

PERBANDINGAN *FILLER* PASIR LAUT DENGAN ABU BATU PADA CAMPURAN PANAS *ASPHALT TRADE BINDER* UNTUK PERKERASAN LENTUR DENGAN LALU LINTAS TINGGI

Aidil Putra¹⁾, Rika Sylviana²⁾, Anita Setyowati Srie Gunarti³⁾

^{1,2,3)} Teknik Sipil Universitas Islam “45” Bekasi
Jl. Cut Meutia No. 83 Bekasi Telp. 021-88344436
Email: anitasetyowati@yahoo.com

ABSTRAK

Permasalahan yang mungkin terjadi dalam dunia konstruksi dimasa yang akan datang adalah keterbatasan material, terutama dari alam (misal pasir alam). Untuk mengantisipasi hal tersebut dilakukan pengembangan teknologi aspal, misal memanfaatkan material alam lainnya seperti pasir laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai stabilitas suatu campuran beton aspal dengan menggunakan material *filler* pasir laut untuk jalan lalu lintas tinggi dengan menggunakan *filler* abu batu 4%, serta variasi *filler* pasir laut 4%, 6%, dan 8%.

Penelitian menggunakan uji Marshall dengan menggunakan *filler* abu batu 4% dan variasi *filler* pasir laut 4%, 6%, dan 8%.

Hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas Mashall *Filler* pasir laut 8% (1414,17kg) lebih besar dari *filler* pasir laut 4% (1243,92kg) dan 6% (1300,98kg), karena rongga di dalam aspalnya lebih kecil, sedangkan nilai stabilitas Marshall abu batu 4% lebih besar dari ketiga dari ketiga variasi *filler* pasir laut, karena gradasi abu batu lebih kecil daripada pasir laut. Penggunaan *Filler* pasir laut dan abu batu pada campuran panas asphalt trade binder untuk perkerasan lentur jalan lalu lintas tinggi nilai stabilitasnya memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

Kata Kunci: *Filler*, pasir laut, nilai stabilitas Marshall.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dan mempunyai garis pantai terpanjang keempat di dunia (95.181 km) setelah Amerika Serikat, Kanada dan Rusia. Dengan banyaknya pantai, maka dapat dipastikan ketersediaan pasir laut yang ada di Indonesia sangat berlimpah dan sangat mudah ditemui. Dalam dunia konstruksi, pasir adalah agregat yang sangat dibutuhkan untuk campuran aspal maupun beton semen. Pasir yang digunakan di dalam dunia konstruksi selama ini adalah pasir gunung. Karena, pasir alam tidak mengandung zat garam, dan bisa digunakan untuk campuran semen. Sedangkan pasir laut mengandung zat garam yang dapat mengakibatkan karat pada beton bertulang. Pasir alam adalah material yang tidak terbarui, yang mungkin saja dimasa yang akan datang sulit untuk mendapatkannya, dan walaupun masih ada kemungkinan harganya sudah sangat mahal. Sedangkan pasir laut masih sangat banyak tersedia, karena belum dieksploitasi. Untuk mengantisipasi permasalahan keterbatasan material (khususnya pasir alam) yang mungkin terjadi dimasa yang akan datang, penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang perencanaan campuran panas pada perkerasan jalan dengan menggunakan pasir laut sebagai alternatif pengganti *filler* pada campuran perkerasan jalan. Penulis mencoba meneliti pemanfaatan pasir laut khususnya pada campuran panas

untuk perkerasan jalan. Terutama untuk mengetahui sejauh mana perbandingan penggunaan pasir laut dan abu batu dalam perkerasan jalan campuran panas jenis *Asphalt Trade Binder* (ATB).

Tujuan penelitian

1. Untuk mengetahui nilai stabilitas suatu campuran beton aspal dengan menggunakan material *filler* pasir laut pada campuran panas untuk perkerasan jalan lalu lintas tinggi
2. Untuk mengetahui nilai stabilitas suatu campuran beton aspal dengan menggunakan material *filler* abu batu pada campuran panas untuk perkerasan jalan lalu lintas tinggi.
3. Membandingkan pengaruh pemakaian *filler* pasir laut dengan *filler* abu batu berdasarkan nilai stabilitasnya.

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Sebagai alternatif pengembangan teknologi dalam memanfaatkan pasir laut pada campuran panas untuk perkerasan jalan
2. Menambah khasanah pengetahuan tentang teknologi perkerasan jalan.

Batasan masalah

Mengingat keterbatasan waktu yang dimiliki, maka penelitian di laboratorium ini akan dibatasi pada:

1. Mencari besaran kekuatan nilai stabilitas pada campuran beton aspal menggunakan pasir laut dengan melakukan pengujian standar seperti:
 - a. Pengujian fisik agregate
 - b. Pengujian aspal
 - c. Mix design
 - d. Pengujian stabilitas campuran dengan alat Marshall
2. Kajian ini tidak sampai melakukan analisa anggaran biaya dalam aplikasi di lapangan.
3. Pasir laut yang digunakan adalah pasir laut yang dekat dengan laboratorium (Pantai Muara Karang, Kecamatan Koja, Jakarta Utara).

5. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Aspal, Balai Irigasi, Departemen Pekerjaan Umum Bekasi. Pengujian Marshall pada campuran panas jenis ATB yang menggunakan pasir laut. Selain itu juga dilakukan pengujian material yang meliputi:

1. Pengujian Aspal
 - a. Pengujian Berat Jenis (SNI-06-2441-1991)
 - b. Pengujian penetrasi (SNI-06-2456-1991)
 - c. Pengujian softening point (titik lembek) bitumen metode cincin bola (SNI-06-2434-1991)
 - d. Pengujian daktilitas (kemuluran) bitumen (SNI-06-2432-1991)
 - e. Pengujian titik nyala (SNI-06-2433-1991)
2. Pengujian Agregat
 - a. Pengujian analisa saringan agregat halus (SNI-03-1968-1990)

- b. Pengujian analisa saring agregat kasar (SNI-03-1968-1990)
 - c. Pengujian analisa saringan *filler* (SNI-03-4142-1996)
 - d. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI-03-1970-1990)
 - e. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI-03-1969-1990)
 - f. Pengujian berat jenis dan penyerapan *filler* 9SNI-03-4142-1996)
 - g. Pengujian keausan agregat kasar dengan mesin Los Angeles (SNI-03-2417-1991)
3. Perencanaan campuran aspal panas/Mix design (ASSHTO T.245-74)
Pembuatan benda uji menggunakan komponen campuran terdiri dari aspal, *filler* (abu batu dan pasir laut) dan agregat dengan formula campuran agregat yang didapat dari persentase analisa saringan.
 4. Persentase campuran yang direncanakan adalah:
 - a. *Filler* : 4%
Agregat kasar : 54%
Agregat halus : 42%
Aspal optimum : $0,035 (\% \text{ agregate kasar}) + 0,045 (\% \text{ agregate halus}) + 0,18 (\text{filler}) + 1$
Aspal optimum : $0,035 (54\%) + 0,045 (42\%) + 0,18 (4\%) + 1 = 5,5\%$
 - b. *Filler* : 6%
Agregat kasar : 54%
Agregat halus : 40%
 - c. *Filler* : 8%
Agregat kasar : 54%
Agregat halus : 38%
 5. Jumlah benda uji yang menggunakan *filler* abu batu ada 3 benda uji, begitu juga dengan jumlah benda uji yang menggunakan *filler* pasir laut yang masing-masing persentase campurannya juga menggunakan 3 benda uji.
 6. Pengujian stabilitas aspal beton menggunakan metode Marshall (SNI-06-2484-1991)

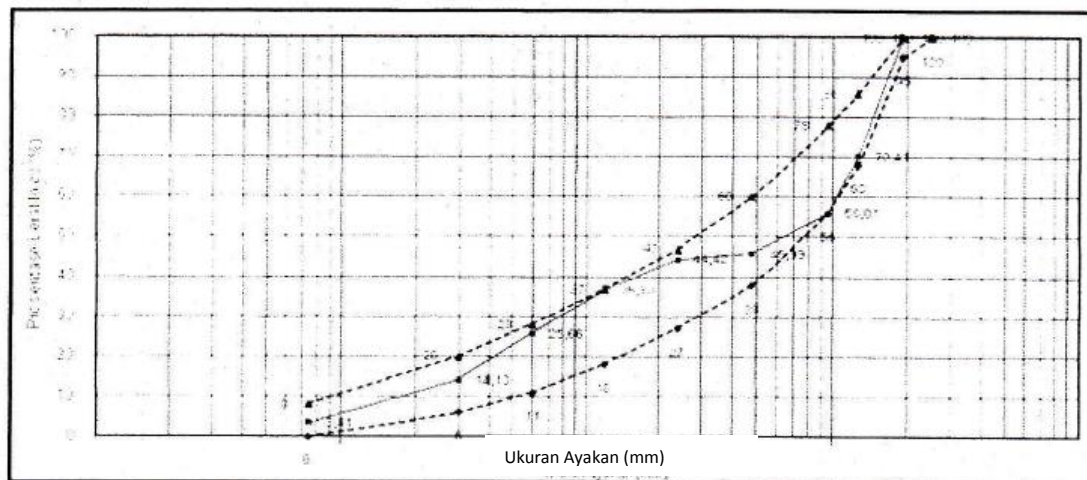
6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian laboratorium yang meliputi Pengujian Fisik Aspal, Pengujian Agregat, maupun hasil analisa saringan *filler* (Pasir laut dan abu batu), memberikan hasil yaitu memenuhi spesifikasi dan memenuhi persyaratan sesuai standar yang digunakan. Hasil perbandingan proporsi campuran dengan spesifikasi pada Tabel 1, didapatkan bahwa proporsi campuran yang direncanakan memenuhi spesifikasi.

Tabel 1. Hasil Perbandingan Proporsi campuran dengan spesifikasi

Spesifikasi Gradasi	25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,074
Split	54%	54,00	54,00	24,41	10,01					
Pasir	42%	42,00	42,00	42,00	42,00	41,99	40,42	32,80	21,66	10,24
<i>Filler</i>	4%	4	4	4	4	4	4	4	4	3,888
Jumlah	100%									
Total campuran	100	100	70,41	56,01	45,99	44,42	36,80	25,55	14,13	3,41

Hasil ini dibuktikan pada dari simulasi lanjutan seperti Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Penggabungan Analisa Saringan Agregat Dengan Spesifikasi

Hasil Pengujian Stabilitas Aspal Beton Menggunakan Cara Marshall

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur dan menentukan ketahanan (Kekuatan) suatu silinder sampel dari hasil campuran perkerasan aspal dengan cara penurunan metode Elastis metode Marshall.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian campuran beton aspal dengan proporsi campuran sebagai berikut:

- Campuran 1 menggunakan agregat kasar 54%, agregat halus 42%, menggunakan *filler* abu batu 4% dan aspal optimum 5,5%
- Campuran 2 menggunakan agregat kasar 54%, agregat halus 42%, menggunakan *filler* pasir laut 4% dan aspal optimum 5,5%
- Campuran 3 menggunakan agregat kasar 54%, agregat halus 40%, menggunakan *filler* pasir laut 6% dan aspal optimum 5,5%
- Campuran 4 menggunakan agregat kasar 54%, agregat halus 38%, menggunakan *filler* pasir laut 8% dan aspal optimum 5,5%

Pengambilan proporsi campuran 1 dan 2 digunakan berdasarkan analisa saringan agregat yang dilaksanakan. Pengambilan proporsi yang sama dimaksudkan untuk membandingkan hasil uji stabilitas Marshall menggunakan proporsi campuran yang sama, dengan menggunakan *filler* yang berbeda (*Filler* abu batu dan pasir laut). Pengambilan proporsi campuran 3 dan 4 digunakan untuk mencari hasil uji Marshall yang terbesar dengan menggunakan *filler* yang sama (Pasir laut).

Penggunaan *filler* 4%, 6%, dan 8%, digunakan berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan. Penggunaan *filler* yang ditetapkan dalam campuran aspal panas yang diijinkan adalah sebesar 4%-8% (SNI-03-4142-1996).

Hasil pengujian stabilitas aspal menggunakan metode Marshall secara umum ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Stabilitas Aspal Beton Menggunakan Alat Marshall

Filler (%)	No.	a	b	C	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
Abu batu 4 %	I	5,5	5,21	1228	1234	721	513	2,394	2,4822	12,1024	83,918	3,98	16,08	75,2558	3,562	94,5	1575,32	1575,32	3,1
	II	5,5	5,21	1268	1279	746	533	2,379	2,4822	12,0277	83,400	4,57	16,60	72,4575	4,158	86	1433,62	1376,28	3,4
	III	5,5	5,21	1146	1150	671	479	2,392	2,4822	12,0959	83,874	4,03	16,13	75,007	3,614	85	1416,95	1615,32	3,7
	Hasil akhir rata-rata													16,27	74,240	3,778			1522,30
Pasir laut 4 %	I	5,5	5,21	1214	1219	709	510	2,380	2,4834	12,0348	83,404	4,56	16,60	72,516	4,147	83	1383,61	1383,61	3,9
	II	5,5	5,21	1228	1236	720	516	2,380	2,4834	12,032	83,385	4,58	16,62	72,416	4,169	75	1250,25	1250,25	3,8
	III	5,5	5,21	1300	1305	757	548	2,372	2,4834	11,9937	83,119	4,89	16,88	71,049	4,474	74	1233,58	1097,89	3,8
	Hasil akhir rata-rata													16,70	71,994	4,263			1243,92
Pasir laut 6 %	I	5,5	5,21	1252	1258	735	523	2,394	2,4844	12,103	83,836	4,06	16,16	74,875	3,644	86	1433,62	1376,28	2,6
	II	5,5	5,21	1315	1322	769	553	2,378	2,4844	12,0224	83,277	4,70	16,72	71,893	4,286	85	1416,95	1261,09	4,7
	III	5,5	5,21	1210	1213	705	508	2,382	2,4844	12,0424	83,416	4,54	16,58	72,613	4,127	73	1216,91	1265,59	3,2
	Hasil akhir rata-rata													16,49	73,127	4,019			1300,98
Pasir laut 8 %	I	5,5	5,21	1275	1282	743	539	2,365	2,4855	11,9594	82,801	5,24	17,20	69,536	4,827	86	1433,62	1333,27	3,3
	II	5,5	5,21	1211	1212	705	507	2,389	2,4855	12,0761	83,609	4,32	16,39	73,673	3,899	88	1466,96	1525,64	3,4
	III	5,5	5,21	1229	1234	724	510	2,410	2,4855	12,1835	84,352	3,46	15,65	77,861	3,044	83	1383,61	1383,61	3,1
	Hasil akhir rata-rata													16,41	73,690	3,923			1414,17

Sumber : Hasil Uji Laboratorium

Keterangan :

a = % Aspal terhadap batuan

g = Berat isi benda uji

$$j = \frac{(100 - b) g}{BJ \text{ agregat}}$$

o = Pembacaan arloji stabilitas

b = % Aspal terhadap campuran

h = Berat jenis maksimum

$$k = \text{Jumlah kandungan rongga (\%)} = 100 - i - j$$

p = Stabilitas (o x kalibrasi alat)

c = Berat (gram)

$$\frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{BJ} + \frac{\% \text{ aspal}}{BJ}}$$

l = Prosen rongga terhadap agregat $100 - j$

q = Stabilitas (o x koreksi benda uji)

d = Berat dalam keadaan jenuh (gram)

e = Berat dalam air

f = Isi (ml) = d - e

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ aspal}}$$

m = Prosen rongga terisi aspal $100 \times i / l$

r = Kelelahan (0,01")

n = Prosen rongga terhadap campuran

$$100 - 100 g/h$$

1. Jumlah kandungan rongga

a. Prosentase rongga diantara butir agregat dalam campuran (VMA)

Prosentase rongga diantara butir agregat dalam campuran yang didapat dari hasil rata-rata pengujian menunjukkan penggunaan *filler* 4% sebesar 16,70%, menggunakan *filler* 6% sebesar 16,49%, dan menggunakan *filler* 8% sebesar 16,41%. Hasil prosentase rongga diantara butir agregat dalam campurannya memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan (Direktorat Jenderal Bina Marga) yaitu minimal 14%.

b. Prosentase rongga terisi aspal (VFB)

Hasil pengujian Marshall rata-rata untuk prosentase rongga terisi aspal menggunakan *filler* pasir laut 4% sebesar 71,99%, menggunakan *filler* 6% sebesar 73,13%, dan *filler* 8% sebesar 73,69%. Ketiga campuran tersebut memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu minimal 63%.

c. Prosentase rongga diantara agregat yang diselimuti aspal (VIM)

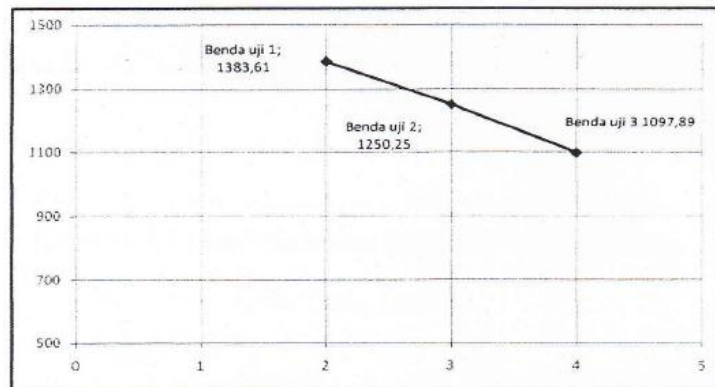
Hasil Rata-rata pengujian Marshall didapat prosentase rongga diantara agregat yang diselimuti aspal menunjukkan penggunaan *filler* 4% lebih besar daripada penggunaan *filler* 6% dan 8%, yaitu berturut turut sebesar 4,263%, 4,019%, dan 3,932%. Ketiga campuran tersebut, hasil prosentase rongga dalam campurannya memenuhi persyaratan yang telah ditentukan yaitu minimal 3,5% dan maksimal 5,5%.

Besar kecilnya prosentase rongga dalam suatu campuran aspal akan mempengaruhi kepadatan campuran tersebut. Jika prosentase rongga dalam campuran lebih kecil daripada spesifikasi, akan menyebabkan keretakan,

tetapi jika rongga dalam campuran besar dari spesifikasi, stabilitas aspal akan berkurang.

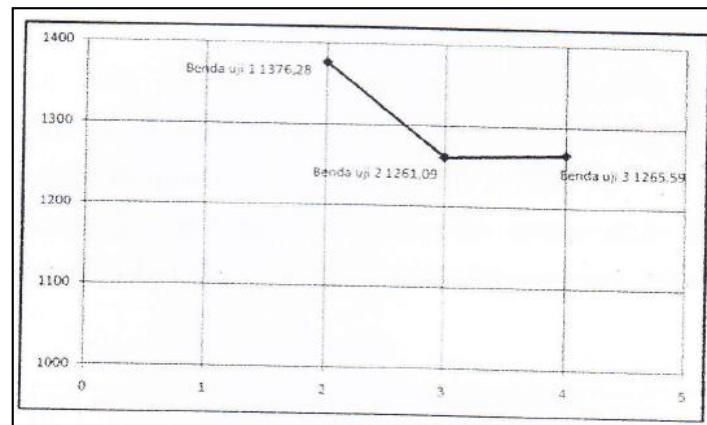
2. Nilai Stabilitas Marshall

- a. Hasil stabilitas Marshall menggunakan *filler* pasir laut 4%. Gambar 2 menunjukkan hasil stabilitas Marshall menggunakan *Filler* Pasir Laut 4%



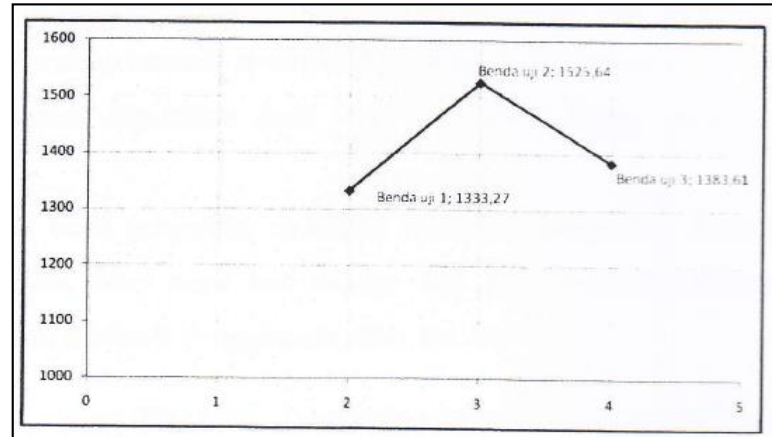
Gambar 2. Hasil Stabilitas Marshall menggunakan *Filler* Pasir Laut 4%

- b. Hasil stabilitas Marshall menggunakan *filler* pasir laut 6%
 Hasil Stabilitas Marshall menggunakan *Filler* Pasir Laut 6% ditunjukkan pada Gambar 3.



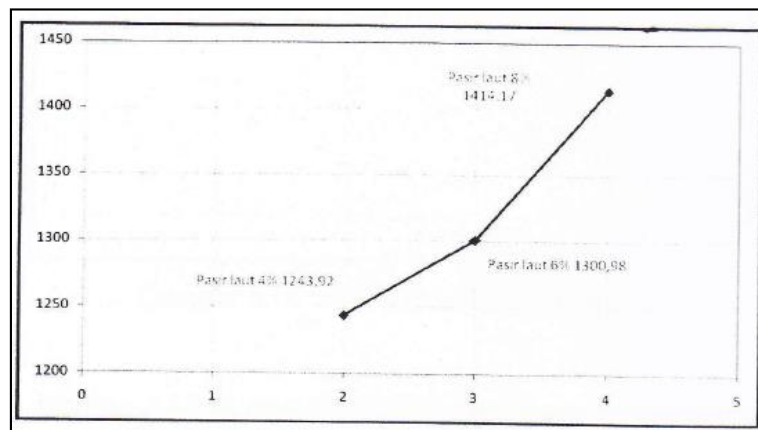
Gambar 3. Hasil Stabilitas Marshall menggunakan *Filler* Pasir Laut 6%

- c. Hasil stabilitas Marshall menggunakan *filler* pasir laut 8%.
 Hasil Stabilitas Marshall Menggunakan *Filler* Pasir Laut 8% ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Stabilitas Marshall Menggunakan *Filler* Pasir Laut 8%

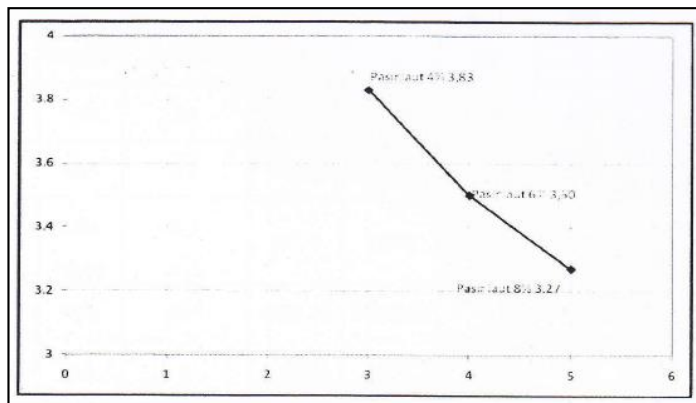
- d. Hasil stabilitas Marshall rata-rata menggunakan *filler* pasir laut 4%,6%,8%.
 Hasil Stabilitas Marshall Rata-rata Menggunakan *Filler* Pasir Laut 4%, 6%, dan 8% ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Stabilitas Marshall Rata-rata Menggunakan *Filler* Pasir Laut 4%, 6%, dan 8%

3. Nilai Kelelahan campuran.

Gambar 6 memperlihatkan nilai kelelahan campuran



Gambar 6. Nilai Kelelahan Campuran

4. Perbandingan nilai rata-rata stabilitas campuran menggunakan *filler* pasir laut dan abu batu dengan spesifikasi seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pengujian Stabilitas Sifat Campuran Menggunakan *Filler* Pasir Laut dan Abu Batu Dengan Spesifikasi

Sifat-sifat campuran		Spesifikasi Laston BC	Hasil Pengujian campuran aspal				Keterangan
			Abu Batu 4%	Pasir Laut 4%	Pasir Laut 6%	Pasir Laut 8%	
Jumlah tumbukan per bidang	Maks	75	75	75	75	75	Sesuai spesifikasi
VMA (%)	Min	14	16,27	16,70	16,49	16,41	Sesuai spesifikasi
VFB (%)	Min	63	74,24	71,994	73,126	73,690	Sesuai spesifikasi
VIM (%)	Min	3,5	3,778	4,263	4,019	3,923	Sesuai spesifikasi
Stabilitas Marshall (Kg)	Maks	5,5					Sesuai spesifikasi
Kelelahan campuran (mm)	Min	800	1522,30	1243,92	1300,98	1414,17	Sesuai spesifikasi
	Min	3	3,40	3,83	3,50	3,27	Sesuai spesifikasi

Hasil stabilitas sifat campuran terhadap rongga di antara butir agregat (VMA) menggunakan *filler* abu batu lebih kecil (16,27%) daripada menggunakan *filler* pasir laut (16,70%), begitu pula jika dibandingkan dengan menggunakan *filler* pasir laut 6% (16,48%) dan 8% (16,41%). Dari hasil ini menunjukkan penggunaan *filler* abu batu lebih baik daripada menggunakan *filler* pasir laut.

Hasil prosentase rongga terisi aspal (VFB) menggunakan *filler* abu batu 4% sebesar 74,24% menggunakan *filler* pasir laut 4% sebesar 71,994%, menggunakan *filler* pasir laut 6% sebesar 73,126% dan menggunakan *filler* pasir laut 8% sebesar 73,69%. Dari

hasil ini didapatkan bahwa prosentase penggunaan *filler* abu batu rongga terisi aspalnya lebih besar daripada *filler* pasir laut, maka perkerasan yang menggunakan abu batu lebih padat dibanding pasir laut.

Pada Tabel 3, dapat dilihat prosentase rongga di antara agregat yang diselimuti aspal (VIM) menggunakan *filler* abu batu lebih kecil daripada menggunakan *filler* pasir laut. Prosentase rongga di antara agregat yang diselimuti aspal pada *filler* abu batu 4%, 6%, 8% yaitu berturut turut sebesar 3,778%, 4,019%, 3,923%.

Hasil stabilitas Marshall yang menggunakan *filler* abu batu lebih besar daripada *filler* pasir laut. Hasil stabilitas Marshall yang menggunakan *filler* abu batu 4% sebesar 1522,30%, *filler* pasir laut 4%, 6%, 8% yaitu berturut turut 1243,92Kg, 1300,98Kg, 1414,17Kg. Hasil ini menunjukkan campuran *filler* abu batu lebih kuat menahan beban lalu lintas daripada *filler* pasir laut.

Hasil pengujian nilai kelelahan campuran yang menggunakan *filler* abu batu 4% sebesar 3,40mm, menggunakan *filler* pasir laut 4%, 6%, 8% yaitu 3,83mm, 3,50mm, 3,27mm. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *filler* abu batu 4% mempunyai nilai kelelahan lebih kecil daripada *filler* pasir laut 4% dan 6%, tetapi lebih besar daripada menggunakan *filler* pasir laut 8%.

Dengan hasil ini dapat diartikan bahwa penggunaan *filler* pasir laut pada campuran panas *asphalt trade binder* untuk perkerasan lentur jalan lalu lintas tinggi dapat digunakan.

7. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Semua bahan yang digunakan dalam penelitian ini (agregat kasar, agregat halus dan aspal keras AC 80/90) memnuhi persyaratan yang telah ditentukan
2. Pemakaian *filler* pasir laut 8%, nilai stabilitasnya lebih besar daripada pemakaian *filler* 6% dan 4%, karena *filler* 8% rongga di dalam aspal semakin kecil dibanding *filler* 6% dan 4%, sehingga mengakibatkan aspal semakin padat.
3. Pemakaian *filler* abu batu nilai stabilitas Marshall nya lebih besar daripada pemakaian *filler* pasir laut, karena *filler* abu batu gradasinya lebih halus (lolos saringan 0,074 sebesar 94,244%) daripada *filler* pasir laut (lolos saringan 0,074 sebesar 85,164).
4. Semakin sedikit *filler* yang digunakan, maka semakin cepat campuran mengalami kelelahan
5. Semakin tinggi prosentase *filler*, semakin banyak pula rongga pada campuran yang terisi oleh aspal
6. Penggunaan *filler* pasir laut pada campuran panas asphalt trade binder untuk perkerasan lentur jalan lalu lintas tinggi nilai stabilitasnya memenuhi spesifikasi yang ditentukan
7. Hasil campuran aspal beton dengan *filler* pasir laut secara teknis dapat dipertimbangkan untuk diterapkan pada lapisan permukaan jalan.

Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan seberapa besar penggunaan *filler* pasir laut yang paling optimal

2. Harus dilakukan pengujian kebersihan pada pasir laut
3. Diperlukan ketelitian dalam pengambilan sampel yang akan digunakan untuk pengujian
4. Diperlukan kehati-hatian dan kecermatan dalam membaca jarum arloji pada saat pengujian stabilitas Marshall dan pengamatan jarum arloji kelelahan.
5. Perlu diperhatikan keamanan pada saat pemanasan dan penguangan aspal panas, karena dapat mengakibatkan kecelakaan fatal
6. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengurangi kandungan garan yang ada pada pasir laut dan menghitung nilai ekonomis penggunaan pasir laut, agar bisa diterapkan di lapangan.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, American Association Of State Highway and Transportation Official, AASHTO T.245-74 (Perencanaan campuran Aspal Panas / Mix design)
- Anonim, 2008, *Panduan Praktikum Teknologi Beton*, Puslitbang SDA Balai Irigasi Departemen Pekerjaan Umum, Bekasi
- Anonim, 1990, *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, SNI 03-1968-1990, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, SNI 03-1969-1990, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, SNI 03-1970-1990, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1991, *Metode Pengujian Keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles*, SNI 03-2417-1991, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1991, *Metode Pengujian Titik Lembek Aspal dan Ter*, SNI 06-2434-1991, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1991, *Metode Pengujian Daktilitas Bahan bahan Aspal*, SNI 06-2432-1991, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1991, *Metode Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan alat Cleveland Open Cup*, SNI 06-2433-1991, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1991, *Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat*, SNI 06-2441-1991, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 1991, *Metode Pengujian Campuran aspal panas dengan alat Marshall*, SNI 06-2484-1991, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Sukirman, S., 1999, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung
- Sukirman, S., 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Jakarta
- Suparma, L.B., 2002, *Teknik Jalan Raya*, Penerbit Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Wignal, A, 1999, *Proyek Jalan*, Penerbit Erlangga, Jakarta