

# PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BUBUTAN BAJA PADA LAPIS TIPIS CAMPURAN ASPAL PANAS TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

W. Alpha Tora K.<sup>1)</sup> Ary Setyawan<sup>2)</sup>, Djoko Sarwono<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2)</sup><sup>3)</sup>Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : alpha\_tora@yahoo.com

## Abstract

Road is a necessary facility for human being. One of the road pavement which is often seen is limber pavement (asphalt). The continous usage of the road results on damage. The type of maintenance which is usually done is overlay (repeated veneering) on the pavement's surface, but this matter can cause to uncontrolled surface thickness. Therefore, emerge an idea to make thin surface of hotmix asphalt. This thin surface has function to control its surface's thickness. To increase the performance of that thin surface, emerge an idea to give additional material which is lathe-steel waste. Lathe-steel waste is remained material which is seldom used so by using this waste can contribute to decrease the number of those waste in the environment. Besides the various asphalt concentrations which ranged from 4,5% to 6,5%, the usage of this additional material also vary from 1% to 5% (from the total amount of tested-objects mixture) and this object will be tested using Marshall tool. After testing to all the tested-objects, found the optimum concentration of lathe-steel waste addition which is 2,54% at 5,25% asphalt concentration. Compared to normal tested-object (without lathe-steel waste addition), this tested-object had increased stability value, pores and Marshall Quotient but had decreased flow value and bulk density.

**Keywords :** thin surface hotmix asphalt, lathe-steel waste, Marshall

## Abstrak

Jalan merupakan fasilitas yang sangat penting bagi manusia. salah satu jenis perkerasan jalan yang sering dijumpai adalah perkerasan lentur (aspal). Penggunaan jalan yang terus-menerus mengakibatkan munculnya kerusakan jalan. Perawatan jalan yang biasa dilakukan adalah dengan *overlay* (pelapisan ulang) pada lapis perkerasan, namun hal ini berakibat tebal dari lapis tersebut menjadi tidak terkontrol, maka dari itu muncul gagasan untuk membuat lapis tipis campuran aspal panas. Lapis tipis berfungsi untuk mengontrol ketebalan lapis itu sendiri. Untuk meningkatkan kinerja dari lapis tipis tersebut muncul sebuah ide untuk memberikan bahan tambah pada lapis tipis ini, dan bahan tambah yang digunakan adalah limbah bubutan baja. Limbah bubutan baja merupakan bahan sisa yang jarang digunakan, sehingga penggunaannya akan membantu mengurangi limbah tersebut di lingkungan. Disamping variasi kadar aspal yang berkisar antara 4,5%-6,5%, penggunaan bahan tambah ini juga bervariasi antara 1-5% (dari total campuran benda uji) dan benda uji yang dibuat akan diuji menggunakan alat uji *Marshall*. Setelah dilakukan pengujian terhadap seluruh benda uji, didapatkan kadar penambahan limbah bubutan baja optimum sebesar 2,54% pada kadar aspal 5,25%. Dan dibandingkan dengan benda uji normal (tanpa penambahan limbah bubutan baja), benda uji tersebut mengalami peningkatan pada nilai stabilitas, pori dan *Marshall Quotient*, namun mengalami penurunan pada nilai *flow* dan *bulk density*.

**Kata kunci :** lapis tipis campuran aspal panas, limbah bubutan baja, *Marshall*,

## PENDAHULUAN

Jalan merupakan fasilitas yang sangat penting bagi manusia. Salah satu jenis perkerasan jalan yang paling umum digunakan adalah perkerasan lentur. Hampir semua dari total panjang jalan di Indonesia merupakan perkerasan lentur. Sebagaimana struktur perkerasan pada umumnya, perkerasan lentur yang terbebani oleh volume lalu lintas yang tinggi serta pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak bisa terkontrol mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan.

Untuk mengatasi kerusakan tersebut sering dilakukan *overlay* terhadap perkerasan lentur, hal itu menjadi masalah ketika penambahan tebal mengakibatkan tebal perkerasan yang tidak terkontrol. Melihat dari kasus tersebut terciptalah sebuah gagasan untuk membuat suatu lapisan yang lebih tipis atau yang biasa dikenal dengan *Thin Surfacing Hotmix Asphalt* (Lapis Tipis Campuran Aspal Panas). Untuk meningkatkan kinerja perkerasan, munculah suatu gagasan untuk memberikan bahan tambah pada perkerasan yang bertujuan untuk mengatasi masalah kerusakan jalan seperti *freting* (pelepasan agregat), lebih kedap terhadap penetrasi air (*imepermeabilitas*) dan meningkatkan *skid resistance* (safety).

Berdasarkan pemikiran di atas, dipandang perlu diadakan penelitian tentang desain campuran job mix dengan lapis tipis asphalt panas dengan limbah bubutan baja sebagai bahan tambah sehingga dapat diaplikasikan sebagai metode perbaikan/perawatan jalan yang ada di Indonesia.

## DASAR TEORI

*Thin Surfacing HMA* merupakan lapis permukaan yang sangat tipis seperti permukaan dressing dan slurries, lapis permukaan tipis ini memiliki ketebalan dari 30 mm sampai 40 mm (Nicholls, 1998).

Berdasarkan British Broad Agreement HAPAS, tebal dari *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* dibagi menjadi 3 tipe, yaitu:

- Tipe A dengan ketebalan kurang dari 18 mm
- Tipe B dengan ketebalan antara 18 – 25 mm
- Tipe C dengan ketebalan antara 25 – 40 mm

Penelitian ini dilakukan menggunakan limbah bubutan baja sebagai bahan tambah. Limbah bubutan baja yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah bubutan baja dari limbah industri pembubutan baja yang berada di kawasan Ceper, Klaten. Penambahan limbah bubutan baja pada penelitian ini dilakukan dengan menambahkan pada jobmix dengan prosentase 1-5% (interval 1%).

Lapis perkerasan harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga didapat suatu lapisan yang kuat menahan beban, aman dan dapat dilalui kendaraan dengan nyaman. Karakteristik perkerasan dalam penelitian ini dilakukan pengujian yang meliputi pengujian nilai *Marshall*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

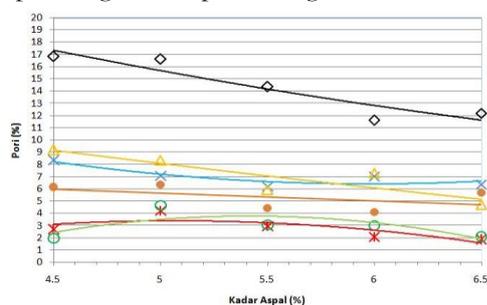
### Hasil Uji Volumetrik Benda

Uji Volumetrik dilakukan untuk mendapatkan nilai densitas, SG mix, dan porositas (disajikan pada tabel 1).

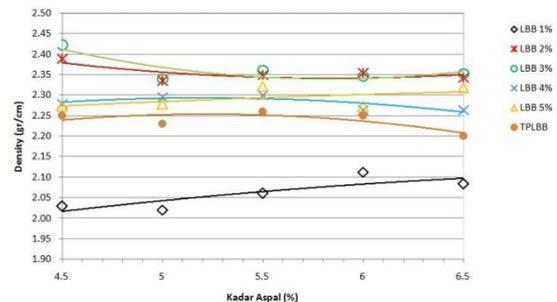
Tabel 1. Hasil Uji volumetrik pada kadar aspal 4,5% dan Limbah Bubutan Baja 1%

No.	Kadar Aspal / Baja	Berat di Udara (gr)	Tebal Benda Uji (cm)	Densitas (gr/cm)	SG (gr/cm <sup>3</sup> )	Porositas (%)
1	4,5% / 1% A	499.70	31.41	2.05	2.44	15.81
2	4,5% / 1% B	500.00	31.55	2.02	2.44	17.32
3	4,5% / 1% C	495.20	31.49	2.02	2.44	17.38
4	5% / 1% A	488.70	31.49	1.97	2.42	18.56
5	5% / 1% B	489.30	30.28	1.99	2.42	17.83
6	5% / 1% C	491.30	30.05	2.07	2.42	14.68
7	5,5% / 1% A	491.50	28.93	2.09	2.41	13.36
8	5,5% / 1% B	493.00	28.89	2.05	2.41	14.86
9	5,5% / 1% C	490.60	28.24	2.07	2.41	13.88
10	6% / 1% A	490.60	27.34	2.12	2.39	11.14
11	6% / 1% B	493.30	27.91	2.10	2.39	12.10
12	6% / 1% C	494.20	27.66	2.11	2.39	11.87
13	6,5% / 1% A	487.80	29.31	2.06	2.37	13.26
14	6,5% / 1% B	483.20	26.98	2.11	2.37	11.15
15	6,5% / 1% C	491.00	26.58	2.12	2.37	10.50

Perhitungan Uji Volumetrik menghasilkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan densitas dan kadar aspal dengan nilai pori sebagai berikut:



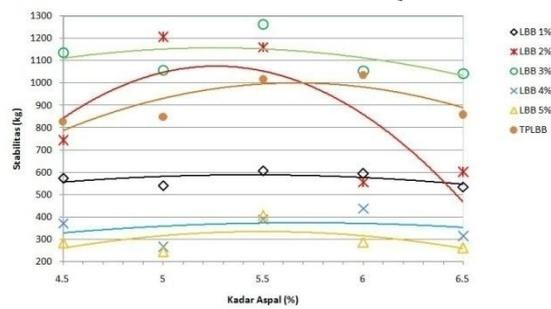
Gambar 1 Hubungan Kadar Aspal dengan Pori



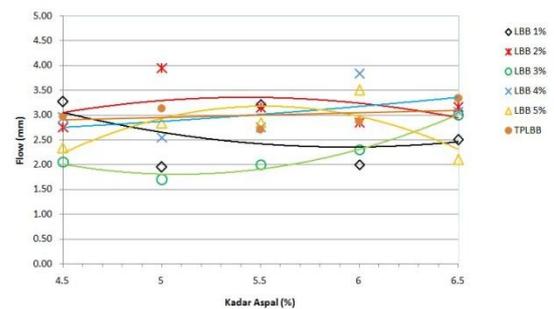
Gambar 2 Hubungan Kadar Aspal dengan Density

## Hasil Pengujian Marshall Benda Uji

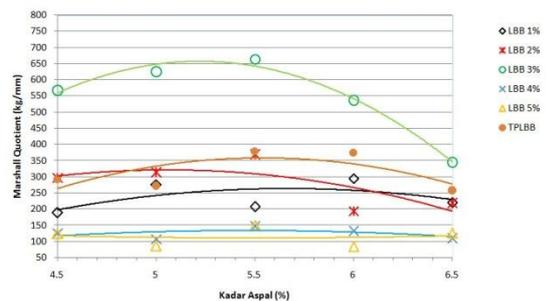
Pengujian Marshall dari keseluruhan benda uji menghasilkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas, nilai flow dan Marshall Quotient



Gambar 3. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas



Gambar 4. Hubungan Kadar Aspal dengan Flow



Gambar 5. Hubungan Kadar Aspal dengan Marshall Quotient

## Hasil Pemeriksaan Kadar Aspal Optimum Pada Penambahan Limbah Bubutan Baja 1%

Untuk mencari besarnya nilai kadar aspal optimum dilakukan perhitungan persamaan regresi hubungan kadar aspal dengan stabilitas sbb :

$$y = -38,5x^2 + 418,3x - 546,3$$

$$y' = 0$$

$$-77,0x + 418,3 = 0$$

$$-77,0x = -418,3$$

$$x = 5,43$$

Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai kadar aspal optimum pada penambahan limbah bubutan baja 1% sebesar 5,43 %.

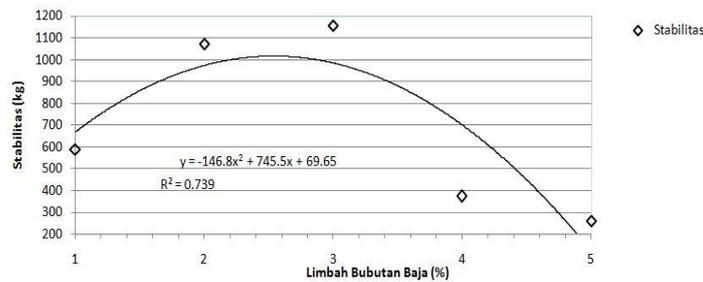
Tabel 2 Kadar Aspal Optimum (KAO) pada setiap penambahan Limbah Bubutan Baja

Penambahan Limbah Bubutan Baja (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
1	5.43
2	5.26
3	5.25
4	5.69
5	5.5

## Penentuan Kadar Penambahan Limbah Bubutan Baja Optimum

Nilai stabilitas pada setiap penambahan limbah bubutan baja (interval 1 – 5%) telah diketahui, maka dapat ditentukan nilai penambahan limbah bubutan baja optimum dari keseluruhan pembuatan jobmix.

Selanjutnya disajikan grafik pada Gambar 6. yang menunjukkan hubungan antara variasi kadar penambahan limbah bubutan baja dengan stabilitas optimum.



Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Limbah Bubutan Baja dengan Stabilitas

### Hasil Pemeriksaan Kadar Penambahan Limbah Bubutan Baja Optimum

Perhitungan penambahan kadar limbah bubutan baja optimum adalah sebagai berikut :

$$y = -146,8x^2 + 745,5x + 69,65$$

$$y' = 0$$

$$-293,6x + 745,5 = 0$$

$$-293,6x = -745,5$$

$$x = 2,54$$

Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan nilai kadar penambahan baja optimum pada interval 1- 5% sebesar 2,54 %

### Penentuan Kadar Aspal Optimum Pada Penambahan Limbah Bubutan Baja Optimum

Kadar penambahan limbah bubutan baja optimum telah diperoleh, maka dapat didapatkan pula kadar aspal optimum dari keseluruhan pembuatan jobmix. Hasil ini didapatkan dengan cara interpolasi dari data keseluruhan hasil pembuatan jobmix.

Tabel 3. Kadar Aspal Optimum pada Setiap Penambahan Limbah Bubutan Baja

Penambahan Limbah Bubutan Baja (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
1	5.43
2	5.26
3	5.25
4	5.69
5	5.5

Kadar limbah bubutan baja optimum sebesar 2,54% terletak diantara kadar aspal optimum 5,26% dan 5,25%, dengan cara interpolasi didapatkan kadar aspal optimum sebesar 5,25%, maka dengan demikian dapat disimpulkan dari keseluruhan pembuatan jobmix diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,25% dan kadar penambahan limbah bubutan baja sebesar 2,54%.

### Hasil Pengujian Benda Uji (Jobmix) dengan Kadar Aspal Optimum serta Penambahan Limbah Bubutan Baja Optimum.

#### Hasil Uji Volumetrik Benda Uji

Uji Volumetrik dilakukan untuk mendapatkan nilai densitas, SG mix, dan porositas. Hasil perhitungan Uji Volumetrik pada kadar aspal optimum dan kadar limbah bubutan baja optimum.

Tabel 4 Hasil Uji Volumetrik Pada Kadar Aspal Optimum dan Kadar Limbah Bubutan Baja Optimum

No.	Kadar Aspal / Baja	Berat di Udara (gr)	Tebal Benda Uji (cm)	Densitas (gr/cm)	SG (gr/cm3)	Porositas (%)
1	Opt 1	492.80	28.39	2.00	2.41	16.96
2	Opt 2	492.80	27.93	1.99	2.41	17.29
3	Opt 3	496.70	28.36	2.03	2.41	15.75

#### Hasil Pengujian Marshall

Hasil uji Volumetrik telah diperoleh, selanjutnya dilakukan pengujian marshall untuk mengetahui karakteristik marshall pada benda uji, yang meliputi densitas, porositas, stabilitas, flow, dan *Marshall Quotient* (MQ).

Tabel 5. Hasil Uji Marshall Benda Uji dengan Kadar Aspal Optimum dan Kadar Limbah Bubutan Baja Optimum.

Prosentase Baja (%)	Stabilitas (kg)	Pori (%)	Flow (mm)	Bulk Density (gr/mm)	Marshall Q (kg/mm)
2,54	1081.84	16.67	2.37	2.01	466.78

**Perbandingan antara Hasil Perhitungan Penentuan Kadar Baja Optimum dengan Hasil Pengujian Benda Uji dengan Kadar Aspal dan Penambahan Limbah Bubutan Baja Optimum.**

Hasil yang diperoleh dari kedua cara tersebut menunjukkan hasil yang baik, baik yang dimaksud adalah adanya kecocokan antara kedua cara tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Hasil Pengujian Jobmix berdasarkan Nilai Stabilitas

Prosentase Baja (%)	Stabilitas (kg)
1	589.90
2	1073.04
3	1155.55
4	374.02
5	261.14

Dari tabel tersebut terlihat bahwa kadar penambahan limbah bubutan baja optimum sebesar 2,54% terletak di antara penambahan limbah bubutan baja 2-3% dan nilai stabilitas sebesar 1081,84 kg terletak diantara nilai stabilitas 1073,04 kg dan 1155,55 kg. Hal ini menunjukkan bahwa perhitungan tersebut cukup baik.

**Perbandingan Antara Hasil Perhitungan Benda Uji Menggunakan Kadar Aspal Dan Penambahan Limbah Bubutan Optimum Dengan Benda Uji Normal (Tanpa Penambahan Limbah Bubutan Baja).**

Tabel 7 Perbandingan Benda Uji Normal dengan Benda Uji Menggunakan Limbah Bubutan Baja.

Nama Benda Uji	Stabilitas (kg)	Pori (%)	Flow (mm)	Bulk Density (gr/mm)	Marshall Q (kg/mm)
Campuran dengan Baja	1077.90	6.95	2.74	2.27	466.78
Normal	999.09	5.23	3.01	2.25	356.97

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa pengaruh yang cukup signifikan terjadi pada stabilitas, pori dan *Marshall Quotient*.

**SIMPULAN**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Kadar baja optimum yang diperoleh dari keseluruhan benda uji adalah sebesar 2,54% pada kadar aspal 5,25%
2. Nilai karakteristik *Marshall* untuk stabilitas, pori, flow, *density* dan *Marshall Quotient* adalah sebagai berikut:
  - a) Stabilitas pada kadar aspal dan kadar penambahan limbah baja optimum mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan benda uji normal (tanpa penambahan limbah bubutan baja), dari 999,09 kg menjadi 1077,90 kg.
  - b) Pori pada kadar aspal dan kadar penambahan limbah baja optimum mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan benda uji normal (tanpa penambahan limbah bubutan baja), dari 5,23% menjadi 6,95%.
  - c) *Flow* pada kadar aspal dan kadar penambahan limbah baja optimum mengalami penurunan jika dibandingkan dengan benda uji normal (tanpa penambahan limbah bubutan baja), dari 3,01 mm menjadi 2,74 mm.
  - d) *Density* pada kadar aspal dan kadar penambahan limbah baja optimum mengalami penurunan jika dibandingkan dengan benda uji normal (tanpa penambahan limbah bubutan baja), dari 2,25 gr/mm menjadi 2,27 gr/mm
  - e) *Marshall Quotient* pada kadar aspal dan kadar penambahan limbah baja optimum mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan benda uji normal (tanpa penambahan limbah bubutan baja), dari 356, 97 kg/mm menjadi 466,78 kg/mm.

## REKOMENDASI

1. Penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan ukuran limbah bubutan baja yang lebih diperhatikan lagi dengan menyaring pada ukuran saringan yang dikehendaki.
2. Penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan gradasi dari Indonesia agar hasil dari penelitian ini dapat diaplikasikan di Indonesia.
3. Penelitian lebih lanjut disarankan untuk melakukan uji *skid resistance* dan pengujian mengenai *friction* agar penelitian ini lebih maksimal.
4. Penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan jenis aspal yang lebih baik kualitasnya agar diperoleh hasil yang maksimal.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terelesaikannya penyusunan penelitian ini berkat dukungan dan doa dari orang tua, untuk itu kami ucapkan terima kasih. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Ir. Ary Setyawan, MSc, PhD dan Ir. Djoko Sarwono, MT, selaku pembimbing yang dengan penuh kesabaran telah memberi koreksi dan arahan sehingga menyempurnakan penyusunan. Rasa terima kasih penulis sampaikan khusus untuk Adhe, Petrich dan Sadu, selaku tim kerja yang pantang menyerah. Pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah berperan dalam mewujudkan penelitian ini secara langsung maupun tidak langsung khususnya mahasiswa sipil UNS 2009.

## REFERENSI

- Cooley (Jr), L. A., and Brown, E. R. (2003). "Potential of Using Stone Matrix Asphalt (SMA) for Thin Overlays". *National Center for Asphalt Technology*, NCAT Report 03-01.
- Suryanto, Ary, (2012). *Pemanfaatan Karet Ban Bekas Sebagai Bahan Tambah Pada Lapisan Aspal Beton Ditinjau Dari Parameter Marshall*, Malang.
- Uzarowski, Ludomir. (2005). *Thin Surfacing - Effective Way of Improving Road Safety within Scarce Road Maintenance Budget*. Annual Conference of the Transportation .Canada.
- Newcomb, D. E., and Hansen, K. R. (2006). *Mix Type Selection for Perpetual Pavements*. *International Conference on Perpetual Pavements*. Columbus, Ohio.
- Prasetyo, Anang, 2013. *Karakteristik Thin Surfacing Hotmix Asphalt Ditinjau dari Nilai Marshall, Kuat Tarik Tidak Langsung, Kuat Tekan Bebas, dan Permeabilitas*, Surakarta.