

# **PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARET BAN TERHADAP KUAT TEKAN MARSHALL CAMPURAN BETON ASPAL**

Tiara Kusuma Rini<sup>1</sup>, Wahyudi Pratama<sup>2</sup>, Anis Amarwati<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Borobudur

## **ABSTRAK**

Kinerja campuran agregat aspal pada konstruksi perkerasan jalan dicoba untuk ditingkatkan dengan cara memodifikasi campuran aspal sehingga didapatkan perubahan sifat campuran aspal, khususnya pada penetrasi dan titik lembeknya dengan menambahkan bahan tambahan limbah karet ban sehingga diharapkan pada penelitian ini bisa mengurangi kepekaan aspal terhadap temperatur dan keelastisannya.

Penelitian dilakukan dengan jalan membandingkan beberapa campuran aspal yang menggunakan beberapa variasi kadar karet ban pada aspal ( 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% ), serta diteliti juga mengenai perbandingan sifat – sifat campuran, serta ditambahkan variasi kandungan karet pada masing – masing kadar aspal ( 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% ). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh limbah karet ban sebagai bahan aditif terhadap sifat reologi aspal. Pengujian sifat reologi yang dilakukan pada studi ini adalah penetrasi, titik lembek, berat jenis, daktilitas, viskositas, dan marshall test.

## **PENDAHULUAN**

Prasarana jalan memiliki peranan yang sangat penting dalam pembangunan suatu daerah. Hal ini menuntut peningkatan sarana transportasi, baik dari segi kualitas maupun kuantitas sesuai dengan tuntutan perkembangan lalu lintas. Dari segi kualitasnya ternyata dituntut adanya kualitas jalan dengan konstruksi perkerasan yang memadai, yaitu yang memenuhi persyaratan aman, nyaman, dan ekonomis sehingga jalan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya yang harus dapat tahan terhadap cuaca dengan suhu tinggi dan curah hujan yang tinggi.

Dalam beberapa kasus yang terjadi, banyak konstruksi jalan yang mengalami masa kerusakan dalam masa pelayanan tertentu, padahal tujuan akhir adalah tersedianya jalan dengan standar baik sesuai dengan fungsinya

Untuk mencapai tujuan ini, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan umur pelayanan adalah dengan meningkatkan fungsi aspal sebagai

---

<sup>1</sup> Alumni Fakultas Teknik Universitas Borobudur, Jakarta

<sup>2</sup> Alumni Fakultas Teknik Universitas Borobudur, Jakarta

<sup>3</sup> Dosen Fakultas Teknik Universitas Borobudur, Jakarta

bahan pengikat dengan menggunakan bahan tambah / aditif. Dalam hal ini penyusun mencoba untuk menggunakan limbah karet ban yang tidak terpakai lagi.

Menurut Mc Quillen and Hicks, (1987), dibandingkan aspal konvensional, karet memiliki kelebihan yaitu memiliki viskositas yang lebih tinggi pada suhu 60°C, lebih tahan lama dan mempunyai permukaan yang lebih elastis. Adapun tujuan dari bahan tambah adalah untuk dapat mengurangi reflective cracking pada overlay, mengurangi biaya pemeliharaan, meningkatkan ketahanan terhadap cracking dan rutting pada perkerasan baru, meningkatkan skid resistance dan umur perkerasan, serta mengurangi tingkat kebisingan. Berdasarkan hasil penelitian Sugiyanto (2008) penggantian agregat dengan serbuk ban bekas mampu menambah ketahanan campuran aspal terhadap air, sehingga dapat mengurangi kerusakan jalan.

Penggunaan limbah karet ban pada campuran aspal beton untuk mendaur ulang atau memberikan manfaat kembali limbah karet pada karet kendaraan dilingkungan. Limbah karet kendaraan tidak dapat dipakai kembali dan tidak larut didalam tanah maupun air tanah, sehingga sangat membahayakan bagi lingkungan.

Hal diatas mendorong penulis mengambil limbah karet ban sebagai bahan tambah (aditif) karena limbah karet ban yang sangat elastis dan mudah didapatkan disekitar kita. Pada penelitian ini kadar bahan tambah (aditif) sebesar 0%,1%,2%,3%,4% dan 5% dari berat total campuran. Penelitian ini mengacu pada spesifikasi teknis jalan Bina Marga tahun 2009.

## **TUJUAN PENELITIAN**

Penelitian ini bertujuan :

1. Mengetahui pengaruh menggunakan bahan aditif limbah karet ban terhadap beton aspal.
2. Mencari komposisi aspal dengan bahan tambah (aditif)
3. Untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh pemanfaatan limbah karet ban terhadap nilai uji marshall campuran aspal

## **MANFAAT PENELITIAN**

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengujian agregat penyusun campuran aspal
2. Menghasilkan suatu output (hasil) berupa analisis dan pembahasan atas hasil uji terhadap suatu objek penelitian.
3. Menambah pengetahuan sejauh mana limbah karet ban dapat digunakan sebagai perkerasan .
4. Mengembangkan pengetahuan didunia teknik khususnya konstruksi lapisan perkerasan jalan yaitu mengenai karakteristik Marshall.
5. Menambah alternatif pilihan penggunaan bahan perkerasan yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

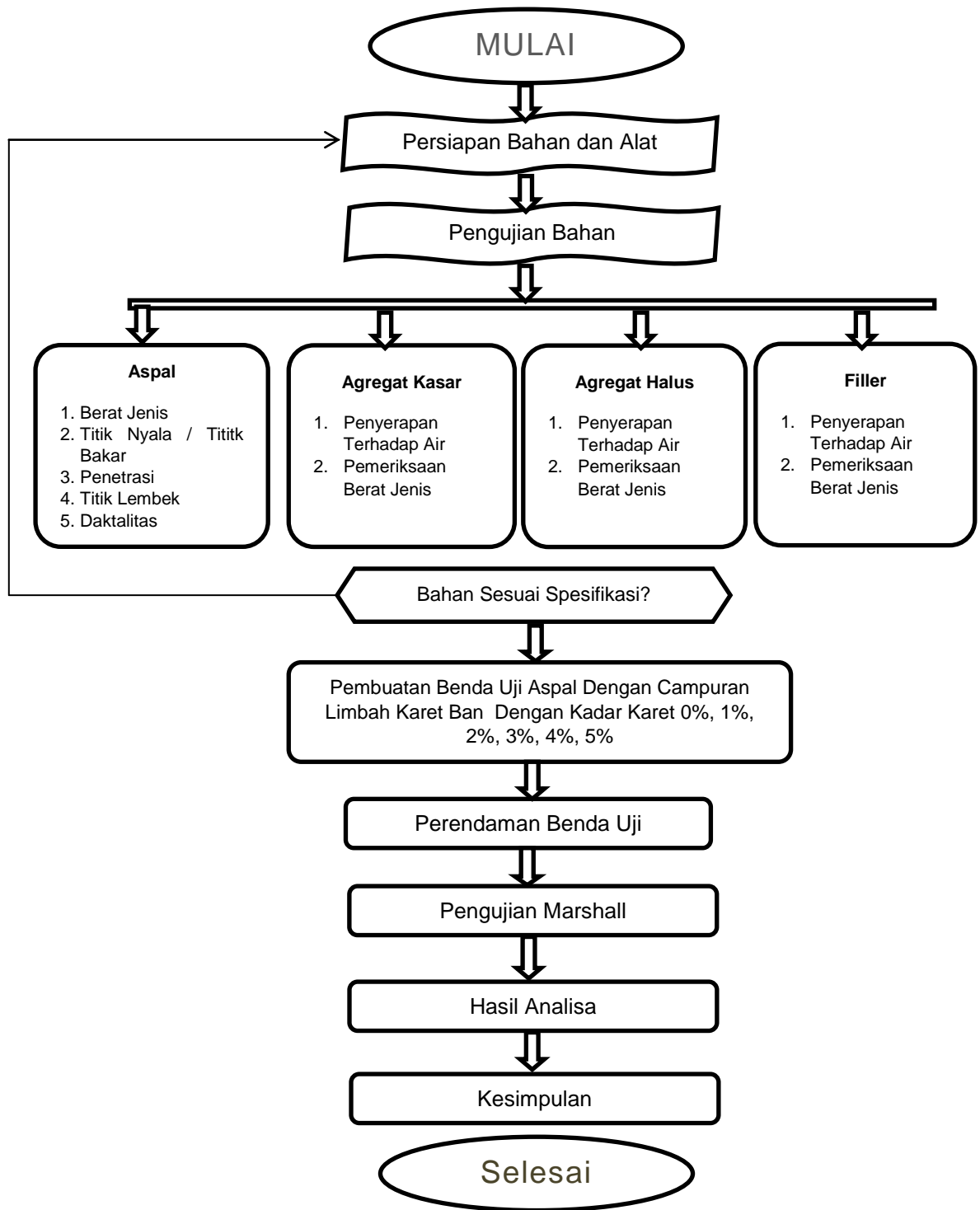
Studi ini secara umum mempunyai maksud dapat memberikan pembelajaran dalam suatu campuran beraspal serta dapat mengetahui pengaruh limbah ban sebagai bahan tambah (Aditif) dalam campuran aspal

## BATASAN MASALAH

Agar pembahasan dalam penelitian ini terarah, maka perlu dibuat batasan masalah. Adapun batasan masalahnya sebagai berikut :

1. Menganalisa beton aspal dengan menggunakan bahan aditif limbah karet ban untuk konstruksi jalan raya dengan rencana komposisi:
  - a. Limbah karet ban 0 % = 0 % x 349,2 = 0 gr karet ban
  - b. Limbah karet ban 1 % = 1 % x 349,2 = 3,49 gr karet ban
  - c. Limbah karet ban 2 % = 2 % x 349,2 = 6,98 gr karet ban
  - d. Limbah karet ban 3 % = 3 % x 349,2 = 10,48 gr karet ban
  - e. Limbah karet ban 4 % = 4 % x 349,2 = 13,97 gr karet ban
  - f. Limbah karet ban 5 % = 5 % x 349,2 = 17,46 gr karet banKomposisi diatas mengkaji penelitian sebelumnya yg di lakukan oleh *Vebby Permata Sari* jurusan tekhnik sipil universitas Sebelas Maret Surakarta dengan "Karakteristik Marshall Campuran Aspal dengan Bahan Aditif Plastik kadar 1 – 5 %.
2. Tinjauan terhadap karakteristik campuran terbatas pada pengamatan terhadap hasil pengujian Marshall.
3. Persyaratan stabilitas, flow, porositas dan densitas berdasarkan revisi SNI 03-1737-1989

## METODE PENELITIAN



Gambar .1. Diagram Penelitian

## HASIL PENELITIAN

### 1. Pemeriksaan Aspal

Tabel .1. Hasil Pemeriksaan Aspal

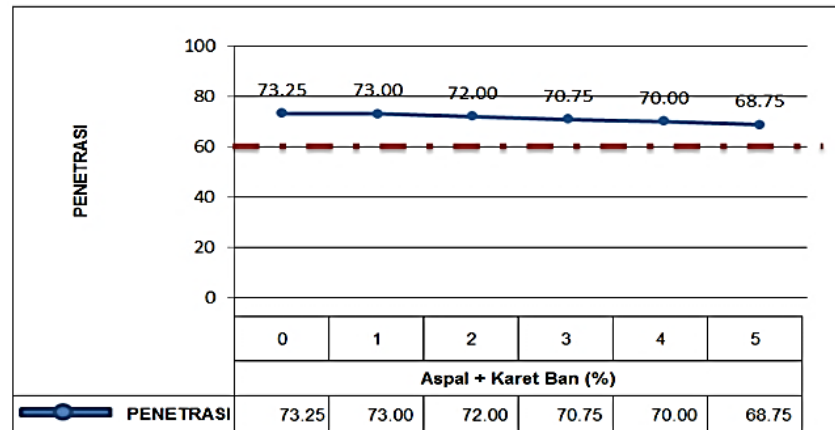
No	Jenis Pemeriksaan	Syarat	
		Min	Maks
1	Penetrasi 25°C	60	80
2	Titik Lembek	46	58
3	Titik Nyala & Titik Bakar	≥ 200	-
4	Daktilitas	≥ 100	-
5	Berat Jenis Aspal	≥ 1	-

#### A. Pengujian Penetrasi

Harus memenuhi spesifikasi persyaratan revisi 03 - 1737 - 1989 yaitu nilai penetrasi minimal 60mm dan maksimal 99mm.

- 1) Aspal + Kadar Limbah Karet Ban 0%  
Hasil pengujian penetrasi aspal + limbah karet ban dengan kadar 0% memiliki tingkat penetrasi 60/80 dengan hasil rata - rata pengukuran 73,25 mm
- 2) Aspal + Kadar Limbah Karet Ban 1%  
Hasil pengujian penetrasi aspal + limbah karet ban dengan kadar 1% memiliki tingkat penetrasi 60/80 dengan hasil rata - rata pengukuran 73mm
- 3) Aspal + Kadar Limbah Karet Ban 2%  
Hasil pengujian penetrasi aspal + limbah karet ban dengan kadar 2% memiliki tingkat penetrasi 60/80 dengan hasil rata - rata pengukuran 72mm
- 4) Aspal + Kadar Limbah Karet Ban 3%  
Hasil pengujian penetrasi aspal + limbah karet ban dengan kadar 3% memiliki tingkat penetrasi 60/80 dengan hasil rata - rata pengukuran 70,75 mm
- 5) Aspal + Kadar Limbah Karet Ban 4%  
Hasil pengujian penetrasi aspal + limbah karet ban dengan kadar 4% memiliki tingkat penetrasi 60/80 dengan hasil rata - rata pengukuran 70mm
- 6) Aspal + Kadar Limbah Karet Ban 5%  
Hasil pengujian penetrasi aspal + limbah karet ban dengan kadar 5% memiliki tingkat penetrasi 60/80 dengan hasil rata - rata pengukuran 68,75mm

Dari hasil percobaan penetrasi aspal dengan limbah karet ban dengan kadar 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% didapatkan grafik sebagai berikut.



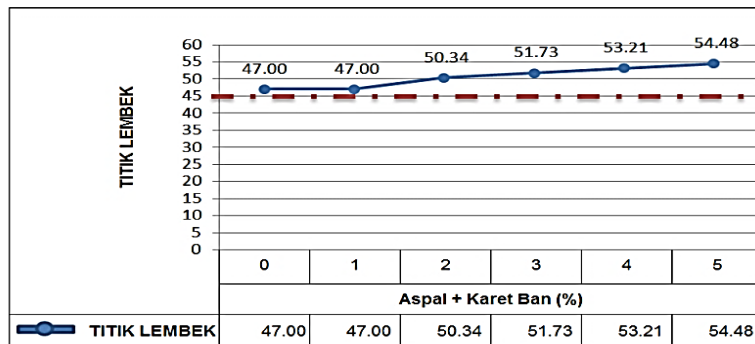
Gambar 2 . Grafik Penetrasi

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa pada setiap penambahan kadar limbah karet ban yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%, nilai penetrasi mengalami penurunan. Sehingga dapat disimpulkan semakin banyak kadar limbah karet ban yang ditambahkan kedalam aspal, maka aspal menjadi semakin keras sehingga penetrasi menurun

## B. Pengujian Titik Lembek Aspal

Nilai suhu titik lembek yaitu 47°C telah memenuhi spesifikasi persyaratan revisi 03 - 1737 - 1989 yaitu nilai titik lembek minimal 46°C dan maksimal 58°C

- 1) Aspal + limbah karet ban 0%  
Hasil pengujian titik lembek untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 0% memiliki titik lembek pada suhu 47°C dengan waktu yang dibutuhkan 364,2detik.
- 2) Aspal + limbah karet ban 1%  
Hasil pengujian titik lembek untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 1% memiliki titik lembek pada suhu 47°C dengan waktu yang dibutuhkan 364,2detik.
- 3) Aspal + limbah karet ban 2%  
Hasil pengujian titik lembek untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 2% memiliki titik lembek pada suhu 50,335°C dengan waktu yang dibutuhkan 399 detik.
- 4) Aspal + limbah karet ban 3%  
Hasil pengujian titik lembek untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 3% memiliki titik lembek pada suhu 51,37°C dengan waktu yang dibutuhkan 437,4 detik.
- 5) Aspal + limbah karet ban 4%  
Hasil pengujian titik lembek untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 4% memiliki titik lembek pada suhu 53,21°C dengan waktu yang dibutuhkan 495 detik.
- 6) Aspal + limbah karet ban 5%  
Hasil pengujian titik lembek untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 5% memiliki titik lembek pada suhu 54,48°C dengan waktu yang dibutuhkan 567 detik.



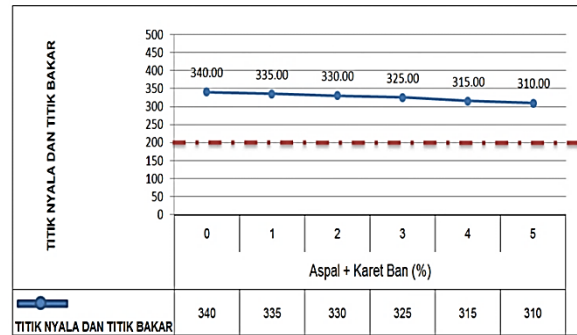
Gambar 3. Grafik Titik Lembek

Berdasarkan gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa pada setiap penambahan kadar limbah karet ban yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%, nilai titik lembek mengalami kenaikan. Sehingga dapat disimpulkan semakin banyak kadar limbah karet ban yang ditambahkan kedalam aspal, maka aspal menjadi semakin lembek sehingga titik lembek naik.

### C. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Nilai suhu titik lembek yaitu 340°C harus memenuhi spesifikasi persyaratan revisi 03 - 1737 1989 yaitu nilai titik bakar minimal  $\geq 200^{\circ}\text{C}$

- 1) Aspal + limbah karet ban 0%  
Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 0% yaitu aspal menyala dan terbakar pada suhu 340°C.  $\geq 200^{\circ}\text{C}$
- 2) Aspal + limbah karet ban 1%  
Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 1% yaitu aspal menyala dan terbakar pada suhu 335°C.  $\geq 200^{\circ}\text{C}$
- 3) Aspal + limbah karet ban 2%  
Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 2% yaitu aspal menyala dan terbakar pada suhu 330°C.  $\geq 200^{\circ}\text{C}$
- 4) Aspal + limbah karet ban 3%  
Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 3% yaitu aspal menyala dan terbakar pada suhu 325°C.  $\geq 200^{\circ}\text{C}$
- 5) Aspal + limbah karet ban 4%  
Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 4% yaitu aspal menyala dan terbakar pada suhu 315°C,  $\geq 200^{\circ}\text{C}$
- 6) Aspal + limbah karet ban 5%  
Hasil pengujian titik nyala dan titik bakar untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 5% yaitu aspal menyala dan terbakar pada suhu 310°C.  $\geq 200^{\circ}\text{C}$



Gambar 4. Grafik Titik Nyala dan Titik Bakar

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa pada setiap penambahan kadar limbah karet ban yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5% suhu titik nyala dan titik bakar mengalami penurunan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kadar limbah karet ban yang ditambahkan kedalam campuran aspal, maka aspal akan menjadi semakin cepat terbakar.

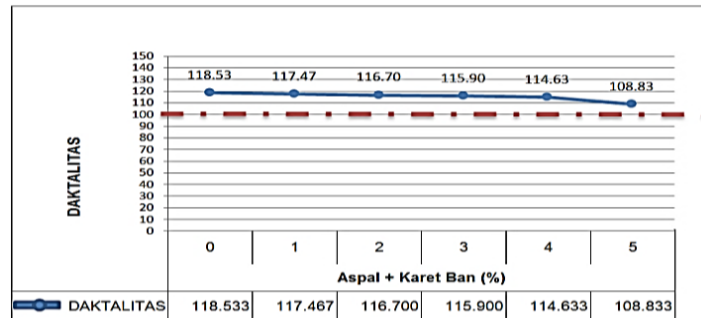
#### D. Pengujian Daktilitas Aspal

Harus memenuhi spesifikasi persyaratan revisi SNI 03 - 1737 - 1989 yaitu dengan nilai daktilitas  $\geq 100$ cm.

- 1) Aspal + Limbah karet Ban 0%  
Hasil pengujian daktilitas untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 0 % yaitu mengalami daktilitas pada penarikan 118,533cm.  $\geq 100$ cm
- 2) Aspal + Limbah Karet Ban 1%  
Hasil pengujian daktilitas untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 1 % yaitu mengalami daktilitas pada penarikan 117,466cm.  $\geq 100$ cm
- 3) Aspal + Limbah Karet Ban 2%  
Hasil pengujian daktilitas untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 2 % yaitu mengalami daktilitas pada penarikan 116,700cm  $\geq 100$ cm
- 4) Aspal + Limbah Karet Ban 3%  
Hasil pengujian daktilitas untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 3 % yaitu mengalami daktilitas pada penarikan 126cm  $\geq 100$ cm
- 5) Aspal + Limbah Karet Ban 4%  
Hasil pengujian daktilitas untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 4 % yaitu mengalami daktilitas pada penarikan 114,633cm  $\geq 100$ cm
- 6) Aspal + Limbah Karet Ban 5%  
Hasil pengujian daktilitas untuk aspal + limbah karet ban dengan kadar 5 % yaitu mengalami daktilitas pada penarikan 126cm  $\geq 100$ cm.

Dari hasil penelitian daktilitas dengan aspal + karet ban dengan kadaran 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% didapatkan grafik sebagai berikut





Gambar 5. Grafik Daktalitas

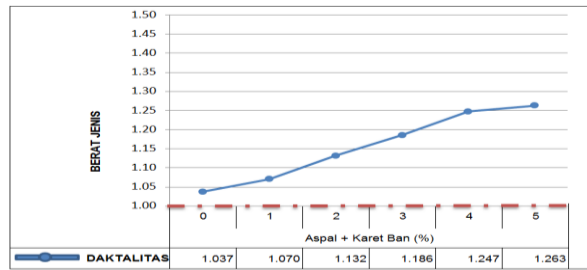
Berdasarkan gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa pada setiap penambahan kadar limbah karet ban yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% daktalitas pada aspal mengalami penurunan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak kadar limbah karet ban yang ditambahkan kedalam campuran aspal, maka aspal akan menjadi semakin cepat mengalami daktalitas pada saat penarikan. Namun sesuai dengan ketentuan Bina Marga yang digunakan, bahwa apabila aspal mengalami daktalitas > 100 cm, maka aspal dinyatakan baik dapat digunakan untuk penelitian

#### E. Pengujian Berat Jenis Aspal

Harus memenuhi spesifikasi persyaratan revisi SNI 03 - 1737 - 1989 dengan nilai berat jenis  $\geq 1$  gr/cc.

- 1) Aspal + Limbah Karet Ban 0%  
Hasil pengujian berat jenis aspal + limbah karet ban dengan kadar 0% yaitu memiliki berat jenis sebesar 1,037gr/cc  $\geq 1$  gr/cc.
- 2) Aspal + Limbah Karet Ban 1%  
Hasil pengujian berat jenis aspal + limbah karet ban dengan kadar 1% yaitu memiliki berat jenis sebesar 1,070gr/cc  $\geq 1$  gr/cc.
- 3) Aspal + Limbah Karet Ban 2%  
Hasil pengujian berat jenis aspal + limbah karet ban dengan kadar 2% yaitu memiliki berat jenis sebesar 1,132gr/cc  $\geq 1$  gr/cc.
- 4) Aspal + Limbah Karet Ban 3%  
Hasil pengujian berat jenis aspal + limbah karet ban dengan kadar 3% yaitu memiliki berat jenis sebesar 1,186gr/cc  $\geq 1$  gr/cc
- 5) Aspal + Limbah Karet Ban 4%  
Hasil pengujian berat jenis aspal + limbah karet ban dengan kadar 4% yaitu memiliki berat jenis sebesar 1,24gr/cc  $\geq 1$  gr/cc.
- 6) Aspal + Limbah Karet Ban 5%  
Hasil pengujian berat jenis aspal + limbah karet ban dengan kadar 5% yaitu memiliki berat jenis sebesar 1,263gr/cc  $\geq 1$  gr/cc.

Dari hasil percobaan berat jenis aspal, dengan aspal + limbah karet ban kadar 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% di dapatkan grafik sebagai berikut



Gambar 6. Grafik Berat Jenis

## 2. Agregat Kasar

Tabel 2. Pemeriksaan Berat jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tempratur : 30°C		Air : 31°C,	Oven : 105°C	Kelembapan : 93 %	
Nomor Pemeriksaan			I	II	
1	Berat Contoh SSD + Keranjang	(gr)	4884	4958	
2	Berat Keranjang	(gr)	443	439	
3	Berat Contoh SSD	(gr)	4441	4519	
4	Berat Contoh + Keranjang dalam air	(gr)	3126	3176	
5	Berat Keranjang dalam air	(gr)	392	389	
6	Berat Contoh dalam air	(gr)	2734	2787	
7	Berat Jenis SSD =	$\frac{(3)}{(3) - (6)}$	2.6016	2.6091	
8	Perbedaan hasil		0.0075		
9	Hasil rata - rata		2.6054		
10	Berat Contoh kering oven + keranjang	(gr)	4770.50	4846.00	
11	Berat Contoh kering	(gr)	4327.50	4407.00	
12	Berat Jenis (bulk) =	$\frac{(11)}{(3) - (6)}$	2.5351	2.5445	
13	Perbedaan hasil		0.0093		
14	Hasil rata - rata		2.5398		
15	Berat Jenis semu =	$\frac{(11)}{(11) - (6)}$	2.7157	2.7204	
16	Perbedaan hasil		0.0047		
17	Hasil rata - rata		2.7180		
18	Penyerapan =	$\frac{(3 - 11)}{(11)} \times 100$	2.623%	2.541%	
29	Perbedaan hasil		0.0008		
20	Hasil rata - rata		2.582%		

### 3. Agregat Halus

Tabel 3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Tempratur : 30°C		Air : 31°C,	Oven : 105°C	Kelembapan : 93 %		
Nomor Pemeriksaan			I	II		
1	Nomor Picnometer			<b>8</b>	<b>9</b>	
2	Berat Picnometer	(gr)	185.7	185		
3	Berat Contoh	(gr)	500	500		
4	Berat Picnometer + Contoh + air	(gr)	990.6	990.4		
5	Berat air	(gr)	304.9	305.4		
6	Berat Jenis SSD =	$\frac{500}{(500) - (5)}$	2.5628	2.5694		
7	Perbedaan hasil			0.0066		
8	Hasil rata - rata			2.5661		
9	Berat Contoh kering oven	(gr)	495.00	495.70		
10	Berat Jenis (bulk) =	$\frac{500}{(500) - (9)}$	2.5372	2.5473		
11	Perbedaan hasil			0.0101		
12	Hasil rata - rata			2.5422		
13	Berat Jenis semu =	$\frac{(9)}{(9) - (5)}$	2.6039	2.6048		
14	Perbedaan hasil			0.0009		
15	Hasil rata - rata			2.6044		
5	Penyerapan =	$\frac{(500 - 9)}{(9)} \times 100$	1.0101%	0.8675%		
6	Perbedaan hasil			0.0014		
7	Hasil rata - rata			0.939%		

#### 4. Filler

Filler yang digunakan untuk pengujian campuran Aspal + limbah karet ban dengan kadar 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%, adalah semen Tiga Roda dengan berat jenis 3,11 Gr

#### 5. Perencanaan Campuran Beton Aspal (Mix Design)

##### A. Analisa Saringan Filler dengan Agregat

Analisa Saringan filler dan agregat yang dibutuhkan untuk perencanaan beton aspal (*Mix Design*). Dengan ukuran saringan yang digunakan yaitu #25, #20, #12.5, #10, #2.5, #1.2, #0.6, #0.3, dan #0.075, maka dilakukan analisa saringan terhadap gradasi split, pasir dan gradasi filler. Data selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4. berikut ini.

Tabel. 4. Analisa Saringan Agregat dan Filler

Penguji							Tanggal	:		
Temperatur	Ruang :	°C,	Air :	°C,	Oven :	°C	Kelembaban :	(%)		
Lokasi	Contoh cara pengisian dan perhitungan.									
Ukuran Ayakan (mm)	Gradasi Spit			Gradasi Pasir			Gradasi Filler (Fly Ash)			
	Berat (gr)	Prosen Tertahan(%)	Prosen Lolos (%)	Berat (gr)	Prosen Tertahan(%)	Prosen Lolos (%)	Berat (gr)	Prosen Tertahan(%)	Prosen Lolos (%)	
25	0		100			100			100	
19	0	0.00	100.00			100			100	
12.5	2684	27.07	72.93			100			100	
9.5	2847	28.71	44.22	0	0	100			100	
4.75	3618	36.49	7.73	2.9	0.49	99.51			100	
2.36	453	4.57	3.16	48.10	8.10	91.41			100	
1.18	0	0.00	0.00	0.00	0.00	91.41	0	0	100	
0.6	0	0.00	0.00	281.70	47.45	43.96	0.00	0.00	100.00	
0.3		0.00	0.00	149.80	25.23	18.73	0.00	0.00	100.00	
0.074		0.00	0.00	108.00	18.19	0.54	12.20	4.00	96.00	
Pan	313	3.16	0.00	3.20	0.54	0.00	292.80	96.00	0	
Jumlah	9915	100.00		593.70	100.00		305.00	100.00		

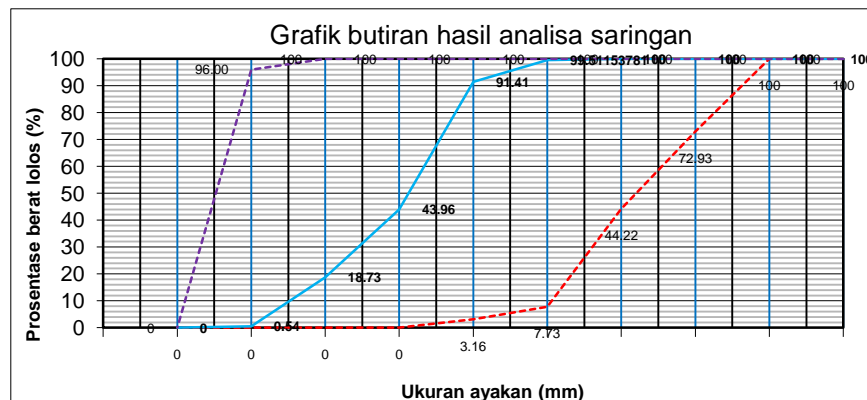
B. *Mix Design* Campuran Beraspal

Selanjutnya data untuk menghitung proporsi campuran, diambil dari hasil analisa saringan pada persentase lolos masing - masing agregat yang digunakan dengan cara menggunakan metode Bina Marga sebagai berikut

Tabel 5. Persentase Lolos Saringan Masing - Masing Agregat

URAIAN	UKURAN SARINGAN									
	1"	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#200
Inc.										
mm	25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,60	0,30	0,074
Split (Agregat Kasar)	100	100	72,93	44,22	7,73	3,16	0,00	0,00	0,00	0,00
Pasir (Agregat halus)	100	100	100	100	99,51	91,41	91,41	43,96	18,73	0,54
Bahan Pengisi (filler)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96,00

Dari data persentase yang lolos saringan pada masing - masing agregat kemudian dibuat grafik untuk menentukan persentase masing agregat yang akan digunakan kedalam campuran beraspal



Gambar7. Grafik Butiran Analisa Saringan

Dari hasil penggabungan pada gambar 7. di dapatkan proporsi campuran :

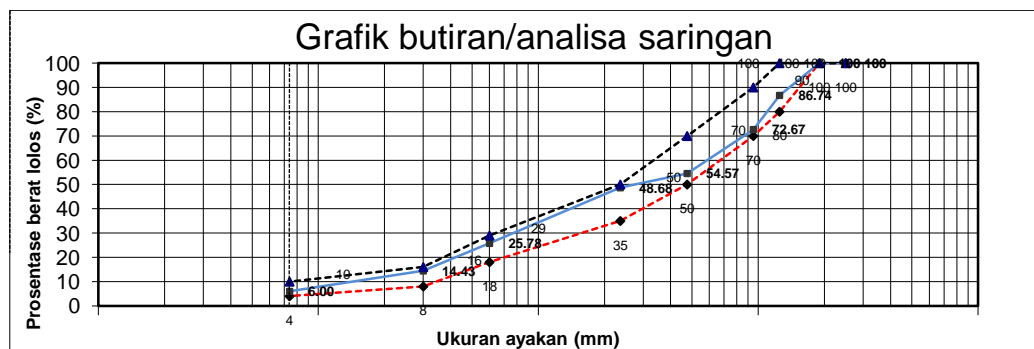
1. Komposisi Split = 49 %
2. Komposisi Pasir = 45 %
3. Komposisi Filler = 6 %

Dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini :

Tabel 6. Proporsi Campuran Filler dan Agregat

Kontrol campuran										
Split	49.0%	49.00	49.00	35.74	21.67	3.79	1.55			
Pasir	45.0%	45.00	45.00	45.00	45.00	44.78	41.13	19.78	8.43	0.24
Filler	6.0%	6	6	6	6	6	6	6	6	5.76
Jumlah	100.0%									

Sehingga didapatkan grafik butiran/analisa saringan campuran untuk campuran beraspal adalah sebagai berikut :



Gambar 8. Hasil Grafik *Mix Design*

### C. Aspal Optimum

Banyaknya Aspal Optimum (ASOP) yang akan digunakan dalam campuran diperoleh dari perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Aspal Optimum} = (0,035 \times \% \text{split}) + (0,045 \times \% \text{pasir}) + (0,18 \times \% \text{Filler}) + K$$

Dimana K adalah Konstanta dengan nilai = 1.

$$\begin{aligned} \text{Maka nilai aspal optimum untuk desain campuran / Mix Design adalah} \\ = (0,035 \times 49\%) + (0,045 \times 47\%) + (0,18 \times 6\%) + 1 \\ = 5,82 \% \text{ Aspal} \end{aligned}$$

### 6. Pengujian Marshall

#### A. Aspal + ban 0%

Hasil untuk pengujian Marshall pada aspal normal dapat dilihat pada tabel7. yang didapat dari perhitungan sebagai berikut.

Kolom a : % aspal terhadap batuan = 5,82% didapat dari perhitungan aspal optimum

Kolom b : aspal terhadap campuran = 5,50%

Kolom c : Berat isi benda uji (gram)=1026,4 gram (dari hasil penimbangan)

Kolom d :Berat dalam keadaan jenuh = 1032,2 gram (dari hasil penimbangan)

Kolom e : berat dalam air = 588,7 gram ( dari hasil penimbangan)

Kolom f : isi benda uji (Volume) = berat keadaan jenuh – berat dalam air  
= 443,50 m<sup>3</sup>

Kolom g : kepadatan (*Density*) =  $\frac{\text{Berat benda uji}}{\text{isi benda uji (volume)}} = \frac{1026,4}{459} = 2,32\text{gr/cc}$

Kolom h : berat jenis maksimum  $= \frac{100}{\left(\frac{\% Split}{Bj Split} + \frac{\% Pasir}{Bj Pasir} + \frac{\% Filler}{Bj Filler}\right) + \frac{\% Aspal}{Bj Aspal}}$

$= \frac{100}{\left(\frac{49\%}{2,45} + \frac{45\%}{2,54} + \frac{6\%}{3,12}\right) + \frac{5,82\%}{1,0373}} = 2,21 \text{ gr/cc}$

Kolom i : Rongga dalam Aspal  $= \frac{\% Aspal \text{ terhadap campuran} \times Density}{Bj Aspal}$

$= \frac{5,50\% \times 2,26}{1,0373} = 12,32$

Kolom j : Rongga dalam Agregat  $= \frac{(100 - \% Aspal \text{ terhadap campuran}) \times Density}{Bj Agregat}$

$= \frac{100 - 5,50}{(2,45 + 2,54 + 3,12)} = 40,58\%$

Kolom k : Jumlah kandungan rongga (%) = 100 – rongga dalam aspal–  
Rongga dalam Agregat  $= 100 - 11,67 - 40,58$   
 $= 47,11\%$

Kolom l : Persen rongga terhadap agregat = 100 – rongga dalam agregat  
 $= 100 - 40,58\%$   
 $= 59,42\%$

Kolom m : Persen rongga terisi aspal(VIB) = 100 x rongga dalam aspal /  
Rongga terhadap agregat  $= 100 \times (12,32 / 59,32)$   
 $= 20,80\%$

Kolom n : Persen rongga terhadap campuran = 100 – (100 x Density berat jenis  
maksimum) = 100 – ((100 x  
2.32)/2.21)  
 $= 3,25\%$

Kolom o : Pembacaan arloji stabilitas = didapatkan dari pembacaan alat Marshall  
 $= 55,8$

Kolom p : Stabilitas = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi  
 $= 55,8 \times 16,65 = 929,07$

Kolom q : Stabilitas marshall x korelasi benda uji  $= 516,5 \times \text{angka korelasi}$   
 $= 1010,49 \text{ kg}$

Kolom r : Kelelehan (*Flow*) di dapatkan dari pembacaan alat Marshall = 2,78

1) Aspal + Limbah Karet Ban 0%

Untuk perhitungan Marshall pada aspal + Limbah karet ban 0% menggunakan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya sehingga hasilnya dapat di tabelkan sebagai berikut

Tabel 7 Hasil Pengujian Marshall + Limbah Karet Ban 0%

NO.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	5.82	5.50	1039.00	1045.00	586.00	459.00	2.26	2.21	12.00	39.53	48.47	60.47	19.85	2.31	58.00	965.7 0	1100. 90	3.50
II	5.82	5.50	1072.00	1078.00	604.00	474.00	2.26	2.21	11.99	39.50	48.51	60.50	19.82	2.22	55.00	915.7 5	998.1 7	3.70
III	5.82	5.50	1037.00	1044.00	586.00	458.00	2.26	2.21	12.01	39.54	48.45	60.46	19.86	3.60	57.00	949.0 5	1081. 92	4.70
IV	5.82	5.50	977.00	982.00	602.50	379.50	2.57	2.21	13.65	44.96	41.39	55.04	24.80	3.50	56.00	932.4 0	1165. 50	4.80
V	5.82	5.50	1007.00	1012.00	565.00	447.00	2.25	2.21	11.94	39.34	48.71	60.66	19.69	4.60	53.00	882.4 5	705.9 6	3.20
Rata - Rata	5.82	5.50	1026.40	1032.20	588.70	443.50	2.32	2.21	12.32	40.58	47.11	59.42	20.80	3.25	55.80	929.0 7	1010. 49	3.98

**KETERANGAN:**

- a = % aspal terhadap batuan (di dapat dari perhitungan aspal Optimum)  
 b = % aspal terhadap campuran= (berat benda uji / (nilai aspal + 6000) x100%  
 c = Berat isi benda uji dalam keadaan kering (gram)  
 d = Berat isi benda uji dalam keadaan jenuh (gram)  
 e = Berat contoh dalam air (gram)  
 f = Isi contoh (ml.) = berat keadaan jenuh - berat dalam air (d-e)  
 g = Kepadatan (density) = (berat benda uji / isi benda uji) = (gr/cc)  
 h = Berat jenis maksimum (teoritis)

$$\frac{100}{\left(\frac{\% Split}{Bj Split} + \frac{\% Pasir}{Bj Pasir} + \frac{\% Filler}{Bj Filler}\right) + \frac{\% Aspal}{Bj Aspal}}$$

- l = Rongga dalam aspal (% Aspal terhadap campuran x Density / Berat Jenis aspal) (gr/cc)  
 j = Rongga dalam agregat (100 - % Aspal terhadap campuran) x Density / Berat Jenis agregat) (gr/cc)  
 k = Jumlah kandungan rongga (%) = (100 - rongga dalam aspal - rongga dalam aspal) = (100 - i - j)  
 l = Persen rongga terhadap agregat = 100 - rongga dalam agregat = (100 - j)  
 m = Persen rongga terisi aspal = (100 x rongga dalam aspal / rongga terhadap agregat) = (100 x l / j)  
 n = Persen rongga terhadap campuran=(100 -(100 x density / berat jenis maksimum) =(100)-(100.g/ h)  
 o = Pembaca arloji stabilitas (di dapatka dari pembaca alat Marshall)  
 p = Stabilitas = Pembaca arloji stabilitas x kalibrasi profing ring) = (o x kalibrasi alat = 16,65)  
 q = Stabilitas = (Stabilitas Marshall x korelasi benda uji) = (kg)  
 r = Kelelahan (flow) = didapatkan dari pembacaan alat Marshall



2) Aspal + Limbah Karet Ban 1%

Untuk perhitungan Marshall pada aspal + Limbah karet ban 1% menggunakan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya sehingga hasilnya dapat di tabelkan sebagai berikut.

Tabel 8. Hasil Pengujian Marshall + Limbah Karet Ban 1%

NO.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	5.82	5.50	1075.00	1040.00	584.00	456.00	2.36	2.21	12.50	41.17	46.33	58.83	21.25	2.10	54.00	899.10	980.02	4.20
II	5.82	5.50	989.00	986.00	555.00	431.00	2.29	2.21	12.17	40.08	47.76	59.92	20.30	3.72	58.00	965.70	1052.61	3.50
III	5.82	5.50	1058.00	1040.00	582.00	458.00	2.31	2.21	12.25	40.34	47.41	59.66	20.53	4.41	60.00	999.00	1088.91	3.40
IV	5.82	5.50	1050.00	1057.00	594.00	463.00	2.27	2.21	12.02	39.61	48.37	60.39	19.91	2.50	57.90	964.04	1050.80	4.20
V	5.82	5.50	1078.00	997.00	560.00	437.00	2.47	2.21	13.08	43.08	43.84	56.92	22.98	3.67	58.30	970.70	1058.06	3.90
Rata - Rata	5.82	5.50	1050.00	1024.00	575.00	449.00	2.34	2.21	12.40	40.86	46.74	59.14	20.99	3.28	57.64	959.71	1046.08	3.84

**KETERANGAN :**

- a = % aspal terhadap batuan (di dapat dari perhitungan aspal Optimum)  
 b = % aspal terhadap campuran= (berat benda uji / (nilai aspal + 6000) x 100%  
 c = Berat isi benda uji dalam keadaan kering (gram)  
 d = Berat isi benda uji dalam keadaan jenuh (gram)  
 e = Berat contoh dalam air (gram)  
 f = Isi contoh (ml.) = berat keadaan jenuh - berat dalam air (d-e)  
 g = Kepadatan (density) = (berat benda uji / isi benda uji) = (gr/cc)  
 h = Berat jenis maksimum (teoritis)

$$\frac{100}{\left(\frac{\% Split}{Bj Split} + \frac{\% Pasir}{Bj Pasir} + \frac{\% Filler}{Bj Filler}\right) + \frac{\% Aspal}{Bj Aspal}}$$

- l = Rongga dalam aspal (% Aspal terhadap campuran x Density / Berat Jenis aspal) (gr/cc)  
 j = Rongga dalam agregat (100 - % Aspal terhadap campuran) x Density / Berat Jenis agregat) (gr/cc)  
 k = Jumlah kandungan rongga (%) = (100 - rongga dalam aspal - rongga dalam aspal) = (100 - i - j)  
 l = Persen rongga terhadap agregat = 100 - rongga dalam agregat = (100 - j)  
 m = Persen rongga terisi aspal = (100 x rongga dalam aspal / rongga terhadap agregat) = (100 x l / j)  
 n = Persen rongga terhadap campuran =(100 - (100 x density/berat jenis maksimum) =(100)-(100.g/h)  
 o = Pembaca arloji stabilitas (di dapatka dari pembaca alat Marshall)  
 p = Stabilitas = Pembaca arloji stabilitas x kalibrasi profing ring) = (o x kalibrasi alat = 16,65)  
 q = Stabilitas = (Stabilitas Marshall x korelasi benda uji) = (kg)  
 r = Kelelahan (flow) = didapatkan dari pembacaan alat Marshall

### 3) Aspal + Limbah Karet Ban 2%

Untuk perhitungan Marshall pada aspal + Limbah karet ban 2% menggunakan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya sehingga hasilnya dapat di tabelkan sebagai berikut

Tabel 9. Hasil Pengujian Marshall + Limbah Karet Ban 2%

NO.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	5.82	5.50	1075.0	1005.0	566.0	439.00	2.45	2.21	12.98	42.77	44.25	57.23	22.69	10.68	55.30	920.75	957.57	3.90
II	5.82	5.50	989.0	1001.0	564.0	437.00	2.26	2.21	12.00	39.52	48.48	60.48	19.84	2.29	57.40	955.71	1194.64	4.20
III	5.82	5.50	1058.0	1066.0	592.0	474.00	2.23	2.21	11.83	38.98	49.18	61.02	19.40	0.89	60.00	999.00	1088.91	3.90
IV	5.82	5.50	1050.0	1052.0	590.0	462.00	2.27	2.21	12.05	39.69	48.26	60.31	19.98	2.73	58.90	980.69	1117.98	4.10
V	5.82	5.50	1078.0	1119.0	628.0	491.00	2.20	2.21	11.64	38.34	50.02	61.66	18.88	1.30	61.30	1020.6 5	1112.50	3.80
Rata - Rata	5.82	5.50	1050.0	1048.6	588.0	460.60	2.28	2.21	12.10	39.86	48.04	60.14	20.16	3.58	58.58	975.36	1094.32	3.98

**KETERANGAN :**

- a = % aspal terhadap batuan (di dapat dari perhitungan aspal Optimum)
- b = % aspal terhadap campuran= (berat benda uji / (nilai aspal + 6000) x 100%
- c = Berat isi benda uji dalam keadaan kering (gram)
- d = Berat isi benda uji dalam keadaan jenuh (gram)
- e = Berat contoh dalam air (gram)
- f = Isi contoh (ml.) = berat keadaan jenuh - berat dalam air (d-e)
- g = Kepadatan (density) = (berat benda uji / isi benda uji) = (gr/cc)
- h = Berat jenis maksimum (teoritis)

$$\frac{100}{\left(\frac{\% Split}{Bj Split} + \frac{\% Pasir}{Bj Pasir} + \frac{\% Filler}{Bj Filler}\right) + \frac{\% Aspal}{Bj Aspal}}$$

- l = Rongga dalam aspal (% Aspal terhadap campuran x Density / Berat Jenis aspal) (gr/cc)
- j = Rongga dalam agregat (100 - % Aspal terhadap campuran) x Density / Berat Jenis agregat (gr/cc)
- k = Jumlah kandungan rongga (%) = (100 - rongga dalam aspal - rongga dalam agregat) = (100 - i - j)
- l = Persen rongga terhadap agregat = 100 - rongga dalam agregat = (100 - j)
- m = Persen rongga terisi aspal = (100 x rongga dalam aspal / rongga terhadap agregat) = (100 x l / j)
- n = Persen rongga terhadap campuran = (100 - (100 x density / berat jenis maksimum)) = (100) - (100.g / h)
- o = Pembaca arloji stabilitas (di dapatka dari pembaca alat Marshall)
- p = Stabilitas = Pembaca arloji stabilitas x kalibrasi profing ring) = (o x kalibrasi alat = 16,65)
- q = Stabilitas = (Stabilitas Marshall x korelasi benda uji) = (kg)
- r = Kelelahan (flow) = didapatkan dari pembacaan alat Marshall

4) Aspal + Limbah Karet Ban 3%

Untuk perhitungan Marshall pada aspal + Limbah karet ban 2% menggunakan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya sehingga hasilnya dapat di tabelkan sebagai berikut

Tabel 10. Hasil Pengujian Marshall + Limbah Karet Ban 3%

NO.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	5.82	5.50	1075.00	1032.00	577.00	455.00	2.36	2.21	12.53	41.26	46.21	58.74	21.33	5.21	58.00	965.70	1052.61	4.00
II	5.82	5.50	989.00	1062.00	594.00	468.00	2.11	2.21	11.20	36.91	51.89	63.09	17.76	4.48	58.30	970.70	1155.13	3.80
III	5.82	5.50	1058.00	1092.00	612.00	480.00	2.20	2.21	11.69	38.49	49.82	61.51	19.00	0.37	59.40	989.01	1127.47	4.10
IV	5.82	5.50	1050.00	1080.00	603.00	477.00	2.20	2.21	11.67	38.44	49.88	61.56	18.96	0.50	57.00	949.05	1081.92	3.90
V	5.82	5.50	1078.00	1010.00	563.00	447.00	2.41	2.21	12.79	42.12	45.10	57.88	22.09	7.80	60.10	1000.67	1090.72	4.40
Rata - Rata	5.82	5.50	1050.00	1055.20	589.80	465.40	2.26	2.21	11.98	39.44	48.58	60.56	19.83	3.67	58.56	975.02	1101.57	4.04

**KETERANGAN:**

- a = % aspal terhadap batuan (di dapat dari perhitungan aspal Optimum)
- b = % aspal terhadap campuran= (berat benda uji / (nilai aspal + 6000) x 100%
- c = Berat isi benda uji dalam keadaan kering (gram)
- d = Berat isi benda uji dalam keadaan jenuh (gram)
- e = Berat contoh dalam air (gram)
- f = Isi contoh (ml.) = berat keadaan jenuh - berat dalam air (d-e)
- g = Kepadatan (density) = (berat benda uji / isi benda uji) = (gr/cc)
- h = Berat jenis maksimum (teoritis)

$$\frac{100}{\left(\frac{\% Split}{Bj Split} + \frac{\% Pasir}{Bj Pasir} + \frac{\% Filler}{Bj Filler}\right) + \frac{\% Aspal}{Bj Aspal}}$$

- l = Rongga dalam aspal (% Aspal terhadap campuran x Density / Berat Jenis aspal) (gr/cc)
- j = Rongga dalam agregat (100 - % Aspal terhadap campuran) x Density / Berat Jenis agregat) (gr/cc)
- k = Jumlah kandungan rongga (%) = (100 - rongga dalam aspal - rongga dalam agregat) = (100 - i - j)
- l = Persen rongga terhadap agregat = 100 - rongga dalam agregat = (100 - j)
- m = Persen rongga terisi aspal = (100 x rongga dalam aspal / rongga terhadap agregat) = (100 x l / j)
- n = Persen rongga terhadap campuran = (100 - (100 x density / berat jenis maksimum) = (100)-( 100.g / h)
- o = Pembaca arloji stabilitas (di dapatka dari pembaca alat Marshall)
- p = Stabilitas = Pembaca arloji stabilitas x kalibrasi profing ring) = (o x kalibrasi alat = 16,65)
- q = Stabilitas = (Stabilitas Marshall x korelasi benda uji) = (kg)
- r = Kelelahan (flow) = didapatkan dari pembacaan alat Marshall

5) Aspal + Limbah Karet Ban 4%

Untuk perhitungan Marshall pada aspal + Limbah karet ban 4% menggunakan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya sehingga hasilnya dapat di tabelkan sebagai berikut.

Tabel 11. Hasil Pengujian Marshall + Limbah Karet Ban 4%

NO.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	5.82	5.50	1075.0 0	1025.00	578.00	447.00	2.40	2.21	12.75	42.00	45.2 5	58.0 0	21.99	5.50	61.00	1015.65	1107.06	4.50
II	5.82	5.50	989.00	1024.00	578.00	446.00	2.22	2.21	11.76	51.64	36.6 1	48.3 6	24.31	0.23	60.00	999.00	1248.75	4.30
III	5.82	5.50	1058.0 0	1114.00	625.00	489.00	2.16	2.21	11.47	37.79	50.7 4	62.2 1	18.44	3.20	63.00	1048.95	1143.36	4.40
IV	5.82	5.50	1050.0 0	1078.00	633.00	445.00	2.36	2.21	12.51	41.21	46.2 8	58.7 9	21.28	6.65	65.00	1082.25	1179.65	3.50
V	5.82	5.50	1078.0 0	1107.00	596.00	511.00	2.11	2.21	11.19	36.84	51.9 7	63.1 6	17.71	4.65	61.00	1015.65	903.93	4.20
Rata - Rata	5.82	5.50	1050.0 0	1069.60	602.00	467.60	2.25	2.21	11.94	41.89	46.1 7	58.1 1	20.74	4.05	62.00	1032.30	1116.55	4.18

**KETERANGAN :**

- a = % aspal terhadap batuan (di dapat dari perhitungan aspal Optimum)
- b = % aspal terhadap campuran= (berat benda uji / (nilai aspal + 6000) x 100%
- c = Berat isi benda uji dalam keadaan kering (gram)
- d = Berat isi benda uji dalam keadaan jenuh (gram)
- e = Berat contoh dalam air (gram)
- f = Isi contoh (ml.) = berat keadaan jenuh - berat dalam air (d-e)
- g = Kepadatan (density) = (berat benda uji / isi benda uji) = (gr/cc)
- h = Berat jenis maksimum (teoritis)

- l = Rongga dalam aspal (% Aspal terhadap campuran x Density / Berat Jenis aspal) (gr/cc)
- j = Rongga dalam agregat (100 - % Aspal terhadap campuran) x Density / Berat Jenis agregat (gr/cc)
- k = Jumlah kandungan rongga (%) = (100 - rongga dalam aspal - rongga dalam aspal) = (100 - i - j)
- l = Persen rongga terhadap agregat = 100 - rongga dalam agregat = (100 - j)
- m = Persen rongga terisi aspal = (100 x rongga dalam aspal / rongga terhadap agregat) = (100 x l / j)
- n = Persen rongga terhadap campuran = (100 - (100 x density / berat jenis maksimum) = (100) - (100.g / h)
- o = Pembaca arloji stabilitas (di dapatka dari pembaca alat Marshall)
- p = Stabilitas = Pembaca arloji stabilitas x kalibrasi profing ring) = (o x kalibrasi alat = 16,65)
- q = Stabilitas = (Stabilitas Marshall x korelasi benda uji) = (kg)
- r = Kelelahan (flow) = didapatkan dari pembacaan alat Marshall

$$\frac{100}{\left(\frac{\% Split}{Bj Split} + \frac{\% Pasir}{Bj Pasir} + \frac{\% Filler}{Bj Filler}\right) + \frac{\% Aspal}{Bj Aspal}}$$

6) Aspal + Limbah Karet Ban 5%

Untuk perhitungan Marshall pada aspal + Limbah karet ban 4% menggunakan cara perhitungan yang sama seperti sebelumnya sehingga hasilnya dapat di tabelkan sebagai berikut

Tabel 12.. Hasil Pengujian Marshall + Limbah Karet Ban 5%

NO.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r
I	5.82	5.50	1075.00	1082.50	607.00	475.50	2.26	2.21	11.99	39.48	48.53	60.52	19.81	2.19	56.00	932.40	1016.32	4.30
II	5.82	5.50	989.00	997.00	561.00	436.00	2.27	2.21	12.03	39.62	48.36	60.38	19.92	2.53	55.00	915.75	1144.69	4.30
III	5.82	5.50	1058.00	1066.00	599.00	467.00	2.27	2.21	12.01	39.57	48.42	60.43	19.88	2.40	59.00	982.35	1070.76	3.90
IV	5.82	5.50	1050.00	1058.00	593.00	465.00	2.26	2.21	11.97	39.44	48.59	60.56	19.77	2.06	59.00	982.35	1119.88	3.20
V	5.82	5.50	1078.00	1083.00	608.00	475.00	2.27	2.21	12.03	39.64	48.33	60.36	19.93	2.58	57.00	949.05	1034.46	3.50
Rata - Rata	5.82	5.50	1050.00	1057.30	593.60	463.70	2.26	2.21	12.01	39.55	48.45	60.45	19.86	2.35	57.20	952.38	1077.22	3.84

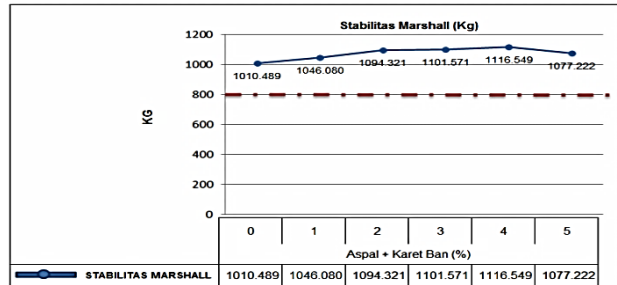
**KETERANGAN :**

- a = % aspal terhadap batuan (di dapat dari perhitungan aspal Optimum)
- b = % aspal terhadap campuran= (berat benda uji / (nilai aspal + 6000) x 100%
- c = Berat isi benda uji dalam keadaan kering (gram)
- d = Berat isi benda uji dalam keadaan jenuh (gram)
- e = Berat contoh dalam air (gram)
- f = Isi contoh (ml.) = berat keadaan jenuh - berat dalam air (d-e)
- g = Kepadatan (density) = (berat benda uji / isi benda uji) = (gr/cc)
- h = Berat jenis maksimum (teoritis)

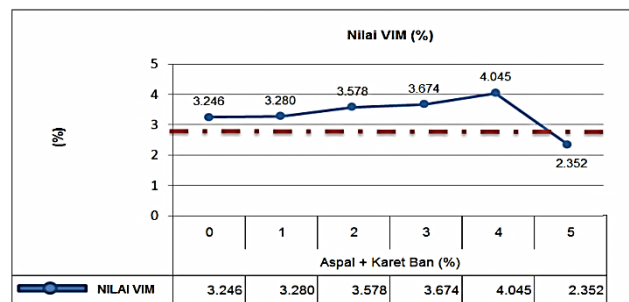
$$\frac{100}{\left(\frac{\% Split}{Bj Split} + \frac{\% Pasir}{Bj Pasir} + \frac{\% Filler}{Bj Filler}\right) + \frac{\% Aspal}{Bj Aspal}}$$

- l = Rongga dalam aspal (% Aspal terhadap campuran x Density / Berat Jenis aspal) (gr/cc)
- j = Rongga dalam agregat (100 - % Aspal terhadap campuran) x Density / Berat Jenis agregat (gr/cc)
- k = Jumlah kandungan rongga (%) = (100 - rongga dalam aspal - rongga dalam agregat) = (100 - i - j)
- l = Persen rongga terhadap agregat = 100 - rongga dalam agregat = (100 - j)
- m = Persen rongga terisi aspal = (100 x rongga dalam aspal / rongga terhadap agregat) = (100 x l / j)
- n = Persen rongga terhadap campuran = (100 - (100 x density / berat jenis maksimum) = (100) - (100.g / h)
- o = Pembaca arloji stabilitas (di dapatka dari pembaca alat Marshall)
- p = Stabilitas = Pembaca arloji stabilitas x kalibrasi profing ring) = (o x kalibrasi alat = 16,65)
- q = Stabilitas = (Stabilitas Marshall x korelasi benda uji) = (kg)
- r = Kelelahan (flow) = didapatkan dari pembacaan alat Marshall

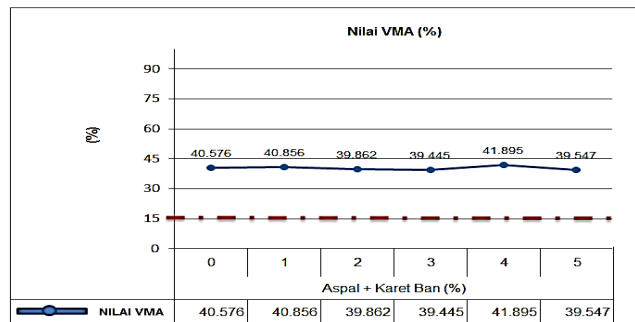
Dari Hasil pengujian *Marshall*, maka di dapatkan grafik stabilitas, Stabilitas Marshall , Vim (Kandungan Rongga Dalam Campuran), VMA (Kandungan Rongga Dalam Agregat), Flow (kelelehan),sbb



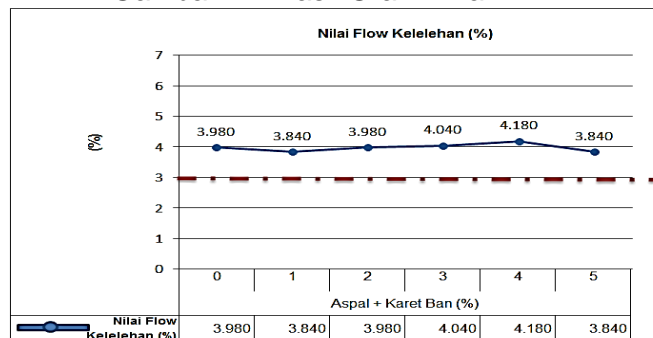
Gambar 9. Hasil Grafik Stabilitas Marshall



Gambar 10. Hasil Grafik Nilai VIM



Gambar 11. Hasil Grafik Nilai VMA



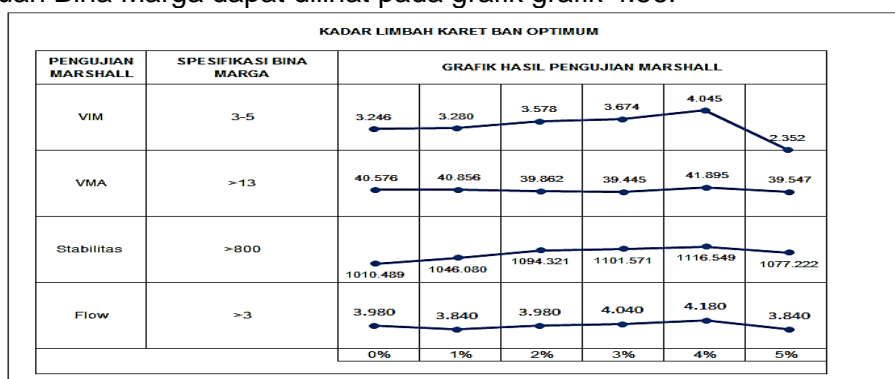
Gambar 12. Hasil Grafik Kelelehan

Maka dari grafik – grafik hasil pengujian *Marshall* diatas, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Nilai Stabilitas memenuhi syarat pada kadar aspal + Limbah karet ban 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%.
- 2) Nilai VIM memenuhi syarat pada kadar aspal + Limbah karet ban 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%.
- 3) Nilai VMA memenuhi syarat pada kadar aspal + Limbah karet ban 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%.
- 4) Nilai Flow kelelehan memenuhi syarat pada kadar aspal + Limbah karet ban 0%, 1%, 2%, 3%, 4% dan 5%.

## 7. Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Bahan Tambah Limbah Karet Ban

Penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama tetapi kadar aspal optimum yang telah di tentukan dengan melihat acuan dengan hasil persyaratan Stabilitas, Flow (kelelehan), VMA (Rongga dalam agregat), VIM (Rongga terhadap campuran) yang terdapat pada ketentuan Bina Marga dapat dilihat pada grafik grafik 4.56.



Gambar 13. Grafik Aspal Optimum

Nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) terdapat pada kadar aspal + limbah karet 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% karena memenuhi semua persyaratan, VMA, stabilitas dan flow, sedangkan 5% tidak memenuhi syarat karena nilai VIM di bawah 3%

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang di dapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Limbah karet ban di daur ulang dapat digunakan sebagai bahan aditif campuran beraspal, dan dapat menaikkan kualitas aspal
- 2) Modifikasi aspal dengan limbah karet ban berpengaruh positif, hal ini dapat dilihat pada nilai stabilitas *Marshall*. Terlihat bahwa ada kenaikan nilai campuran aspal + limbah karet ban 4% yaitu besar 1116.549 kg/mm. Sehingga aspal dapat di gunakan untuk lapis perkerasan jalan berat
- 3) Kadar aspal optimum yang didapat sebesar 4% karena memenuhi nilai VIM, VMA, Stabilitas, kelelehan yang paling tinggi sesuai dengan spesifikasi Bina Marga
- 4) Hasil pengujian karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum 4% pada campuran aspal + limbah karet ban adalah sebagai berikut :
  - a. Nilai VIM (Void in Mix) sebesar 4,045 %
  - b. Nilai VMA (Void in Mineral Agregat) sebesar 41,895 %
  - c. Nilai stabilitas Marshall sebesar 1116,549 kg/jam
  - d. Nilai Flow (kelelehan) sebesar 4,180 mm

Dari hasil pengujian diatas dapat dianalisa presentase selisih harga yang dapat dicapai adalah sebagai berikut

Tabel 5.34. Selisih Harga Aspal + Limbah Karet Ban

NO	JENIS ASPAL	STABILITAS MARSHALL (KG)	HARGA (RP)	SELISIH HARGA
1	Normal Aspal + Limbah Karet Ban 0%	1010.49	1,152,000.00	0
2	Aspal + Limbah Karet Ban 1%	1046.08	1,168,315.04	16,315.04
3	Aspal + Limbah Karet Ban 2%	1094.32	1,168,489.04	16,489.04
4	Aspal + Limbah Karet Ban 3%	1101.57	1,168,664.04	16,664.04
5	Aspal + Limbah Karet Ban 4%	1116.55	1,168,838.54	16,838.54
6	Aspal + Limbah Karet Ban 5%	1077.22	1,169,013.04	17,013.04