

# PENGUNAAN PASIR BESI SEBAGAI AGREGAT HALUS PADA BETON ASPAL LAPISAN AUS

**Sumarni Hamid Aly**  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin  
Jln. Perintis Kemerdekaan KM 10  
Makassar, 90445  
Telp: (0411) 587636  
marni\_hamidaly@yahoo.com

**Taufik Takdir**  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin  
Jln. Perintis Kemerdekaan KM 10  
Makassar, 90245  
Telp: (0411) 587636  
m\_taufiq\_takdir@yahoo.co.id

## Abstract

Indonesia has the potential of natural resources of iron sand that can be used as pavement materials. Iron sand in South Sulawesi can be found in Takalar, Jeneponto, and Selayar with as many as 3.4 million tons of potential deposit. The purpose of this study is to analyze the characteristics of iron sand in a mixture of fine aggregate used as a wearing course of asphalt concrete mixtures. The characteristics of iron sand meet the specifications of asphalt concrete wearing course. The use of iron sand in the asphalt concrete mixture lowers the value of stability and increase the value of flow. The results of volumetric analysis showed that the use of sand iron reduces the voids in mixture and the voids in mineral aggregates, but increase the voids filled with bitumen. The Residual Strength Index, after immersion in water for 24 hours at a temperature of 60 ° C, indicates that the mixture with iron sand has a lower resistance to changes in weather, temperature, and water.

Key words: iron sand, asphalt concrete wearing course, Marshall's parameters.

## Abstrak

Indonesia memiliki potensi sumber daya alam pasir besi yang dapat digunakan sebagai bahan perkerasan. Pasir besi di Sulawesi Selatan dapat ditemukan di Takalar, Jeneponto, dan Selayar dengan potensi sebanyak 3,4 juta ton. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis karakteristik pasir besi dalam campuran agregat halus yang digunakan sebagai campuran beton aspal lapisan aus. Karakteristik pasir besi memenuhi spesifikasi untuk digunakan dalam campuran beton aspal lapisan aus. Penggunaan pasir besi dalam campuran beton aspal lapisan aus menurunkan nilai stabilitas dan meningkatkan nilai kelelahan. Hasil analisis volumetrik campuran menunjukkan bahwa penggunaan pasir besi yang lebih banyak menghasilkan nilai rongga dalam campuran dan rongga antar agregat yang cenderung menurun tetapi meningkatkan rongga yang tersisi aspal. Indeks kekuatan Sisa, setelah direndam dalam air selama 24 jam pada temperatur 60 ° C, menunjukkan bahwa pasir besi campuran yang menggunakan pasir besi mempunyai daya tahan yang lebih rendah terhadap perubahan cuaca, temperatur, dan air.

**Kata-kata kunci:** pasir besi, beton aspal lapisan aus, parameter Marshall.

## PENDAHULUAN

Konstruksi perkerasan jalan yang sering digunakan adalah konstruksi perkerasan lentur, yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. (Sukirman, 1999, Cana dan Suardi, 2004). Lapisan permukaan perkerasan lentur ini harus kedap air,

memiliki stabilitas yang tinggi, serta memiliki daya tahan selama masa layanan karena langsung menerima beban vertikal dari kendaraan (Departemen Pekerjaan Umum, 1999).

Selama ini bahan yang digunakan sebagai agregat halus pada campuran perkerasan lentur adalah pasir alam, yang umumnya berasal dari sungai. Seiring dengan meningkatnya pembangunan, semakin meningkat pula kebutuhan akan bahan dasar konstruksi perkerasan, sehingga dituntut untuk mencari alternatif lain dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia (Almanar dan Makassan, 2002).

Negara Indonesia kaya akan sumber alam yang dapat memberikan alternatif berupa berbagai jenis pasir, seperti pasir kuarsa, pasir putih, dan pasir besi yang mempunyai sifat dan karakteristik yang memenuhi persyaratan sebagai agregat halus campuran perkerasan lentur atau beton aspal. Pasir besi merupakan bahan tambang yang mempunyai peluang untuk digunakan sebagai material alternatif penyusun beton aspal. Di Sulawesi Selatan, pasir besi dapat ditemukan di beberapa tempat, seperti di Kabupaten Selayar, Jeneponto, dan Takalar, dengan potensi total sekitar 3,4 juta ton.

Hasil analisis kimia yang telah dilakukan menunjukkan bahwa endapan pasir besi di daerah kabupaten Takalar memiliki kadar besi yang lebih dominan daripada kadar titan. Kandungan besi yang tinggi menyebabkan berat jenis pasir besi lebih tinggi dibandingkan dengan pasir alam lainnya. Namun dari segi gradasi atau ukuran butiran, pasir besi lebih halus atau memiliki ukuran butiran yang lebih kecil dibandingkan dengan pasir sungai.

Studi ini bertujuan untuk memeriksa karakteristik agregat pasir besi dan menguji campuran beton aspal (AC-WC) yang menggunakan pasir besi sebagai material agregat halus. Pengujian dilakukan dengan metode Marshall serta menganalisis nilai indeks kekuatan sisa benda uji setelah perendaman.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Pengujian dan Pembuatan Benda Uji

Agregat kasar adalah bahan agregat yang tertahan saringan No. 4 (4,76 mm) berupa batu pecah atau kerikil pecah, sedangkan agregat halus adalah bahan agregat yang lolos saringan No. 4 (4,76 mm). Bahan pengisi untuk bahan campuran beton aspal berupa abu batu yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm). Aspal yang digunakan adalah jenis aspal minyak yang memenuhi spesifikasi Pen 60.

Jenis campuran yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji adalah campuran beton aspal campuran panas (laston) untuk lapisan aus (*wearing course*, AC-WC) dengan spesifikasi gradasi sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1. Masing-masing fraksi agregat diperiksa gradasinya, dan dengan metode *trial and error* didapat komposisi masing-masing fraksi dalam campuran yang memenuhi spesifikasi yang digunakan. Dari komposisi tersebut diperoleh prakiraan kadar aspal awal untuk pasir sungai dan pasir besi adalah 5,5%. Kemudian diambil dua kadar aspal di bawah nilai 5,5% dan dua kadar aspal di atas nilai 5,5%, sehingga kadar aspal yang digunakan untuk penentuan kadar aspal optimum adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Campuran dibuat dengan tiga variasi komposisi agregat halus, yaitu: (1) variasi 1, campuran menggunakan pasir sungai 100%, (2) variasi 2, campuran menggunakan 50% pasir sungai dan 50% pasir besi, dan (3) variasi 3, campuran menggunakan 100% pasir besi. Spesifikasi campuran beton aspal untuk lapisan aus yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 1** Gradasi untuk Campuran Beraspal

Ukuran ayakan		% lolos
1 1/2"	37,5 mm	
1"	25,4 mm	
3/4"	19 mm	100
1/2"	12,5 mm	90 - 100
3/8"	9,50 mm	Maks 90
No. 8	2,36 mm	28 – 58
No. 16	1,18 mm	
No. 30	0,60 mm	
No. 200	0,075 ..	4 – 10
Daerah larangan		
No. 4	4,75 mm	-
No. 8	2,36 mm	39,1
No. 16	1,18 mm	25,6– 31,6
No 30	0,60 mm	19,1– 23,1
No. 50	0,30 mm	15,5

Sumber: Sukirman, 2003

**Tabel 2** Karakteristik Campuran Laston AC-WC

Sifat-sifat campuran	Spesifikasi
Jumlah tumbukan per bidang	75
Rongga Dalam Campuran (VIM) (%)	3,5 - 5,5
Rongga antara agregat (VMA) (%)	Min 15
Rongga terisi Aspal (VFB) (%)	Min 65
Stabilitas Marshall (kg)	800
Kelelahan (mm)	3 - 5
Marshall Quetient (kg/mm)	Min 200
Indeks Kekuatan Sisa, perendaman 24 jam, 60° C (%)	80

Sumber: Sukirman, 2003

## HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Pasir Besi sebagai Agregat Halus

Berat jenis pasir besi lebih besar dibandingkan dengan berat jenis pasir sungai. Nilai berat jenis bulk pasir besi sebesar 4,39 sedangkan berat jenis bulk pasir sungai sebesar 2,5 sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai berat jenis pasir besi ini lebih

tinggi dibandingkan berat jenis pasir sungai karena kandungan Fe yang tinggi pada pasir besi.

Nilai absorpsi pasir besi ternyata lebih rendah dibandingkan dengan nilai absorpsi pasir sungai. Nilai absorpsi pasir besi adalah 1,20% sedangkan nilai absorpsi pasir sungai adalah 2,48%. Keduanya memenuhi persyaratan absorpsi, yaitu kurang dari 3 %.

Baik pasir besi dan pasir sungai memenuhi persyaratan uji *sand equivalent*, yaitu minimum 50 %. Pasir besi mempunyai nilai *sand equivalent* sebesar 98,6 % sedangkan pasir sungai mempunyai nilai untuk pengujian ini sebesar 86,0 %.

**Tabel 3** Hasil Pengujian Terhadap Pasir

Jenis Pasir	Pengujian	Satuan	Hasil	Min	Maks
Pasir Sungai	BJ Bulk	-	2,52	2,5	-
	BJ SSD	-	2,58	2,5	-
	BJ Semu	-	2,68	2,5	-
	Absorpsi	%	2,48	-	3
	<i>Sand Equivalent</i>	%	86,0	50	-
Pasir Besi	BJ Bulk	-	4,39	2,5	-
	BJ SSD	-	4,43	2,5	-
	BJ Semu	-	4,56	2,5	-
	Absorpsi	%	1,20	-	3
	<i>Sand Equivalent</i>	%	98,6	50	-

### Hasil Uji Campuran Agregat

Komposisi masing-masing agregat untuk ketiga variasi campuran AC-WC ditunjukkan pada Tabel 4. Dengan komposisi campuran tersebut dibuat grafik gradasi agregat gabungan. Gradasi agregat gabungan untuk agregat halus pasir sungai dan agregat halus pasir besi memenuhi spesifikasi agregat gabungan untuk campuran AC-WC, dengan grafiknya berada di atas Kurva Fuller. Kurva gradasi agregat gabungan untuk kedua jenis pasir ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

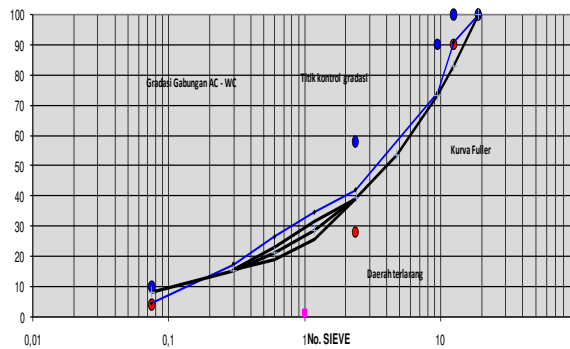
**Tabel 4** Komposisi Agregat Campuran AC-WC

Komposisi	Variasi 1 (%)	Variasi 2 (%)	Variasi 3 (%)
<i>Chipping</i>	55	55	55
Pasir sungai	15	7,5	0
Pasir besi	0	7,5	15
Abu Batu	30	30	30

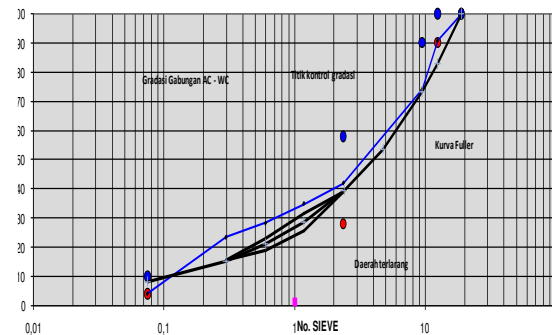
Berat jenis total agregat dan absorpsi setiap jenis variasi campuran disajikan pada Tabel 5. Terlihat bahwa variasi campuran 3 memiliki berat jenis *bulk* terbesar, yaitu 2,80 dengan absorpsi sebesar 0,75%.

**Tabel 5** Berat Jenis dan Absorpsi Agregat

Variasi	BJ Bulk	BJ SSD	BJ Semu	Absorpsi (%)
1	2,61	2,73	2,67	0,88
2	2,70	2,82	2,76	0,82
3	2,80	2,91	2,86	0,75



**Gambar 1** Gradasi Agregat Pasir Sungai



**Gambar 2** Gradasi Agregat Pasir Besi

Terdapat perbedaan pada kedua kurva gradasi agregat gabungan yang terdapat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Kurva pasir besi menjauhi Kurva Fuller pada ukuran saringan 2,36 mm (No. 8). Hal ini diakibatkan oleh ukuran butiran pasir besi yang cenderung seragam, dengan lebih dari 90% lolos saringan berukuran 2,36 mm dan diakumulasikan pada saringan berukuran 0,075 mm (No. 200). Walaupun demikian distribusi agregatnya masih memenuhi persyaratan untuk gradasi campuran AC-WC.

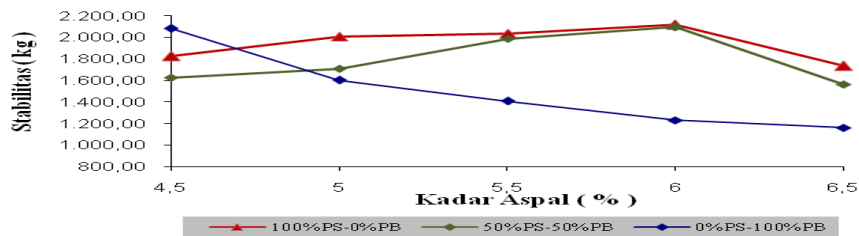
### Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum (KAO) ketiga variasi campuran ditunjukkan pada Tabel 6. Campuran Variasi 1 mempunyai nilai KAO tertinggi, yaitu 5,85 %, diikuti berturut-turut oleh campuran-campuran Variasi 2 dan Variasi 3, dengan masing-masing mempunyai KAO sebesar 5,70 % dan 5,45 %.

### Parameter Uji Marshall

Nilai stabilitas campuran AC-WC yang menggunakan agregat halus pasir besi mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kadar aspal, pada rentang kadar aspal 4,5%-6,5%. Nilai stabilitas maksimum, sebesar 2.081,67 kg, terjadi pada kadar aspal 4,5%.

Penambahan pasir besi, sebagai bagian agregat halus, menyebabkan jumlah media gelincir semakin bertambah, karena permukaan pasir besi yang lebih licin menyebabkan daya lekat terhadap aspal menjadi lebih kecil. Akibatnya stabilitas campuran AC-WC mengalami penurunan, walaupun nilai-nilai stabilitas yang turun akibat penambahan jumlah pasir besi ini masih memenuhi spesifikasi campuran AC-WC, yaitu minimal 800 kg.



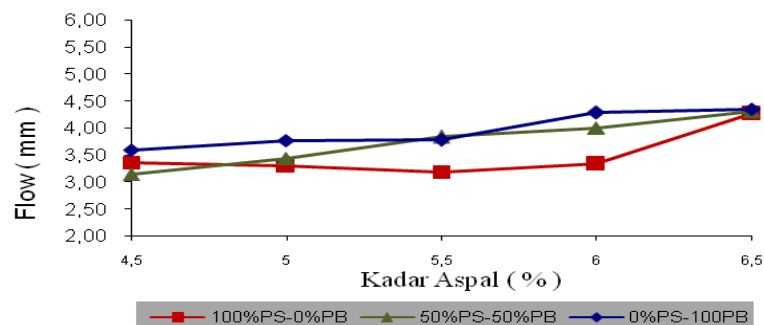
**Gambar 3** Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal

**Tabel 6** Kadar Aspal Variasi Campuran

No. Variasi	Komposisi Campuran Pasir	KAO (%)
Variasi 1	100% Pasir Sungai : 0% Pasir besi	5,85
Variasi 2	50% Pasir Sungai : 50% Pasir besi	5,70
Variasi 3	0% Pasir Sungai : 100% Pasir besi	5,45

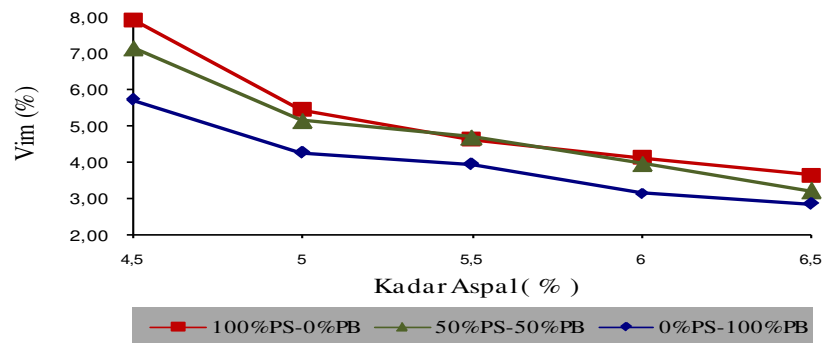
Kelelahan (*flow*) campuran AC-WC yang menggunakan agregat halus pasir besi meningkat dengan meningkatnya kadar aspal. Campuran dengan agregat halus pasir besi mempunyai nilai kelelahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran yang menggunakan pasir sungai.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa kelelahan terbesar terjadi pada kadar aspal 6,5%. Campuran dengan 100 % pasir besi mempunyai kelelahan sebesar 4,35 mm, sedangkan campuran tanpa pasir besi dan campuran yang menggunakan 50% pasir besi, mempunyai kelelahan berturut-turut sebesar 4,32 mm dan 4,27 mm.



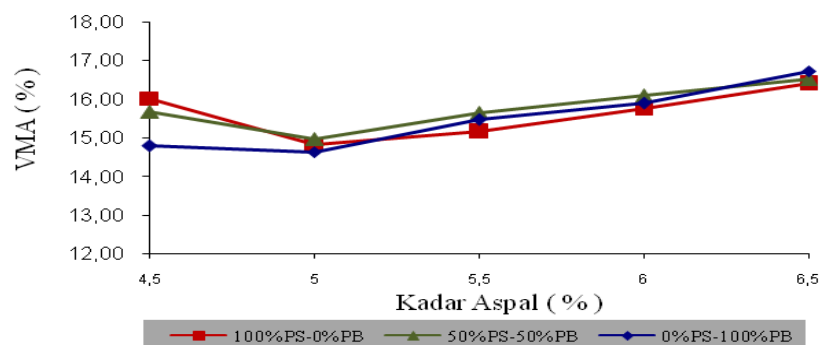
**Gambar 4** Hubungan Kelelahan (*Flow*) dengan Kadar Aspal

Nilai Rongga Dalam Campuran (VIM) akan menurun dengan bertambahnya kadar aspal dan jumlah pasir besi dalam campuran, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Hal ini disebabkan karena pasir besi memiliki rongga yang lebih sedikit dibandingkan dengan pasir sungai. Kondisi ini diindikasikan oleh nilai absorpsi pasir besi lebih kecil dibandingkan nilai absorpsi abu batu dan pasir sungai, sehingga kurangnya pori dalam agregat menyebabkan aspal yang digunakan lebih banyak mengisi rongga di antara partikel agregat.



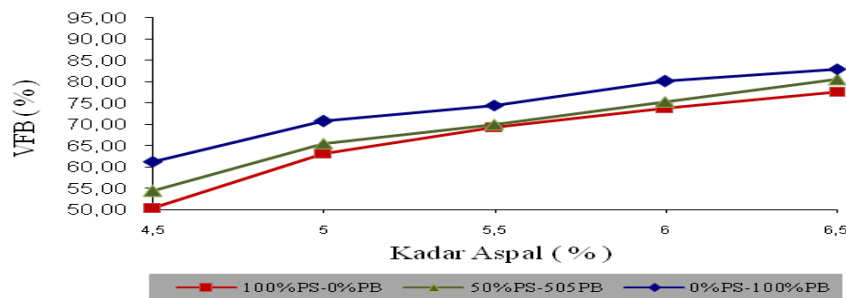
**Gambar 5** Hubungan VIM dengan Kadar Aspal

Campuran yang menggunakan agregat halus pasir besi mempunyai nilai Rongga Antar Agregat (VMA) yang tinggi, seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Hal ini disebabkan karena pasir besi mempunyai sifat fisik yang lebih padat dan memiliki rongga dalam agregat lebih kecil sehingga absorpsi terhadap aspal juga kecil. Jika terjadi penambahan aspal pada campuran yang menggunakan agregat halus pasir besi, aspal tersebut cenderung hanya akan mengisi rongga-rongga di antara partikel agregat sehingga rongga di antara agregat menjadi lebih kecil.



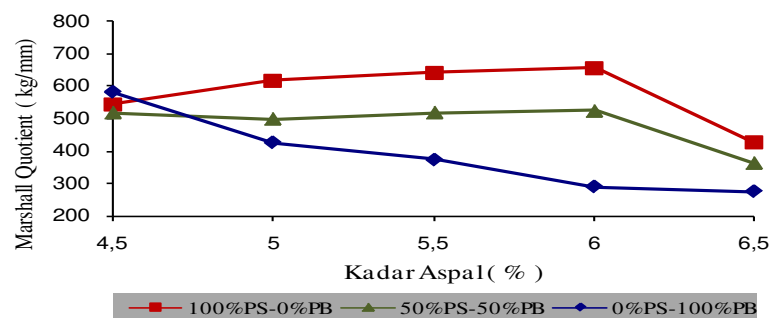
**Gambar 6** Hubungan VMA dengan Kadar Aspal

Nilai Rongga Terisi Aspal (VFB) campuran yang menggunakan agregat halus pasir besi lebih tinggi daripada VFB campuran yang menggunakan agregat halus pasir sungai, seperti ditunjukkan pada Gambar 7. Hal ini disebabkan karena rongga dalam agregat pasir besi lebih kecil sehingga nilai absorpsi aspalnya juga rendah. Tingginya nilai absorpsi pasir sungai menyebabkan banyak aspal yang diserap, sehingga menurunkan nilai VFB. Secara keseluruhan, untuk ketiga variasi campuran, bertambahnya kadar aspal pada campuran meningkatkan nilai VFB.



**Gambar 7** Hubungan VFB dengan Kadar Aspal

Campuran AC-WC yang menggunakan pasir sungai memiliki nilai Marshall Quotient (MQ) yang paling tinggi, dengan nilai MQ maksimum, yaitu 654,31 kg/mm, terjadi pada kadar aspal 6,0 %. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 8. Sedangkan nilai MQ terendah adalah untuk campuran dengan agregat halus pasir besi, yang pada kadar aspal 6,5% sebesar 273,48 kg/mm.

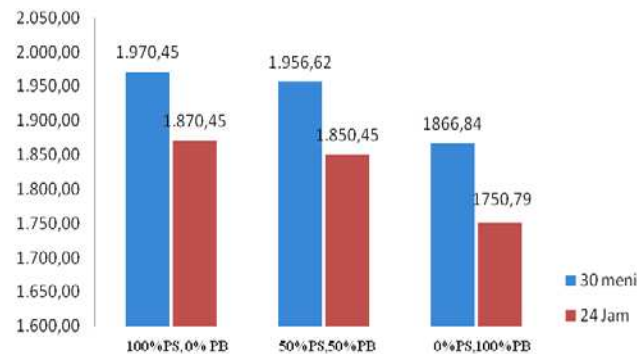


**Gambar 8** Hubungan Marshall Quotient dengan Kadar Aspal



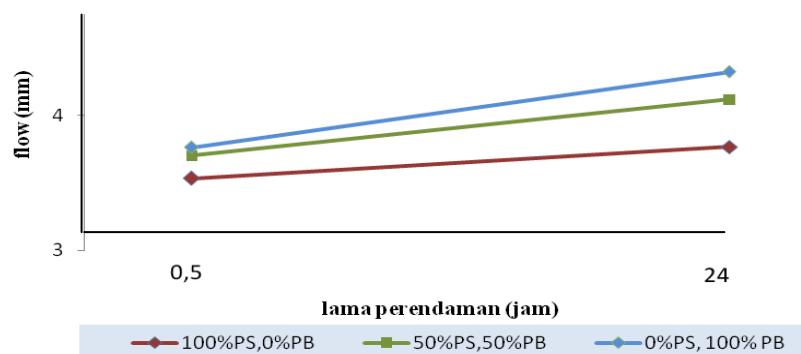
## Pengujian Campuran pada Kadar Aspal Optimum

Gambar 9 memperlihatkan bahwa campuran AC-WC yang menggunakan pasir besi memiliki nilai penurunan stabilitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan pasir sungai. Hal ini menunjukkan bahwa campuran AC-WC dengan pasir sungai lebih tahan terhadap perubahan cuaca, temperatur, dan air. Nilai Indeks Kekuatan Sisa untuk variasi agregat halus 100% pasir sungai, 50% pasir sungai dan 50% pasir besi, serta 100% pasir besi berturut-turut adalah 94,93%, 94,57%, dan 93,78%.



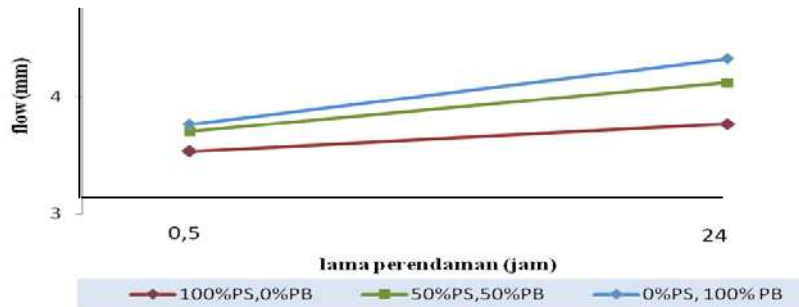
**Gambar 9** Pengaruh Perendaman terhadap Stabilitas

Selain terjadi penurunan stabilitas akibat perendaman, terjadi juga perubahan nilai kelelahan. Nilai kelelahan mengalami peningkatan seiring dengan lamanya perendaman, seperti terlihat pada Gambar 10. Hal ini disebabkan karena perendaman pada temperatur 60° C mengakibatkan aspal menjadi semakin lembek, sehingga kekuatan aspal untuk mengikat agregat semakin berkurang dan campuran lebih mudah mengalami deformasi.



**Gambar 10** Pengaruh Perendaman terhadap Kelelahan

Lama perendaman juga mengakibatkan perubahan nilai kelelahan (flow) seperti ditunjukkan pada gambar 11 dibawah ini. Lama perendamaan adalah 30 menit sampai 24 jam pada suhu 60 derajat.



**Gambar 11** Kurva Nilai Flow Terhadap Lama Perendaman

## KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian penggunaan pasir besi untuk campuran beton aspal lapisan aus ini adalah sebagai berikut:

1. Pasir besi memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai agregat halus yang digunakan dalam campuran beton aspal lapisan aus (AC-WC).
2. Dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat halus pasir sungai, campuran yang menggunakan pasir besi mempunyai stabilitas yang lebih rendah tetapi mempunyai kelelehannya lebih tinggi.
3. Karakteristik volumetrik campuran menunjukkan bahwa semakin banyak penggunaan pasir besi sebagai agregat halus, akan dihasilkan nilai-nilai Rongga Dalam Campuran dan Rongga Antar Agregat yang cenderung menurun sedangkan nilai Rongga Terisi Aspal yang cenderung meningkat.
4. Campuran beton aspal lapisan aus dengan agregat halus pasir besi mempunyai kadar aspal optimum lebih rendah dibandingkan dengan campuran beton aspal yang menggunakan agregat halus pasir sungai.
5. Campuran yang menggunakan pasir besi menghasilkan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) yang lebih rendah jika dibandingkan dengan campuran yang menggunakan pasir sungai, yang berarti campuran yang menggunakan pasir besi mempunyai daya tahan yang lebih rendah terhadap perubahan cuaca, temperatur, dan air.

Penelitian tentang penggunaan pasir besi sebagai agregat halus campuran beton aspal perlu dilanjutkan. Untuk itu disarankan agar dilakukan penelitian lanjutan penggunaan pasir besi ini sebagai bahan alternatif untuk jenis perkerasan yang lain, dengan

menganalisis karakteristik lain yang belum diamati pada penelitian ini, seperti ketebalan film aspal, pengaruh temperatur, dan prosedur pematatan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Almanar dan Makassau, A. 2002. *Studi Karakteristik Debu Batu Gunung Malauwe Kabupaten Enrekang untuk Lapisan Asphalt Treated Base*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Makassar: Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanudin.
- Cana, B. dan Suardi. 2004 . *Studi Penggunaan batu Gunung dan Batu Sungai Sebagai Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal*. Tugas Akhir tidak diterbitkan. Makassar: Program Studi Teknik Sipil Universitas Hasanudin.
- Departemen Pekerjaan Umum. 1999. *Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak, No. 025/T/BM/1999*. Jakarta.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Penerbit Granit.
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Penerbit Nova.

