Marshall Quotient*.

2. Perkiraan kadar aspal rencana

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta} \dots (2.12)$$

Dengan, *Pb* = Perkiraan kadar aspal rencana awal

CA = Agregat kasar

FA = Agregat halus

FF = Bahan pengisi

Konstanta = Kira-kira 0,5 – 1 untuk Laston dan 1-2 untuk Lataston

**Pengujian Marshall**

Kelelahan *Flow* = *r* didapat dari pembacaan arloji flow yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm.

$$s = p \times r \dots (2.13)$$

Dengan, *P* = Kalibrasi proving ring pada o  
*R* = Nilai pembacaan arloji stabilitas

$$MQ = \frac{s}{t} \dots (2.14)$$

dengan, *S* = Nilai stabilitas terpasang (Kg)

*t* = Nilai kelelahan/flow (mm)

*MQ* = Nilai Marshall Quotient (Kg/mm)

$$h = g - f \dots (2.15)$$

$$i = \frac{h}{e} \dots (2.16)$$

Dengan, *e* = Berat benda uji sebelum direndam (gram)

*f* = Berat benda uji jenuh air (gram)

*g* = Berat benda uji dalam air (gram)

*h* = Isi benda uji (ml)

$I$  = Berat isi benda uji (gram/ml)

$$VIM = 100 - i \times j \dots\dots\dots (2.17)$$

dengan,  $i$  = Bj benda uji

$j$  = Bj campuran maksimal

$$VFA = 100 \times \frac{k}{n} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan,  $k$  = Persentase volume aspal

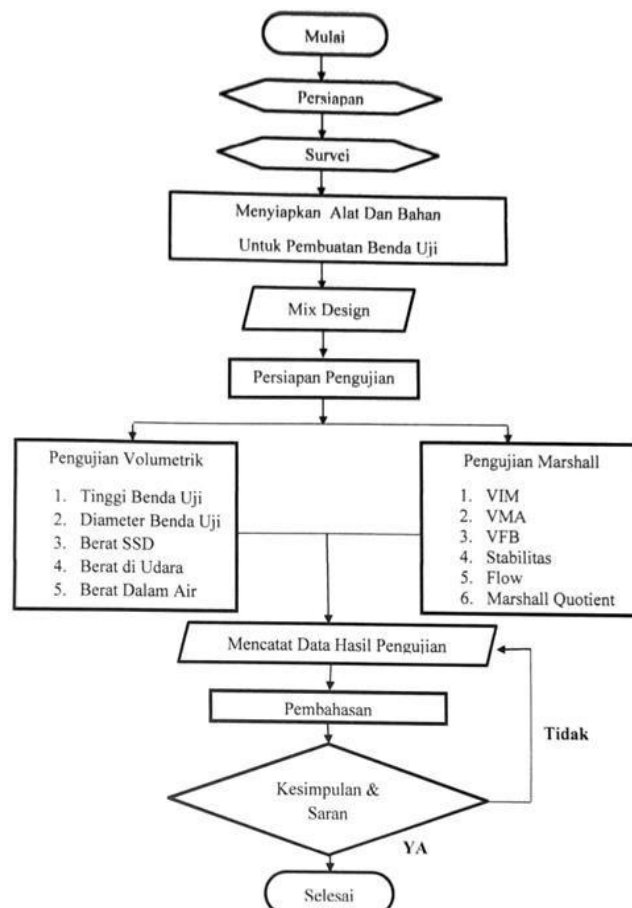
$n$  = Persentase rongga agregat/VMA

$$VMA = 100 - i \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan,  $i$  = Persentase volume agregat

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Metode Penelitian :



Sumber : Penulis 2024, berdasarkan ISO 1028, 2003

Gambar 1. Skema Rencana Penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Gradasi Material

Pada tabel dibawah ini gradasi material lolos analisa saringan

| LOLOS SARINGAN    ( % ) |       |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Jenis Material          |       | 1"    | 3/4"  | 1/2"  | 3/8"  | no.4  | no.8   | no.16  | no.30  | no.50  | no.100 | no.200 |
|                         |       | 25.4  | 19    | 12.70 | 9.51  | 4.76  | 2.38   | 1.18   | 0.60   | 0.30   | 0.15   | 0.074  |
| Agregat kasar/CA        | 100 % | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF!  | #REF!  | #REF!  | #REF!  | #REF!  | #REF!  |
| SPLIT 1-2               | 100 % | 100.0 | 100.0 | 86.3  | 62.3  | 10.33 | 2.29   | 1.12   | 0.41   | 0.19   | 0.06   | 0.06   |
| SCREENING               | 100 % | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 85.32 | 48.3  | 28.82  | 24.65  | 13.62  | 4.28   | 1.81   | 0.37   |
| ABU BATU                | 100 % | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 71.96  | 48.74  | 35.53  | 26.82  | 19.61  | 10.53  |
| Filler                  | 100 % | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

Sumber: Hasil Pengujian oleh Penulis, 2024

Tabel 1 Gradasi Material

##### Kombinasi Material

###### KOMBINASI CAMPURAN MATERIAL

|                   |         |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Agregat kasar/CA  | 16.0 %  | #REF!  | #REF!  | #REF!  | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! |
| SPLIT 1-2         | 19.0 %  | 19.00  | 19.00  | 16.39  | 11.84 | 1.96  | 0.44  | 0.21  | 0.08  | 0.04  | 0.01  | 0.01  |
| SCREENING         | 28.0 %  | 28.00  | 28.00  | 28.00  | 23.89 | 13.52 | 8.07  | 6.90  | 3.81  | 1.20  | 0.51  | 0.10  |
| ABU BATU          | 52.0 %  | 52.00  | 52.00  | 52.00  | 52.00 | 52.00 | 37.42 | 25.34 | 18.48 | 13.95 | 10.20 | 5.47  |
| Filler            | 1.0 %   |        | 1.00   | 1.00   | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  |
| Kombinasi agg.    | 100.0 % | 89.00  | 100.00 | 97.39  | 88.73 | 68.49 | 46.92 | 33.46 | 23.37 | 16.18 | 11.72 | 6.59  |
| Spesifikasi Halus | atas    | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 69.00 | 53.00 | 40.00 | 30.00 | 22.00 | 15.00 | 9.00  |
|                   | bawah   | 100.00 | 100.00 | 90.00  | 77.00 | 53.00 | 33.00 | 21.00 | 14.00 | 9.00  | 6.00  | 4.00  |

Sumber: Hasil Pengujian oleh Penulis, 2024

Tabel 2 Kombinasi Material

Pada tabel diatas merupakan kombinasi mix design untuk pembuatan benda uji dengan tambahan filler abu batu bara 1%.

| KOMBINASI CAMPURAN MATERIAL |         |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Agregat kasar/CA            | 16.0 %  | #REF!  | #REF!  | #REF!  | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! | #REF! |
| SPLIT 1-2                   | 19.0 %  | 19.00  | 19.00  | 16.39  | 11.84 | 1.96  | 0.44  | 0.21  | 0.08  | 0.04  | 0.01  | 0.01  |
| SCREENING                   | 28.0 %  | 28.00  | 28.00  | 28.00  | 23.89 | 13.52 | 8.07  | 6.90  | 3.81  | 1.20  | 0.51  | 0.10  |
| ABU BATU                    | 51.0 %  | 51.00  | 51.00  | 51.00  | 51.00 | 51.00 | 36.70 | 24.86 | 18.12 | 13.68 | 10.00 | 5.37  |
| Filler                      | 2.0 %   |        | 2.00   | 2.00   | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  | 2.00  |
| Kombinasi agg.              | 100.0 % | 98.00  | 100.00 | 97.39  | 88.73 | 68.49 | 47.20 | 33.97 | 24.01 | 16.91 | 12.52 | 7.48  |
| Spesifikasi Halus           | atas    | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 69.00 | 53.00 | 40.00 | 30.00 | 22.00 | 15.00 | 9.00  |
|                             | bawah   | 100.00 | 100.00 | 90.00  | 77.00 | 53.00 | 33.00 | 21.00 | 14.00 | 9.00  | 6.00  | 4.00  |

Sumber: Hasil Pengujian penulis,2024

Pada tabel diatas merupakan kombinasi mix design untuk pembuatan benda uji dengan tambahan filler abu batu bara 2%.

| KOMBINASI CAMPURAN MATERIAL |         |        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |      |
|-----------------------------|---------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| Aggregat kasar/CA           | 16.0 %  | 19.00  | 19.00  | 16.39 | 11.84 | 1.96  | 0.44  | 0.21  | 0.08  | 0.04  | 0.01 | 0.01 |
| SPLIT 1-2                   | 19.0 %  | 28.00  | 28.00  | 23.89 | 13.52 | 8.07  | 6.90  | 3.81  | 1.20  | 0.51  | 0.10 |      |
| SCREENING                   | 28.0 %  | 50.00  | 50.00  | 50.00 | 50.00 | 35.98 | 24.37 | 17.77 | 13.41 | 9.81  | 5.26 |      |
| ABU BATU                    | 3.0 %   | 3.00   | 3.00   | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00  | 3.00 |      |
| Filler                      | 100.0 % | 97.39  | 88.73  | 68.49 | 47.48 | 34.48 | 24.66 | 17.64 | 13.32 | 8.38  |      |      |
| Kombinasi agg.              | 100.0 % | 100.00 | 97.39  | 88.73 | 68.49 | 47.48 | 34.48 | 24.66 | 17.64 | 13.32 | 8.38 |      |
| Spesifikasi Halus           | atas    | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 69.00 | 53.00 | 40.00 | 30.00 | 22.00 | 15.00 | 9.00 |      |
|                             | bawah   | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 77.00 | 53.00 | 33.00 | 21.00 | 14.00 | 9.00  | 6.00 | 4.00 |

Sumber: Hasil pengujian oleh penulis,2024

Pada tabel diatas merupakan kombinasi mix design untuk pembuatan benda uji dengan tambahan filler abu batu bara 3%.

| KOMBINASI CAMPURAN MATERIAL |         |        |        |        |       |       |       |       |       |       |       |      |
|-----------------------------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Aggregat kasar/CA           | 16.0 %  | 19.00  | 19.00  | 16.39  | 11.84 | 1.96  | 0.44  | 0.21  | 0.08  | 0.04  | 0.01  | 0.01 |
| SPLIT 1-2                   | 19.0 %  | 28.00  | 28.00  | 23.89  | 13.52 | 8.07  | 6.90  | 3.81  | 1.20  | 0.51  | 0.10  |      |
| SCREENING                   | 28.0 %  | 53.00  | 53.00  | 53.00  | 53.00 | 38.14 | 25.83 | 18.83 | 14.22 | 10.39 | 5.58  |      |
| ABU BATU                    | 53.0 %  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |      |
| Kombinasi agg.              | 100.0 % | 100.00 | 100.00 | 97.39  | 88.73 | 68.49 | 46.64 | 32.95 | 22.72 | 15.45 | 10.91 | 5.69 |
| Spesifikasi Halus           | atas    | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 90.00 | 69.00 | 53.00 | 40.00 | 30.00 | 22.00 | 15.00 | 9.00 |
|                             | bawah   | 100.00 | 100.00 | 90.00  | 77.00 | 53.00 | 33.00 | 21.00 | 14.00 | 9.00  | 6.00  | 4.00 |

Sumber: Hasil pengujian oleh penulis, 2024

Pada tabel diatas merupakan kombinasi mix design untuk pembuatan benda uji aspal konvensional.

### Perbandingan hasil pengujian aspal konvensional dengan aspal dengan tambahan abu batu bara

| Discription               | Unit  | Aspal 6%  | Aspal 6.5% | Konvensional | Spesification |
|---------------------------|-------|-----------|------------|--------------|---------------|
|                           |       | FlyAsh 2% | FlyAsh 1%  |              |               |
| Optimum Bitumen Content   | %     | 6.00      | 6.50       | 6.50         | -             |
| Bulk Density              | gr/cc | 2.204     | 2.174      | 2.178        | -             |
| Void in Mix               | %     | 4.23      | 4.75       | 4.41         | 3.0- 5.0      |
| Void Filled With Bitumen  | %     | 85.8      | 83.8       | 85.8         | Min 65        |
| Void in Mineral Aggregate | %     | 15        | 16.4       | 16           | Min 15        |
| Stability                 | Kg    | 1143      | 886.4      | 1000.1       | Min. 800      |
| Flow                      | mm    | 3.57      | 2.90       | 2.61         | 2-4           |
| Marshall Quotient         | Kg/mm | 314.2     | 299.7      | 377.1        | Min. 250      |

Sumber: Hasil pengujian penulis, 2024

Tabel 3 Perbandingan hasil pengujian aspal yang mengandung abu batubara dengan aspal konvensional

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hasil analisa menunjukan campuran aspal yang mengandung abu batu bara (Filler Fly Ash) memenuhi spesifikasi Bina Marga, yaitu pada kadar aspal 6% Filler abu batubara 2%, kadar aspal 6,5% filler abu batubara 1% serta aspal konvensional pada kadara aspal 6,5%.

Dari 27 sampel yang mengandung abu batubara dan masing-masing sampel dibuat 3 benda uji yaitu kadar aspal 5,5% abu batubara (fly ash) 1%, kadar aspal 5,5% abu batu bara (fly ash) 2%, kadar aspal 5,5% abu batubara (fly ash) 3%, kadar aspal 6% abu batubara (fly ash) 1%, kadar aspal 6% abu batubara (fly ash) 2%, kadar aspal 6% abu batubara (fly ash) 3%, kadar aspal 6,5% abu batubara (fly ash) 1%, kadar aspal 6,5% abu batubara (fly ash) 2%, kadar aspal 6,5% abu batubara (fly ash) 3% serta 9 sampel aspal konvensional yaitu pada kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5% sebagai pembanding penelitian.

## 5. PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu :

1. Penambahan abu batubara dalam campuran aspal menunjukan pengurangan yang signifikan terjadinya retakan pada lapisan permukaan jalan karena hasil uji laboratorium menunjukan nilai Stabilitas pada kadar aspal 6% *filler* abu batubara 2% lebih tinggi dari aspal konvensional yaitu 1143 kg dan memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018. Hal ini berkontribusi pada peningkatan daya tahan lapisan permukaan jalan terhadap beban lalu lintas.
2. Hasil penelitian menunjukan bahwa campuran aspal yang mengandung abu batubara memiliki daya tahan terhadap beban yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal konvensional hal ini karena nilai VFB (*Void filled with bitumen*) rata-rata memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 dibandingkan dengan aspal konvensional.
3. Secara fisik campuran aspal dengan abu batu bara (*Fly Ash*) memiliki kepadatan yang lebih tinggi dan porositas yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal konvensional, hal ini karena partikel *fly ash* mengisi ruang kosong dalam campuran, membuatnya lebih padat dan mengurangi jumlah pori-pori yang dapat diisi oleh udara atau air. Secara mekanik campuran aspal dengan abu batu bara menunjukan kuat tekan dan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan aspal konvensional.

### Saran

Saran yang dapat diberikan, yaitu:

1. Melakukan penelitian jangka panjang untuk mengamati campuran aspal dengan abu batubara dalam berbagai kondisi iklim dan beban lalu lintas yang berbeda. Study ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa manfaat yang diamati dalam jangka pendek juga berlaku dalam jangka panjang.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam dan komprehensif mengenai penggunaan abu batubara dalam campuran aspal, serta potensinya dalam mengurangi retakan pada lapisan permukaan jalan sehingga di masa yang akan datang tidak ada lagi jalan yang retak akibat beban lalu lintas.
3. Untuk penelitian selanjutnya agar menggunakan teknik analisis mikrostruktur *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mempelajari lebih lanjut bagaimana abu batubara berinteraksi dengan aspal pada tingkat *microscopicis*, hal ini dapat membantu dan memahami mekanisme pengurangan retakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Rizky, Z. Hakim, S. Setiyowati, and A. G. Pratama, "Implementasi metode Analitical 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] S. Wijaya *et al.*, "Program Peningkatan Kecakapan Hidup Berbasis Vocational Skill Untuk Membangun Jawa Wirausaha Mahasiswa Semester Akhir Mahasiswa Universitas Mathla'ul Anwar Banten," *J. Dharmabakti Nagri*, vol. 1, no. 3, pp. 133–139, 2023, doi: 10.58776/jdn.v1i3.81.
- [6] A. M. Yunita, A. H. Wibowo, R. Rizky, and N. N. Wardah, "Implementasi Metode SAW Untuk Menentukan Program Bantuan Bedah Rumah Di Kabupaten Pandeglang," *J. Teknol. Dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 5, no. 3, pp. 197–202, 2023, doi: 10.47233/jteksis.v5i3.835.
- [7] I. Fatahillah, R. Rizky, and Z. Hakim, "“ Pengembangan Sistem Informasi Penerimaan Peserta Didik Baru ( PPDB ) Berbasis Web Menggunakan WhatsApp Gateway di SMKN 4 Pandeglang ,”" no. 2, 2023.
- [8] R. Rizky and Z. Hakim, "Sistem Pendukung Keputusan Menentukan Kader Terbaik Di Puskesmas Cisata Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process ( Ahp ) Berbasis Web," vol. 12, no. 2, 2023.
- [9] E. N. Susanti, R. Rizky, Z. Hakim, and S. Setiyowati, "Implementasi Metode Simple Additive Weighting untuk Menentukan Penerima Bantuan Rumah Tidak Layak Huni pada Desa Cikeusik," vol. 08, pp. 287–293, 2023.
- [10] A.-A. Jenaldi, R. Rizky, N. Nailul Wardah, and J. Sistem Informasi Fakultas, "Sistem Informasi Kontrol Stock Barang Dengan Metode K-Means Clustering Pada Cv," vol. 12, no. 2, p. 2023, 2023.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] Z. Hakim and R. Rizky, "Analisis Perancangan Sistem Informasi Pembuatan Paspor Di

Kantor Imigrasi Bumi Serpong Damai Tangerang Banten Menggunakan Metode Rational Unified Process,” vol. 6, no. 2, pp. 103–112, 2018.