

## **Pengaruh Penggunaan Sulfur Sebagai Bahan Tambah Aspal Beton Terhadap Kuat Tarik Tidak Langsung dan Deformasi**

Isra uco<sup>1</sup>, Ahmad Firdaus<sup>2</sup>, Winarno Arifin<sup>3</sup>, Andi Alifuddin<sup>4</sup>, Alimin Gecong<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia  
Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231  
Email: <sup>1</sup>iccauco@gmail.com; <sup>2</sup>dausri1996@gmail.com; <sup>3</sup>winarno.arifin@umi.ac.id;  
<sup>4</sup>andi.alifuddin@umi.ac.id; <sup>5</sup>alimin.gecong@umi.ac.id

---

### **ABSTRAK**

Sulfur merupakan elemen yang jumlahnya cukup banyak ditemukan di alam dan masih kurang dalam pemanfaatannya. Sulfur dapat digunakan sebagai pengganti proporsi penggunaan aspal. Sulfur dalam bentuk butiran halus dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran aspal beton. Dengan penambahan sulfur diharapkan mampu meningkatkan tegangan tarik dan mengurangi deformasi pada perkerasan jalan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode percobaan yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya dan Transportasi Universitas Muslim Indonesia. Tujuan percobaan ini untuk menganalisis pengaruh sulfur pada campuran aspal beton terhadap nilai kuat Tarik tidak langsung dan menganalisis pengaruh sulfur pada campuran aspal beton terhadap nilai deformasi. Benda uji dibuat ada 3 (tiga) buah briket untuk masing-masing kadar aspal (15 briket untuk keseluruhan kadar aspal. Setelah didapatkan KAO maka ditentukan perencanaan campuran untuk bahan tambah pembuatan benda uji Indirect Tensile Strength dan wheel tracking, kadar sulfur ditambahkan dengan melakukan pendekatan studi literatur, adapun variasi bahan tambah yang digunakan ialah 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Berdasarkan pengujian Indirect Tensile Strength nilai kuat Tarik tidak langsung 2,5% dengan nilai 7852,46 Kpa dan pengujian Wheel Tracking nilai deformasi tertinggi yaitu pada kadar sulfur 10% dengan nilai 1,61 mm, maka layak digunakan untuk mengurangi deformasi pada perkerasan lentur.

Kata Kunci: Sulfur, aspal beton, kuat tarik tidak langsung, deformasi

---

### **ABSTRACT**

*Sulfur is an element that supports quite a lot found in nature and is still lacking in its utilization. Sulfur can be used as a substitute for the proportion of asphalt use. Sulfur in the form of fine grains can be used as added material in concrete asphalt mixes. With the addition of sulfur, it is expected to increase tensile stress and reduce deformation on pavement. The research method used is the method of experiments conducted at the Highway and Transportation Laboratory of the Indonesian Muslim University. The purpose of this experiment was to analyze the effect of sulfur on asphalt concrete mixtures on the strong values of indirect pull and analyze the effect of sulfur on concrete asphalt mixtures on deformation values There are 3 (three) briquettes for each bitumen content (15 briquettes for overall bitumen content. After the KAO is obtained, the mixed planning for the material is added to the Indirect Tensile Strength test and wheel tracking, the sulfur content is added by approaching). study of literature, as for the variations in added ingredients used are 2.5%, 5%, 7.5%, and 10%. Based on the Indirect Tensile Strength test the strong value of 2.5% indirect attraction with a value of 7852.46 Kpa and the Wheel Tracking test the highest deformation value is at 10% sulfur content with a value of 1.61 mm, it is feasible to be used to reduce deformation on flexible pavement.*

*Keywords: Sulfur, concrete asphalt, indirect pull strength, deformation*

---

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Sulfur merupakan elemen yang jumlahnya cukup banyak ditemukan di alam dan masih kurang dalam pemanfaatannya. Sulfur dapat digunakan sebagai pengganti proporsi penggunaan aspal. Sulfur dalam bentuk butiran halus dapat digunakan sebagai bahan tambah dalam campuran aspal beton. Dengan penambahan sulfur diharapkan mampu meningkatkan tegangan tarik dan mengurangi deformasi pada perkerasan jalan.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti yaitu:

- 1) Bagaimana pengaruh sulfur pada campuran aspal beton terhadap nilai kuat tarik tidak langsung?
- 2) Bagaimana pengaruh sulfur pada campuran aspal beton terhadap nilai deformasi?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini ialah melakukan uji terhadap sulfur dalam pengujian kuat tarik tidak langsung dan deformasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menganalisis pengaruh sulfur pada campuran aspal beton terhadap nilai kuat tarik tidak langsung.
- 2) Menganalisis pengaruh sulfur pada campuran aspal beton terhadap nilai deformasi.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Tinjauan Umum

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah penelitian berbasis laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya dan Transportasi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia (Jl. Urip Sumoharjo Km.05) Makassar.

### 2.2 Bahan Penelitian

- 1) Aspal  
Aspal yang digunakan yaitu aspal minyak penetrasi 60/70 (AC 60/70) produksi Pertamina.
- 2) Agregat  
Agregat alam terdiri dari agregat kasar (tertahan pada saringan no. #4), agregat halus (lolos saringan no. #4 dan tertahan di no. #200 dan *filler* lolos saringan no. #200 / pan) yang diambil dari proses pemecahan batu alam dari daerah Samata kab. Gowa.
- 3) Bahan Tambah  
Sulfur sebagai bahan tambah yang diperoleh dari took inracho:



Gambar 1. Sulfur

### 2.3 Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya Dan Transportasi Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia Alat uji pemeriksa

aspal, (penetrasi, titik lembek, viskositas, titik nyala dan titik bakar, daktilitas, berat jenis), alat uji pemeriksaan agregat (analisa saringan, berat isi, berat jenis, *soundness test*, kelekatan agregat terhadap aspal) alat uji

karakteristik campuran aspal (*marshall test*), alat pengujian kuat Tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) dan alat pengujian deformasi (*Wheel Tracking Test*).

## 2.4 Tahapan Penelitian

### 2.4.1 Persiapan Bahan

Persiapan dan pemeriksaan bahan dilakukan di Laboratorium Jalan Raya dan Transportasi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia.

### 2.4.2 Pengujian Bahan

1. Pengujian Aspal
  - a. Penetrasi aspal keras
  - b. Titik lembek
  - c. Titik nyala titik bakar
  - d. Daktilitas
  - e. Berat Jenis
2. Pengujian Agregat:
  - a. Analisa saringan
  - b. Berat isi
  - c. Berat jenis dan penyerapan
  - d. *Soundness Test*
  - e. Kelekatan Agregat terhadap aspal

### 2.4.3 Rancangan Benda Uji

Rancangan benda uji yang akan dibuat didasarkan pada gradasi agregat campuran yang dipilih, yaitu gradasi campuran yang lolos saringan No. IV (campuran laston AC-WC). Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat ditentukan dengan memvariasikan kadar aspal dari 4,5% - 6,5% dengan tingkat kenaikan 0,5%. Beberapa parameter campuran yang di anjurkan oleh Bina Marga untuk dipenuhi dalam penentuan KAO adalah stabilitas, kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ), rongga udara dalam campuran (VIM) dan rongga terisi aspal (VFA). Benda uji dibuat sebanyak 3 (tiga) buah briket untuk masing-masing kadar aspal (15 briket untuk keseluruhan kadar aspal. Setelah didapatkan KAO maka ditentukan perencanaan campuran untuk bahan tambah pembuatan benda uji *Indirect Tensile Strength* dan *whell tracking*, kadar Sulfur ditambahkan dengan melakukan pendekatan studi literatur, adapun variasi bahan

tambah yang digunakan ialah 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%.

### 2.4.4 Pembuatan Benda Uji

Pada pengujian *Indirect Tensile Strength* ada beberapa tahap yang dilakukan yaitu:

- 1) Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan serta menentukan persentase masing-masing fraksi untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
- 2) Campuran agregat yang telah ditimbang, dituangkan ke dalam wajan lalu dipanaskan sampai mencapai suhu  $\pm 130^{\circ}\text{C}$ . Kemudian dimasukkan dedak padi, lalu aspal dipanaskan sampai mencapai suhu pencampuran, setelah agregat mencapai suhu yang telah dipanaskan kemudian dituangkan ke dalam wajan yang berisi aspal yang telah ditimbang berdasarkan dengan persentase berat total agregat.
- 3) Setelah agregat dituangkan ke dalam aspal, campuran kemudian diaduk sampai rata hingga mencapai suhu  $\pm 150^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam cetakan berukuran 1200 gr.
- 4) Campuran dipadatkan sebanyak 150 tumbukan. Selanjutnya benda uji di dinginkan pada suhu ruang, selanjutnya dikeluarkan dari cetakan dan dibiarkan lagi pada suhu ruang.
- 5) Campuran dimasukkan ke dalam oven selama satu jam dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ . setelah dioven mencapai waktunya dikeluarkan dan campuran diuji dengan alat *Indirect Tensile Strength* untuk melihat kuat tidak langsung yang terjadi pada campuran.

### 2.4.5 Pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung

Setelah dilakukan perlakuan terhadap benda uji yaitu dengan melakukan

## Pengaruh penggunaan sulfur sebagai bahan tambah aspal beton Terhadap kuat tarik tidak langsung dan deformasi

pengujian bahan, maka selanjutnya dilakukan pengujian dengan alat uji *Indirect Tensile Strength*. Hasil pengujian dengan *Indirect Tensile Strength* diperoleh nilai kuat Tarik tidak langsung, *Indirect Tensile Strength (ITS)*, Regangan ( $\epsilon$ ), Modulus Elastis (E).

Untuk mendapatkan nilai *Indirect Tensile Strength*, Regangan, dan Modulus Elastis perlu dilakukan pengolahan data dan juga analisis data sehingga dapat menghasilkan kesimpulan dan hasil data yang lebih akurat

### 2.4.6 Pengolahan Wheel Tracking

Pada pengujian *Wheel Tracking* ada beberapa tahap yang dilakukan yaitu:

- 1) Mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan serta menentukan persentase masing-masing fraksi untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
- 2) Campuran agregat yang telah ditimbang, dituangkan kedalam wajan lalu dipanaskan sampai mencapai suhu  $\pm 130^{\circ}\text{C}$ . Kemudian dimasukkan Sulfur, lalu aspal dipanaskan sampai mencapai suhu pencampuran, setelah agregat mencapai suhu yang telah dipanaskan kemudian dituangkan kedalam wajan yang berisi aspal yang telah ditimbang berdasarkan dengan persentase berat total agregat.
- 3) Setelah agregat dituangkan kedalam aspal, campuran kemudian diaduk sampai rata hingga mencapai suhu  $\pm 150^{\circ}\text{C}$ . Selanjutnya campuran dimasukkan kedalam cetakan berukuran 30x30x5.
- 4) Campuran dipadatkan sebanyak 150 tumbukan. Selanjutnya benda uji di dinginkan pada suhu ruang, selanjutnya dikeluarkan dari cetakan dan dibiarkan lagi pada suhu ruang.

- 5) Campuran dimasukkan kedalam oven selama tujuh jam dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$ . setelah dioven mencapai waktunya dikeluarkan dan campuran diuji dengan alat *Wheel Tracking* untuk melihat deformasi yang terjadi pada campuran.

Setelah dilakukan perlakuan terhadap benda uji yaitu dengan melakukan pengujian bahan, maka selanjutnya dilakukan pengujian dengan alat uji *Wheel Tracking*. Hasil pengujian dengan *Wheel Tracking* diperoleh nilai penurunan deformasi, Total Deformasi (D0), Stabilitas Dinamis (DS), Laju Deformasi (RD).

Untuk mendapatkan nilai Total Deformasi, Stabilitas Dinamis, dan Laju Deformasi perlu dilakukan pengolahan data dan juga analisis data sehingga dapat menghasilkan kesimpulan dan hasil data yang lebih akurat.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Pemeriksaan Material

Pemeriksaan material bertujuan untuk mengetahui apakah material yang digunakan layak atau tidak berdasarkan spesifikasi yang ada.

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah split ukuran 0,5-1 dan 1-2 yang telah melalui pengujian di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Program Studi Sipil. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat kasar dengan menggunakan saringan sesuai dengan Standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3). Prosedur sesuai dengan (AASHTO T-27-74) dan (ASTMC 136-46).

Untuk pemeriksaan agregat kasar pada butiran 1 – 2 memenuhi spesifikasi untuk gradasi menerus maka bisa di pakai dalam pencampuran perkesan jalanraya.

**Tabel 1** Rekapitulasi pemeriksaan material

No	Jenis Pemeriksaam	Split		Abu batu	Aspal	Spesifikasi
		1 – 2	0,5 – 1			
	Formula	15%	29%	56%		
	Ayakan (%lolos)					
1	3/4"	100	100	100		100
	1/2"	66.81	100	100		90-100
	3/8"	16.97	81.32	100		77-90
	No. 4	0.23	22.05	100		53-69
	No. 8	0	2.97	75.90		33-53
	No. 16	0	0	55.30		21-40
	No. 30	0	0	41.10		14-30
	No. 50	0	0	24.00		9-22
	No. 100	0	0	14.60		6-15
	No. 200	0	0	7.60		4-9
	Berat Jenis Agregat					
2	a. Bulk	2.481	2.48	2.592		2.4 – 2.9
	b. SSD	2.600	2.660	2.740		2.4 – 2.9
	c. Apparent	2.599	2.605	2.525		2.4 – 2.9
	d. Penyerapan	1.831	1.907	2.670		≤ 3 %
	Berat Isi					
3	a. Gembur (gr/cm <sup>3</sup> )	1.403	1.442	1.465		1,4 – 1,9
	b. Padat (gr/cm <sup>3</sup> )	1.443	1.470	1.582		1,4 – 1,9
	Sand Equipalent					
4	a. Sebelum pembebanan (%)	-	-	75.28		≥ 60 %
	b. Setelah pembebanan (%)	-	-	71.13		
5	Soundness Test (%)	5.9	6.3	6.0		≤ 12 %
6	Abration Test (%)	24.40	26.80	-		≤ 40
7	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (%)				97	≥ 95 %
8	Penetrasi 25°C;100 gr; 5 detik; 0,1 mm				60	60 – 79
9	Berat Jenis Aspal				1.025	1.0 – 1.16
10	Titik Lembek Aspal (°C)				53.25	≥ 48
11	Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal (°C)				220°	≥ 220
					295°	
12	Daktalitas, 25 °C; cm				152.50	≥ 100

### 3.2 Hasil Pengujian *Marshall Test* Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sebelum dilakukan analisis dari hasil pengujian *Marshall Test*. Terlebih dahulu menghitung karakteristik campuran aspal dengan menggunakan metode *Marshall Test* dari data hasil pengujian laboratorium kemudian didapatkan hasil perhitungan karakteristik *Marshall* dengan 5 variasi kadar aspal yang digunakan yaitu kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. barchart hubungan kadar aspal dengan karakteriktis campuran diambil dari nilai tengah pada grafik yang berdasarakan karakteristik marshall test,

sehingga menghasilkan KAO sebesar 5,9%.

Kadar Aspal Optimum (KAO) pada suatu campuran AC-WC mempengaruhi karakteristik campuran aspal seperti nilai *Density*, *Void In Mix* (VIM), *Void In Material Agregates* (VMA ), (VFA), *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Qoutient*. Dimana *Void In Mix* menurun secara konsisten dengan bertambahnya kadar aspal. VFA secara konsisten bertambah dengan bertambahnya kadar aspal. *Stability* naik dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian turun. *Flow* secara konsisten terus naik dengan bertambahnya kadar

*Pengaruh penggunaan sulfur sebagai bahan tambah aspal beton Terhadap kuat tarik tidak langsung dan deformasi*

aspal. *Marshall Qoutient* bertambah dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian menurun. Nilai kadar aspal optimum (KAO) yang akan digunakan pada

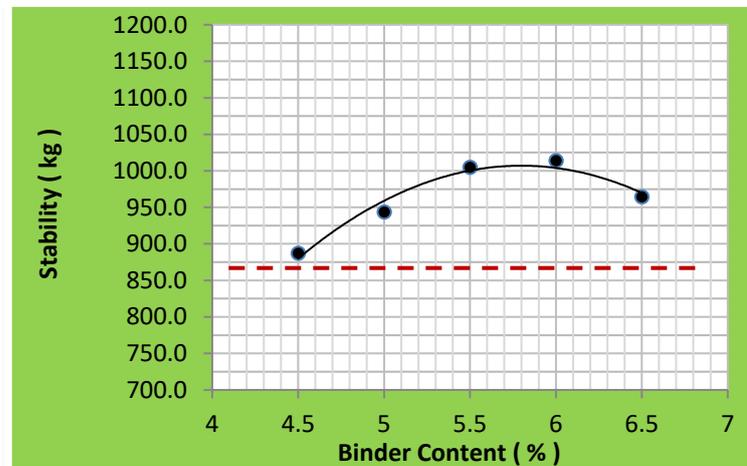
perencanaan campuran AC-WC dengan variasi bahan tambah sulfur dengan variasi kadar sulfur 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dengan menggunakan suhu 30°C.

**Tabel 2** Rekapitulasi pengujian marshall campuran AC- WC pen 60/70 pada kadar aspal optimum (KAO)

Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
	Kadar Aspal; %	4.5	5	5.5	6	
Stabilitas; kg	886.95	943.38	1104.65	1116.55	964.18	800-1800 kg
<i>Flow</i> ; mm	3.03	2.77	2.43	2.40	2.70	Min 2 mm
VIM; %	7.453	6.113	4.075	4.109	3.396	≥ 3%
VFA; %	53.587	61.478	73.335	74.523	79.894	≥ 63%
VMA; %	16.049	15.864	15.076	16.128	16.522	≥ 15%
Density	2.239	2.255	2.288	2.272	2.273	≥2.2 kg/mm <sup>3</sup>
<i>Marshall Quotient</i> ; kg/mm	292.895	342.97	413.096	421.947	366.5	Min 180

**3.3 Hubungan Kadar Aspal terhadap Stabilitas**

*Spesifikasi 800 – 1800 kg*

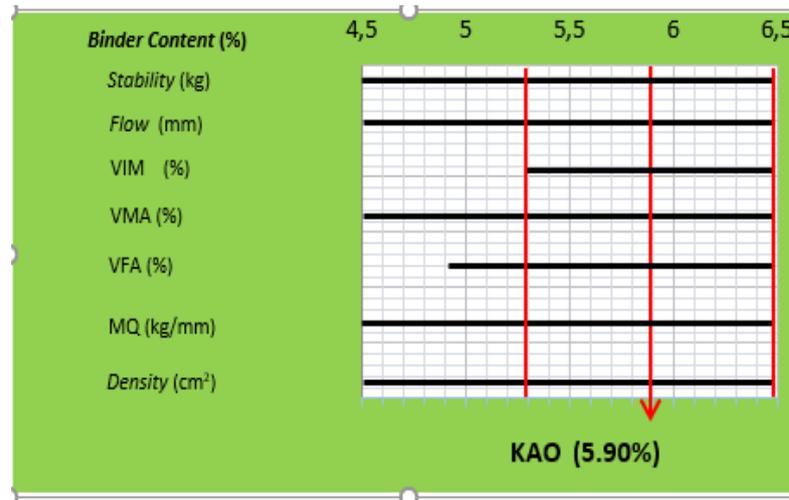


**Gambar 1** Grafik hubungan antara kadar aspal dan stabilitas

Dari hasil gambar grafik 1 dapat di analisis pada campuran kadar aspal mulai dari 4,5% 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% memenuhi spesifikasi. Maka nilai kadar aspal 4,5%,5%5,5%,dan 6% mengalami peningkatan stabilitas . Hal ini di sebabkan karena seiring dengan penambahan kadar aspal menyebabkan aspal dapat memberi daya ikat antar

partikel agregat dengan sangat baik hingga mencapai kadar aspal optimum dan pada campuran kadar aspal 6,5% mengalami penurunan stabilitas disebabkan karena kandungan aspal terlalu tinggi sehingga aspal tidak efektif lagi menyelimuti agregat. Semakin tebal selimut aspal, sifat saling kunci antar agregat menjadi semakin berkurang.

### 3.4 Hubungan Kadar aspal dengan Karakteristik Campuran Aspal



Gambar 2 Grafik Penentuan Nilai KAO

Dari hasil analisis gambar 2 barchart hubungan kadar aspal dengan karakteristik campuran digunakan nilai tengah pada grafik yang memenuhi karakteristik *Marshall Test*, sehingga diperoleh KAO sebesar 5,90%.

### 3.5 Hasil dan Analisis Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Untuk melihat kinerja atau ketahanan menerima beban tarik tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum sebelum putus pada campuran di lakukan tinjauan terhadap tiga parameter yaitu indirect tensile strength (Kpa), regangan ( $\epsilon$ ), dan modulus elastis (E). Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* di tunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3 Hasil pengujian *indirect tensile strength*

Kadar Sulfur (%)	<i>Indirect Tensil Strength</i> (ITS) (Kpa)	Regangan ( $\epsilon$ )	Modulus Elastis $\sigma/(\epsilon)$
0.0	8154,61	0.01457	598,884.117
2.5	7852,46	0.0228	442,201.65
5.0	6433,07	0.02218	289,922.89
7.5	5157,67	0.02503	209302.26
10.0	2979,47	0.02560	118,757.80

Berdasarkan Tabel 3 di atas terjadi perbedaan nilai yang di dihasilkan setelah penambahan kadar Sulfur 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Pada sulfur 2,5% memiliki nilai (7852,46 Kpa) pada saat campuran dengan sulfur

### 3.6 Hasil dan Analisis Pengujian *Wheel Tracking*

Untuk melihat kinerja ketahanan deformasi campuran dilakukan tinjauan terhadap tiga parameter yaitu kedalaman alur atau deformasi dalam satuan mm setelah dilalui sejumlah lintasan, Laju Deformasi (RD, *Rate of Deformation*) dalam satuan mm/menit. Disamping itu juga dapat diukur nilai Stabilitas

*Pengaruh penggunaan sulfur sebagai bahan tambah aspal beton Terhadap kuat tarik tidak langsung dan deformasi*

Dinamis /*Dynamic Stability* (DS) dalam lintasan/mm, Deformasi pada perkerasan jalan lentur, yang biasa disebut (*rutting* dan geser), Alur, biasanya terdiri dari lendutan memanjang pada jalur roda kendaraan, yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$DS = 21 \times \frac{(60 - 45)}{(5.75 - 3.50)} \quad (1)$$

$$DS = 21 \times \frac{(15)}{(2.25)}$$

$$DS = 140$$

$$RD = \frac{(5.75 - 3.50)}{(60 - 45)}$$

$$RD = 0.1500$$

Hasil Pengujian *Wheel Tracking* ditunjukkan pada Tabel 4 dibawah ini:

**Tabel 4** Hasil pengujian dengan wheel tracking machine

Menit	Lintasan	Deformasi (mm)				
		0%	2,5%	5%	7,5%	10%
0	0	0	0	0	0	0
1	21	0.57	0.61	0.29	0.21	0.18
5	105	1.34	1.55	0.99	0.56	0.44
10	210	2.85	2.29	1.56	1.18	0.88
15	315	3.36	2.81	2.03	1.81	1.24
30	630	4.74	4.27	3.23	2.68	2.03
45	945	6.23	5.91	4.56	3.33	2.78
60	1260	8.18	8.12	6.1	5.02	3.72
<b>Total Deformasi (D0) (mm)</b>		3.896	3.65	2.68	2.11	1.61
<b>Stabilitas Dinamis (DS) (lintasan/mm)</b>		646.15	570.14	818.18	745.56	1340.4
<b>Laju Deformasi (RD) (mm/menit)</b>		0.130	0.147	0.103	0.113	0.063

Berdasarkan Tabel 4 di atas terjadi perbedaan nilai yang dihasilkan setelah adanya penambahan kadar dedak padi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Pada tabel di atas campuran kadar sulfur 10% memiliki total deformasi terendah dari kadar yang lainnya, kemudian nilai stabilitas dinamis tertinggi juga terdapat pada campuran dengan kadar Sulfur 10%, dan nilai laju deformasi terendah dihasilkan juga oleh campuran dengan kadar Sulfur 10%. Jadi dari tabel di atas diketahui campuran aspal dengan kadar Sulfur 10% lebih baik dari pada campuran dengan kadar sulfur 0% (normal).

#### 4. Penutup

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh Sulfur sebagai bahan tambah terhadap pengujian kuat Tarik tidak langsung dan

deformasi dapat di simpulkan sebagai berikut:

- 1) Dari hasil analisis dapat di simpulkan bahwa pada variasi campuran dengan menggunakan variasi sulfur hasil pengujian kuat Tarik tidak langsung tertinggi berada pada variasi sulfur 2,5% (7852,46 Kpa) tetapi semakin bertambahnya kadar sulfur semakin memperkecil nilai kuat Tarik tidak langsungnya dan jika di dibandingkan dengan campuran 0% atau normal (8154,61 Kpa) nilai kuat Tarik tidak langsungnya lebih tinggi dibandingkan dengan semua variasi sulfur yang digunakan. Jadi semakin bertambahnya sulfur pada campuran maka semakin memperkecil kuat tarik tidak langsungnya.
- 2) Dari hasil analisis terhadap pengujian wheel tracking dengan

variasi campuran dengan menggunakan variasi sulfur begitupun dengan sampel 0% atau normal. dari hasil pengujian wheel tracking di dapat hasil deformasi terendah berada pada campuran kadar sulfur 10% (1.61 mm). dapat simpulkan semakin bertambahnya kadar sulfur maka semakin memperkecil nilai deformasi atau perubahan bentuknya.

#### 4.2 Saran

- 1) Penelitian ini diharapkan dapat lebih dikembangkan untuk penelitian selanjutnya dengan menggunakan variasi sulfur yang berbeda.
- 2) Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan suhu yang berbeda pada pengujian kuat Tarik tidak langsung.

#### Daftar Pustaka

- AASHTO Design Guide, 2002
- Anonim, 1993, Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other HotMix Types, Manual Series No.2 (MS2), 6th Edition Asphalt Institute.
- Arif Setiawan 2012, Pengaruh sulfur terhadap karakteristik marshall asphaltic concrete wearing course (AC-WC). Universitas Tadulako (UNTAD)
- Anonim, 2010, Divisi 6 Perkerasan Beraspal, Spesifikasi Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, Republik Indonesia, Jakarta.
- Direktorat jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3
- Ahmad Malik. 2010. *Kajian Karakteristik Indirect Tensile Strength Asphalt Concrete Recycle Dengan Campuran Aspal Penetrasi 60/70 dan Residu Oli Pada Campuran Hangat*. Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Nicholls, cliff. 1998. *Asphalt Surfacing*. E & FN Spon, London.
- Destawati Shanti. 2002. *Perbandingan Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Aspal Penetrasi 60 Dan Penetrasi 80*. Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha. Bandung.
- Silvia Sukirman. 2003. *Penyusun Utama Campuran*.
- Standar Nasional Indonesia, SNI 2003, metode pengujian campuran beraspal Panas Dengan Alat Marshall, RSNI M-01-2003, Badan Standar Nasional Indonesia
- Archila (2000) Gambar Deformasi Lapisan Pernukaan Modifikasi
- AASHTO Design Guide, 2002 Gambar Perilaku Deformasi Permanen Terhadap Model Beban
- Asphalt institute*, SP-2, 1996 Gambar ilustrasi Deformasi Permanen Sylvester Saragih, 2013, Sylvester Saragih, 2013
- Bina Marga. 1983. *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston)*
- AASHTO. 1982. *Standart Spesification For Transportation Materials and Method of Sampling and Testing, Part I : Specificat*