

# KARAKTERISTIK ASPAL DENGAN ABU TERBANG SEBAGAI BINDER TERHADAP MUTU JALAN

## ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan abu terbang (*fly ash*) dengan bitumen atau aspal sebagai binder terhadap kekakuan bitumen dan campuran perkerasan lentur. Filler yang dijadikan pembanding adalah Ordinary Portland Cement.

Sebagai bahan pembentuk binder, penelitian yang akan dilakukan yaitu pemeriksaan penetrasi dan titik lembek (*softening point*), dimana dari kedua pemeriksaan tersebut menentukan besarnya nilai Indeks Penetrasi. Nilai kekakuan (*stiffness*) binder diperoleh dengan menggunakan Nomograf Van Der Poel.

Sebagai bahan pengisi dalam campuran, pembuatan benda uji yang didasarkan pada spesifikasi campuran Hot Rolled Sheet Kelas B. Parameter yang akan didapatkan dari pemeriksaan Marshall adalah nilai *density*, VFB (*Void Filled by Bitumen*), stabilitas, kelelahan dan Marshall Quotient

**Kata kunci :** filler, binder, fly ash, Portland Cement, kekakuan, campuran perkerasan.

## I. PENDAHULUAN

Berbagai upaya dilakukan untuk mengurangi tingkat kerusakan perkerasan jalan yang terjadi, salah satunya adalah dengan memberikan bahan tambah berupa material halus ke dalam aspal/bitumen yang sekaligus juga dapat berfungsi sebagai filler dalam campuran perkerasan lentur.

Bahan tambah yang biasa digunakan adalah Portland Cement, namun pemakaiannya membutuhkan biaya yang relatif mahal sehingga diupayakan suatu bahan tambah aspal yang murah dan mudah didapat yang dapat menaikkan ketahanan aspal terhadap temperatur dan menghasilkan campuran perkerasan dengan stabilitas dan durabilitas lebih tinggi

Salah satu alternatif bahan tambah adalah produk sampingan dari industri berupa abu terbang (*fly ash*) yang dewasa ini produksinya semakin meningkat.

## II. TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah :

- Mengetahui pengaruh penambahan filler berupa abu terbang (*fly ash*) terhadap kekakuan bitumen dan kekuatan campuran perkerasan lentur.
- Mendapatkan mutu bitumen yang optimal dengan sifat yang kurang peka terhadap temperatur .
- Mendapatkan campuran perkerasan lentur dengan durabilitas yang tinggi.
- Memberikan alternatif pengolahan limbah yang berbentuk abu terbang sehingga memiliki daya guna yang bermanfaat.

## III. BATASAN MASALAH

Adapun beberapa batasan yang digunakan adalah :

- Filler yang digunakan adalah abu terbang hasil pembakaran batu bara dan Ordinary Portland Cement (OPC) tipe I produk PT. Semen Padang sebagai filler pembanding, yang dilakukan terhadap 5 variasi filler yang berbeda.
- Pengujian laboratorium terhadap campuran filler dan bitumen hanya meliputi pengujian nilai penetrasi dan titik lembek bitumen. Hasil pengujian laboratorium ini akan menghasilkan nilai Indeks Penetrasi dan *stiffness of binder* sebagai gambaran kekakuan bitumen.



- Proporsi campuran perkerasan didapat berdasarkan metode *Asphalt Institute* dengan menggunakan HRS (*Hot Rolled Sheet*) kelas B sebagai jenis perkerasan.
- Persentase campuran agregat dihitung dengan Metode *Trial and Error*.
- Persentase kadar aspal dalam campuran didapat dengan menggunakan nilai campuran yang direkomendasikan oleh Bina Marga.
- Pengujian laboratorium berupa pembuatan sampel campuran perkerasan (*mix design*) dengan 5 variasi proporsi campuran dan pengujian karakteristiknya melalui *Marshall Test*. Jumlah sampel untuk masing-masing variasi adalah 3 buah.
- Jenis aspal/bitumen yang digunakan adalah aspal keras/panas

#### IV. TINJAUAN PUSTAKA

##### 4.1 Bitumen/Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua yang pada suhu ruang berbentuk padat. Jika dipanaskan sampai temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak atau cair hingga dapat membungkus agregat pada pembuatan aspal beton atau dapat masuk dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan atau penyiraman pada perkerasan. Jika temperatur turun, aspal akan mengeras dan akan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis).

Sebagai material yang bersifat termoplastis, bitumen akan menjadi lunak bila dipanaskan dan mengeras bila didinginkan. Pfeiffer dan Van Doormal (1936) menyatakan perilaku bitumen terhadap temperatur ini dalam suatu nilai Indeks Penetrasi.

Nilai Indeks Penetrasi dipengaruhi oleh dua besaran, yaitu nilai penetrasi dan titik lembek, dengan persamaan dasar :

$$PI = \frac{20(1 - 25A)}{1 + 50A} \dots\dots\dots (1)$$

Nilai  $A$  didapat dari pengukuran nilai penetrasi pada temperatur  $T_1$  dan  $T_2$  :

$$A = \frac{\log(\text{penetrasi } T_1) - \log(\text{penetrasi } T_2)}{T_1 - T_2} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai  $T_2$  pada persamaan di atas adalah suhu titik lembek (*softening point*) dari binder, dimana nilai penetrasi binder pada suhu tersebut adalah 800. Sehingga persamaan (2) dapat dimodifikasi menjadi :

$$A = \frac{\log(\text{penetrasi } T_1) - \log 800}{T_1 - SP} \dots\dots\dots (3)$$

Untuk pengukuran penetrasi pada suhu 25°C ( $T_1$ ), substitusi persamaan di atas ke persamaan (1) menghasilkan :

$$PI = \frac{1952 - 500 \cdot \log(\text{penetrasi } 25^\circ C) - 20 \cdot SP}{50 \cdot \log(\text{penetrasi } 25^\circ C) - SP - 120} \dots\dots\dots (4)$$

Bitumen dengan nilai Indeks Penetrasi tinggi memiliki kepekaan yang rendah terhadap temperatur dan durabilitas yang tinggi. Sebaliknya, nilai IP yang rendah menunjukkan bahwa bitumen tersebut sangat peka terhadap temperatur.

Pada bitumen yang bersifat *visco-elastis*, nilai modulus kekakuan dipengaruhi oleh temperatur dan waktu pembebanan (*loading time*), sehingga persamaan yang dihasilkan juga merupakan fungsi dari kedua aspek tersebut, menjadi :



$$S_{i,T} = \frac{\sigma}{\epsilon_{i,T}} \dots\dots\dots (5)$$

Bitumen dengan kekakuan tinggi lebih tahan terhadap deformasi dan memiliki kemampuan yang besar untuk mengikat agregat dalam suatu campuran perkerasan. Bagaimanapun, nilai kekakuan yang terlalu tinggi menghasilkan aspal yang rentan terhadap keretakan. Pada penelitian ini, nilai kekakuan binder diperoleh berdasarkan Nomograf Van der Poel yang diaplikasikan dalam suatu program komputer.

#### 4.2. Campuran Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur merupakan salah satu jenis perkerasan yang menggunakan aspal/bitumen sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Selain itu, lapisan permukaannya juga berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air yang bersifat non struktural. Pada penelitian ini, jenis campuran perkerasan yang digunakan adalah *Hot Rolled Sheet* Kelas B.

HRS Kelas B adalah campuran aspal panas yang mempunyai komposisi bahan campuran agregat bergradasi timpang dan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan mineral sebagai pengisi (filler) dengan bitumen sebagai bahan pengikat dalam perbandingan yang proporsional.

Sesuai dengan gradasi agregatnya yang lebih banyak menggunakan material halus, maka lapisan perkerasan HRS Kelas B ini memiliki lapis permukaan yang padat, rapat dan halus dengan durabilitas yang relatif tinggi. HRS Kelas B digunakan untuk jalan dengan lalu lintas tinggi.

Penentuan karakteristik campuran perkerasan umumnya dilakukan melalui pembuatan benda uji dan pengujian dengan alat Marshall. Metoda uji Marshall baik untuk digunakan dalam menentukan kebutuhan aspal yang optimum, juga untuk mengetahui kekuatan adukan dalam hubungannya dengan susunan butir (gradasi butir agregat) dan bentuk butir.

Pada tes Marshall ini yang diperiksa adalah campuran perkerasan yang terdiri dari aspal dan agregat dengan kadar dan proporsi tertentu sesuai dengan rancangan campuran HRS B dari Bina Marga.

Dari proses persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat Marshall, diperoleh data-data sebagai berikut:

1. Kadar aspal, dinyatakan dalam persen.
2. *Density*, dinyatakan dalam gr/cc.
3. Stabilitas, dinyatakan dalam kg, menunjukkan kekuatan dan ketahanan campuran terhadap terjadinya alur (*rutting*).
4. Kelelehan plastis (*flow*) dinyatakan dalam mm, merupakan indikator terhadap lentur.
5. VIM, persen rongga dalam campuran, merupakan indikator dari durabilitas dan kemungkinan *bleeding*.
6. VMA, persen rongga terhadap agregat, VMA dan VIM merupakan indikator dari durabilitas.
7. Penyerapan aspal (VFB), dinyatakan dalam persen terhadap berat campuran.
8. Hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*), merupakan hasil bagi stabilitas dan *flow*. Dinyatakan dalam kN/mm, merupakan indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan.

Bina Marga telah mensyaratkan nilai kriteria Marshall untuk HRS Kelas B agar dalam perencanaan campuran dan penentuan kadar aspal optimum dapat dilaksanakan secara optimal, tertera pada Tabel 1.



**Tabel 1 : Kriteria Marshall untuk HRS Kelas B**

Jenis Pemeriksaan	Spesifikasi	
	Min	Max
Stabilitas (ke)	550	1250
Kelelehan (mm)	2,5	3,0
Rongga dalam Campuran (%)	3,0	6,0
Rongga Terisi Aspal (%)	75	85
Marshall Quotient (kN/mm)	1,8	5,0
Jumlah pemadatan	2 x 75 kali	

### 4.3 Bahan Tambah Mineral

#### 4.3.1 Portland Cement

Portland Cement adalah semen hidrolis, terbuat dari penghancuran klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis yang biasanya mengandung kalsium sulfat (*gypsum*) sebagai bahan tambahan.

Secara umum komposisi kimia bahan-bahan yang terdapat pada PC dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

**Tabel 2 : Komposisi kimia Portland Cement**

Komposisi	Persentase (%)
CaO	60,00 – 67,00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,00 – 8,00
MgO	0,10 – 4,00
SO <sub>3</sub>	1,00 – 3,00
SiO <sub>2</sub>	17,00 – 25,00
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,50 – 6,00
Alkalis (K <sub>2</sub> O;Na <sub>2</sub> O)	0,4 – 1,30

#### 4.3.2 Fly ash (Abu Terbang)

Abu terbang adalah produk sampingan dari industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang menggunakan batubara sebagai bahan bakar, berupa butiran halus ringan dan bersifat *pozzolan*. Bahan yang bersifat *pozzolan* merupakan bahan tambahan mineral (*mineral admixture*) yang mengandung senyawa Silika atau Silika Alumina.

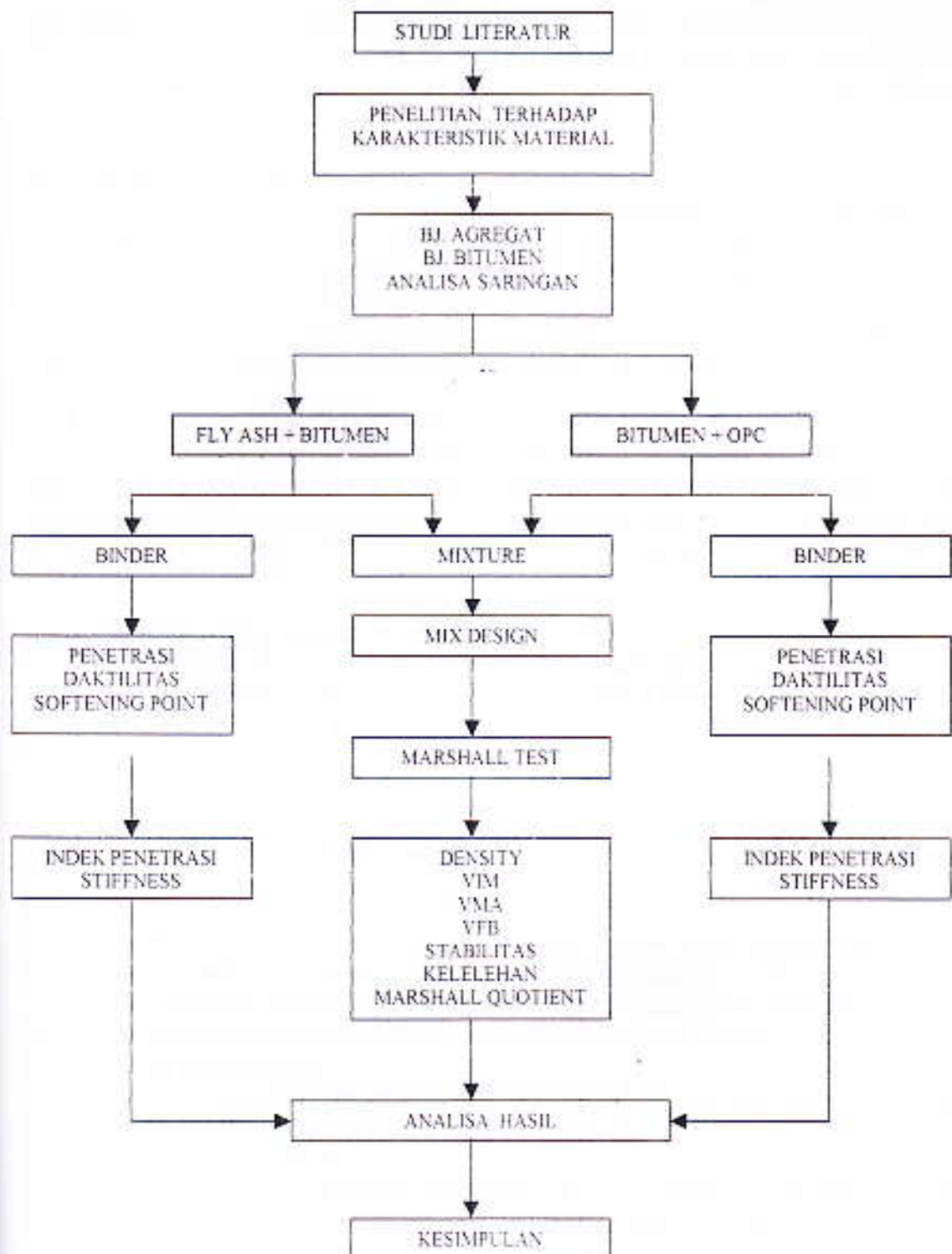
Sebagai material padat dan halus, abu terbang dapat berfungsi sebagai filler dalam campuran perkerasan lentur yang membutuhkan durabilitas tinggi. Disamping itu, abu terbang juga dapat ditambahkan ke dalam bitumen untuk menghasilkan zat pengikat (*binder*) yang lebih kaku.

Karakteristik abu terbang sendiri tergantung kepada asal dan jenis dari batubara yang digunakan sebagai bahan bakar, suhu pembakaran, tekanan udara dan pemasokan oksigen, pembakaran yang merata serta jenis dari alat-alat pembakaran yang digunakan. Komposisi kimianya dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3 : Komposisi kimia fly ash**

Komposisi	Persentase (%)
SiO <sub>2</sub>	85,73
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,82
CaO	1,12
MgO	0,40
Hilang pijar	7,18

## V. BAGAN ALIR PENELITIAN





## VI. METODOLOGI PENELITIAN

### 6.1 Penelitian terhadap Binder

Penelitian terhadap binder dimulai dari pencampuran bitumen dengan filler yang digunakan, yaitu *fly ash* dan Ordinary Portland Cement. Campuran binder untuk tiap jenis filler adalah sebanyak enam variasi kadar filler menurut perbandingan volume filler/bitumen, yaitu untuk persentase berat filler 0% (tanpa filler), 20%, 40%, 60%, 80% dan 100% terhadap berat bitumen.

#### 6.1.1 Pemeriksaan Nilai Penetrasi

Pemeriksaan penetrasi dilakukan untuk mengetahui kekerasan aspal dengan menentukan dalamnya penetrasi jarum dengan ukuran, beban, temperatur dan waktu tertentu ke dalam bitumen. Pada penelitian ini, pengujian penetrasi dilaksanakan pada suhu 25°C dengan pembebanan sebesar 100 gr selama 5 detik. Nilai penetrasi dinyatakan dalam satuan 0,01 cm. Semakin dalam jarum penetrasi yang masuk ke dalam benda uji, semakin tinggi nilai penetrasi, yang mengindikasikan semakin lunaknya binder tersebut.

#### 6.1.2 Pemeriksaan Nilai Titik Lembek (*Softening Point*)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui titik lembek dari aspal. Titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat pemanasan dengan peningkatan suhu tertentu.

#### 6.1.3 Penentuan Nilai Indeks Penetrasi

Nilai Indeks Penetrasi yang merupakan indikasi akan kepekaan bitumen terhadap temperatur dipengaruhi oleh dua nilai, yaitu nilai Titik Lembek (*softening point*) dan nilai penetrasi pada suhu 25°C. Hubungan antara dua besaran tersebut terlihat pada persamaan berikut :

$$PI = \frac{1952 - 500 \cdot \log(\text{penetrasi}_{25^{\circ}C}) - 20 \cdot SP}{50 \cdot \log(\text{penetrasi}_{25^{\circ}C}) - SP - 120}$$

#### 6.1.4 Kekakuan Binder

Selain dari pemeriksaan penetrasi dan titik lembek yang menghasilkan nilai Indeks Penetrasi, mutu bitumen juga dapat diketahui dari nilai kekakuan (*stiffness*) yang dimilikinya.

Nilai kekakuan binder dapat diperoleh dengan menggunakan Nomograf Van der Poel. Besaran-besaran yang diperlukan dalam pembacaan nomograf ini adalah :

- Waktu pembebanan  
Pada penelitian ini diasumsikan kecepatan kendaraan rata-rata sebesar 60 km/jam, sehingga waktu pembebanan menjadi  $1/60 = 0,017$  detik.
- Perbedaan temperatur  
Yaitu nilai  $T_{800} - T$ , dimana  $T_{800}$  adalah suhu titik lembek binder yang memiliki nilai penetrasi 800 yang didapat dari hasil pemeriksaan *softening point*, dan  $T$  adalah temperatur aspal dalam °C.
- Nilai Indeks Penetrasi  
Pada penelitian ini, nilai kekakuan ditentukan dengan menggunakan program BANDS (*Bitumen Asphalt Nomograph Developed by Shell*) versi 1990.



## 6.2 Penelitian terhadap Campuran Perkerasan

Tahap penelitian terhadap campuran HRS Kelas B adalah :

- Pemeriksaan sifat material yang meliputi analisa saringan, berat jenis agregat dan filler (*fly ash* & Portland Cement ) dan berat jenis bitumen.
- Penentuan proporsi agregat, filler dan bitumen dalam campuran (*job mix formula*) dengan menggunakan metode *Trial and Error* untuk proporsi agregat dan resep campuran Bina Marga untuk kadar aspal.
- Perencanaan campuran (*mix design*)
- Pemeriksaan karakteristik benda uji dengan alat Marshall untuk mendapatkan nilai density, VMA, VIM, VFB, stabilitas, kelelahan dan *Marshall Quotient*.

## VII. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 7.1. Penambahan Filler pada Bitumen

Dari hasil pengujian laboratorium terhadap bitumen, diperoleh karakteristik bitumen seperti yang terlihat pada Tabel 5 berikut ini :

Tabel 4 : Nilai penetrasi, titik lembek, dan Indeks Penetrasi binder

Rasio f/b	Penetrasi (0.1 mm)		Titik Lembek (°C)		Indeks Penetrasi	
	PC	<i>fly ash</i>	PC	<i>fly ash</i>	PC	<i>fly ash</i>
0	76.5	76.5	54.0	54.0	0.875	0.875
0.065	75.1	62.6	56.5	56.5	1.40	0.88
0.130	68.3	57.2	59.75	58.25	1.80	1.00
0.195	60.8	54.4	62.0	60.0	1.90	1.20
0.260	56.0	50.9	65.0	63.25	2.20	1.70
0.325	51	44.7	68.5	65.5	2.60	1.80

Nilai penetrasi binder menurun seiring dengan penambahan konsentrasi filler dalam bitumen, baik untuk *fly ash* maupun Portland Cement. Penurunan pada *fly ash* relatif lebih besar dari pada Portland Cement sehingga nilai penetrasi bitumen dengan Portland Cement lebih tinggi dari *fly ash*. Hal ini menunjukkan bahwa bitumen dengan *fly ash* lebih keras dan memiliki perlawanan yang lebih besar terhadap deformasi dibandingkan bitumen dengan Portland Cement.

Nilai titik lembek bitumen meningkat sebanding dengan penambahan konsentrasi filler dalam bitumen. Pada konsentrasi filler 20% (rasio 0.065 filler/bitumen) titik lembek bitumen dengan kedua jenis filler bernilai sama yaitu 56.5 °C, sedangkan pada penambahan konsentrasi lainnya nilai titik lembek bitumen dengan Portland Cement selalu lebih tinggi dari *fly ash*.

Dari Tabel 4 juga dapat dilihat bahwa penambahan Portland Cement pada bitumen mengakibatkan kenaikan nilai Indeks Penetrasi yang cukup besar dibandingkan dengan bitumen tanpa tambahan filler, sedangkan penambahan *fly ash* hanya mengakibatkan sedikit kenaikan pada nilai IP. Hal ini terlihat pada rasio filler/bitumen 0.065, dimana nilai Indeks Penetrasi untuk *fly ash* adalah 0.88 dan nilai IP Portland Cement sebesar 1.40 yang tidak jauh mengalami peningkatan dibanding bitumen tanpa tambahan filler dengan nilai Indeks Penetrasi 0.875, berbeda dengan nilai IP Portland Cement sebesar 1.40 yang menunjukkan pertambahan nilai yang cukup besar. Hasil ini menunjukkan bahwa bitumen dengan *fly ash* lebih peka terhadap perubahan temperatur dibandingkan Portland Cement.

Pengaruh penambahan filler terhadap kekakuan bitumen dapat dilihat pada Tabel 6, dimana dengan kondisi waktu pembebanan dan temperatur bitumen yang sama, terlihat bahwa *fly ash* meningkatkan kekakuan bitumen relatif lebih besar dibandingkan Portland Cement.



Hal ini terjadi untuk semua konsentrasi penambahan filler. Dengan demikian, bitumen dengan *fly ash* lebih kuat mengikat agregat dalam perkerasan jalan.

**Tabel 5** : Nilai kekakuan bitumen untuk kedua jenis filler pada waktu pembebanan 0.017 s dan temperatur 45°C

Rasio f/b	Kekakuan Binder (MPa)	
	Portland Cement	<i>fly ash</i>
0	0.353	0.353
0.065	0.409	0.494
0.130	0.528	0.601
0.195	0.662	0.630
0.260	0.782	0.851
0.325	0.973	1.070

Dengan mempertimbangkan syarat binder yang baik untuk perkerasan jalan raya yaitu binder dengan nilai penetrasi  $>30$ , nilai titik lembek 30°C– 200°C, dan nilai Indeks Penetrasi +1, maka diperoleh kadar *fly ash* optimum dalam bitumen adalah 0.130 bagian dari volume bitumen yang akan dicampurkan. Dengan proporsi *fly ash* ini, bitumen yang ada akan memiliki kelenturan yang cukup untuk mengikat agregat serta memiliki kepekaan yang relatif rendah terhadap perubahan temperatur sehingga perkerasan jalan memiliki durabilitas yang tinggi.

## 7.2. Penggunaan Filler dalam Campuran Perkerasan

Penambahan *fly ash* dan Portland Cement sebagai filler (pengisi) dalam campuran memberikan pengaruh terhadap karakteristik campuran tersebut. Hal ini terlihat dari nilai-nilai yang didapat dari pengujian terhadap sampel campuran perkerasan HRS B, sebagaimana tertulis dalam Tabel 7 :

**Tabel 7** : Hasil pemeriksaan terhadap karakteristik campuran

% Aspal	Density (gr/cc)		VMA (%)		VIM (%)		VFB (%)	
	PC	FA	PC	FA	PC	FA	PC	FA
6.5	2.172	2.131	17.55	19.10	3.72	5.53	78.91	71.06
7	2.175	2.129	17.86	19.61	2.95	5.02	83.55	74.46
7.5	2.178	2.136	18.22	19.78	2.23	4.09	87.83	79.32
8	2.155	2.124	19.52	20.66	1.98	4.01	89.57	80.58
8.5	2.160	2.116	19.74	21.4	1.76	3.78	91.11	82.31

Nilai *density* campuran dengan filler Portland Cement lebih tinggi dari campuran dengan filler *fly ash*. Pada kedua campuran terlihat bahwa untuk kadar aspal 6,5% sampai dengan 8,5%, nilai *density* hanya memiliki sedikit perbedaan dan relatif sama, dimana perbedaan terkecil didapat pada kadar aspal 8%.

Kenaikan kadar aspal dalam campuran diikuti dengan kenaikan nilai VMA, baik pada *fly ash* maupun Portland Cement. Berarti semakin tinggi kadar aspal, semakin tinggi pula nilai VMA, yang mengakibatkan semakin tebalnya film aspal, karena rongga yang tersedia bagi film aspal juga bertambah banyak.

Dari tabel di atas terlihat bahwa nilai VIM semakin menurun seiring dengan penambahan kadar aspal yang berlaku untuk kedua campuran dengan filler *fly ash* dan Portland Cement. Untuk campuran dengan filler *fly ash* nilai VIM yang didapat lebih tinggi dibandingkan dengan campuran dengan filler Portland Cement.



Untuk nilai VFB, kenaikan kadar aspal seiring dengan kenaikan nilai VFB untuk kedua campuran, baik dengan filler *fly ash* maupun Portland Cement. Nilai VFB untuk campuran dengan filler Fly Ash lebih rendah dibandingkan campuran dengan filler Portland Cement.

Selain besaran-besaran di atas, sifat dari campuran perkerasan juga dapat diketahui dengan melakukan *Marshall Test* untuk mendapatkan nilai stabilitas, keelehan dan *Marshall Quotient* dari campuran tersebut. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

**Tabel 7** Hasil pengujian *Marshall Test*

% Aspal	Stabilitas (kg)		Kelelahan (mm)		Marshall Quotient (kN/mm)	
	PC	FA	PC	FA	PC	FA
6.5	1488.089	1176.513	8.89	6.29	1.647	1.928
7	1612.930	1116.000	8.50	6.90	1.911	1.582
7.5	1574.153	1130.175	8.66	8.21	1.794	1.372
8	1267.307	1228.710	8.40	9.22	1.483	1.301
8.5	1074.626	914.660	9.38	8.83	1.137	1.043

Untuk campuran HRS Kelas B, nilai stabilitas yang disyaratkan adalah 550 kg – 1250 kg. Walaupun nilai stabilitas campuran dengan filler *fly ash* berada di bawah nilai stabilitas campuran dengan filler Portland Cement, namun nilai stabilitasnya memenuhi persyaratan yang ada untuk semua kadar aspal yang digunakan. Sedangkan nilai stabilitas campuran dengan filler Portland Cement lebih tinggi dari persyaratan kecuali untuk kadar aspal 8,5%. Hal ini menunjukkan campuran ini lebih kaku dan lebih rentan terhadap keretakan.

Nilai keelehan untuk campuran dengan filler *fly ash* semakin meningkat seiring dengan kenaikan nilai kadar aspal dan jumlah kenaikannya relatif besar kecuali untuk kadar aspal 8,5% dimana nilai keelehannya justru menurun. Untuk campuran dengan filler Portland Cement, nilai keelehannya relatif sama untuk kadar aspal 6,5%– 8% sedangkan pada kadar aspal 8,5% nilainya naik cukup besar.

Nilai koefisien Marshall dari campuran dengan filler *fly ash* lebih rendah dari Portland Cement kecuali untuk kadar aspal 6,5%, dengan demikian campuran ini lebih lentur dan tidak mudah retak daripada campuran dengan filler Portland Cement.

Penentuan kadar aspal optimum dilakukan menurut *Leeds Design Method*, dimana kadar aspal optimum ditentukan dengan mengambil nilai rata-rata dari semua nilai optimum karakteristik campuran, sebagaimana tertera pada Tabel 8.

**Tabel 8** : Kadar aspal pada karakteristik optimum campuran

Tipe perkerasan	Kadar aspal (%)			
	Density max.	Stabilitas max.	VMA min.	Marshall Quotient max.
HRS B <i>fly ash</i>	7.5	8	6.5	6.5

Kadar aspal optimum untuk perkerasan HRS B dengan *fly ash* sebagai filler adalah :

$$\text{Kadar aspal optimum} = \frac{7.5 + 8 + 6.5 + 6.5}{4} = 7.125\%$$



Pada penelitian ini, campuran HRS B dengan *fly ash* sebagai filler memenuhi spesifikasi yang ditetapkan kecuali untuk nilai kelelehan, dimana nilai kelelehan yang diperoleh adalah 7.228 mm sedangkan batas spesifikasi adalah 2.5 – 3.0 mm.

## VIII. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan tentang pengaruh penambahan *fly ash* pada bitumen dan campuran perkerasan.

### 8.1. Penambahan *Fly ash* pada Bitumen

- ❖ Penambahan *fly ash* pada bitumen akan menurunkan nilai penetrasi dan meningkatkan nilai titik lembek bitumen sebanding dengan penambahan konsentrasi *fly ash* dalam binder
- ❖ Peningkatan konsentrasi *fly ash* akan menaikkan nilai kekakuan bitumen sehingga meningkatkan kemampuan bitumen mengikat agregat sekaligus menurunkan kepekaan bitumen terhadap perubahan temperatur.

### 8.2. Penggunaan *Fly ash* dalam Campuran Perkerasan

- ❖ Penggunaan *fly ash* sebagai filler dalam campuran aspal akan menurunkan nilai *density* dan *Void Filled by Bitument* (VFB) serta menaikkan nilai *Void in Mineral Aggregate* (VMA) dan *Void in Mix* (VIM), namun nilai yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang disyaratkan.
- ❖ Untuk karakteristik Marshall, penggunaan filler *fly ash* akan meningkatkan nilai stabilitas dan kelelehan yang secara langsung juga akan menurunkan nilai *Marshall Quotient*.
- ❖ Dari hasil yang didapat, hampir semua nilai karakteristik campuran dengan filler *fly ash* memenuhi spesifikasi yang ada dibandingkan dengan filler Portland Cement.

Evaluasi penelitian yang telah dilakukan terhadap pengaruh penggunaan *fly ash* pada binder dan campuran perkerasan lentur menunjukkan bahwa *fly ash* sangat potensial sebagai alternatif filler yang dapat meningkatkan kekuatan dan durabilitas perkerasan jalan raya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. 1983. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) No. 13/PT/B/1983*. Ditjen Bina Marga, Dept. PU.
- KBK Rekayasa Transportasi. 1997. *Modul Pelatihan Analisa Struktur Perkerasan Jalan*. Bandung. Jurusan Teknik Sipil ITB.
- Keefer, Robert F. dan Kenneth S. Sajwan. 1998. *Trace Element in Coal and Coal Combustion Residues*. Lewis Publisher.
- Laboratorium Transportasi dan Perkerasan Jalan Raya. 1999. *Petunjuk Praktikum Bahan Perkerasan Jalan*. Padang. Universitas Andalas, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik.
- Pratomo, Priyo. 1998. *Campuran Hot Rolled Sheet dengan Beberapa Jenis Filler*. Makalah Simposium I Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi, Bandung.
- Putra, W. Mandala dan Bambang Sugeng. 1996. *Pengukuran Modulus Kekakuan HRA dengan Menggunakan Alat Umatta*. Jurnal Puslitbang Jalan no.3 tahun XIII. Bandung. Departemen PU.
- Putri, Elsa Eka. 2000. *An Investigation Into The Use of Odda Kalk Powder in Bitumen and Bituminous Mixture*. Institute for Transport Studies University of Leeds.
- Putri, Prima Yane dan Maskhuri. 2000. *Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly ash) dan Abu Sekam (Rice Husk Ash) Terhadap Beton Mutu Tinggi*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unand. Padang
- Santoso. 1997. *Perkerasan Jalan Split Mastic Asphalt (SMA) dan High Stiffness Modulus Asphalt (HSMA)*. Majalah Teknik Jalan dan Transportasi tahun XVII. Jakarta
- Sjahanulirwan, M. 1997. *Alternatif Spesifikasi Bina Marga Campuran Aspal Panas*. Jurnal Puslitbang Jalan No.4 tahun XIII. Bandung. Departemen PU.
- Sukirman, Silvia. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Penerbit Nova.
- Whiteoak, David. 1990. *The Shell Bitumen Handbook*. Shell Bitumen United Kingdom.