

Analisis Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Bahan Modifikasi Dalam Menyempurnakan Karakteristik Aspal pada Jalan Raya

M Andri Syaf¹ Ronal H T Simbolon² Marwan Lubis³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara, Kota Medan,
Provinsi Sumatera Utara, Indonesia^{1,2,3}

Email: andrisyaf24@gmail.com ronal.h.t.simbolon@ft.uisu.ac.id²
marwanlubis8868@gmail.com³

Abstrak

Crumb Rubber merupakan hasil dari daur ulang Ban Bekas yang dihancurkan menjadi partikel-partikel kecil dan mengandung berbagai senyawa kimia seperti Natural Rubber (C_5H_8), karet sintetis (B), Black Carbon (BC), Zink Oksida (ZnO), Sulfur (S). Senyawa-senyawa tersebut memberikan karakteristik ketahanan, elastisitas, serta daya tahan terhadap suhu tinggi dan bahan kimia, yang menjadikan crumb rubber potensial sebagai bahan modifikasi pada campuran aspal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan crumb rubber dalam menyempurnakan karakteristik dan stabilitas aspal. Penelitian ini dilakukan dengan metode desain empiris secara eksperimen yang menambahkan campuran crumb rubber di kadar aspal yang berjumlah 9 spesimen. Untuk menguji kualitas dari benda uji dilakukan dengan melakukan pengujian marshall dengan menggunakan standar Bina Marga 2010. Hasil dari pengujian marshall dengan campuran crumb rubber 10%, 15%, 20%, menunjukkan bahwa dari hasil pengujian juga menghasilkan stabilitas memenuhi standar Bina Marga 2010 dengan minimal 800 kg, dengan hasil stabilitas 1170.6 kg, flow 3.4 mm, VITM 3.28%, VMA 17.39%, VFWA 81.16%. Semakin banyak jumlah penambahan crumb rubber dapat menurunkan stabilitas pada aspal.

Kata Kunci: Crumb rubber, Desain Empiris, Stabilitas Marshall, Stabilitas Aspal



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Crumb rubber merupakan hasil dari daur ulang ban bekas yang dihancurkan menjadi partikel kecil untuk digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya sebagai bahan modifikasi aspal. Ban kendaraan terdiri dari berbagai senyawa kimia yang dirancang untuk memberikan ketahanan, elastisitas, dan daya tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Oleh karena itu, crumb rubber yang berasal dari ban bekas juga mengandung senyawa-senyawa kimia yang mempengaruhi sifat mekanis dan kimiawi dari material yang dicampurkannya, termasuk aspal. Komposisi utama crumb rubber meliputi karet alami (natural rubber) dan karet sintetis, yang diperkuat dengan berbagai bahan tambahan seperti karbon hitam (carbon black), minyak pengisi, antioksidan, dan zat pengikat lainnya. Senyawa-senyawa ini berperan dalam meningkatkan daya tahan crumb rubber terhadap penuaan, oksidasi, serta paparan suhu tinggi dan bahan kimia. Dengan latar belakang ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penggunaan crumb rubber dalam campuran aspal untuk memperbaiki karakteristik aspal pada jalan raya. Hasil dari analisis ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang berharga mengenai keuntungan dan tantangan dari penerapan crumb rubber, serta kontribusinya terhadap peningkatan kualitas dan keberlanjutan infrastruktur jalan.

Tinjauan Pustaka Aspal

Aspal adalah bahan pengikat yang diperoleh dari pengolahan minyak bumi yang digunakan untuk membangun perkerasan jalan. Sifat utama aspal adalah viskoelastis, yang

berarti bahwa aspal dapat berperilaku seperti bahan padat dan cair tergantung pada suhu dan kondisi beban. Namun, aspal murni memiliki beberapa kelemahan, seperti ketahanan terhadap suhu ekstrem yang rendah, elastisitas yang kurang memadai, serta kepekaan terhadap beban lalu lintas yang berlebihan. Secara umum aspal dibagi menjadi dua kelompok yaitu aspal alam dan aspal buatan.

1. Aspal Alam. Aspal Alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di buton, dan ada pula yang diperoleh dari pulau Trinidad berupa aspal danau. Aspal alam terbesar terdapat Trinidad. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di pulau Buton, yang terkenal dengan nama Asbuton (Aspal pulau Buton).
2. Aspal Buatan. Aspal buatan adalah aspal yang dihasilkan dari hasil akhir penyaringan minyak tanah kasar (crude oil), sehingga bagian terberat dari minyak tanah kasar dan kental. Oleh karena itu supaya untuk mendapat aspal dengan mutu baik dipilih baku minyak bumi dengan kadar parafin rendah. Berdasarkan nilai penetrasi atau kekerasan aspal, AASHTO terbagi aspal menjadi lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300.

Crumb Rubber

Crumb rubber adalah bahan yang berasal dari daur ulang ban karet bekas dan dapat digunakan sebagai aditif dalam campuran aspal. Agar crumb rubber memenuhi syarat untuk pembuatan aspal.

1. Kualitas Material
 - Bebas dari Kontaminan: Crumb rubber harus bebas dari bahan non-karet, seperti logam, serat tekstil, dan bahan kimia berbahaya.
 - Ukuran Partikel: Ukuran partikel crumb rubber harus sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Biasanya, ukuran yang digunakan berkisar antara 0,5 mm hingga 4,75 mm.
2. Komposisi Kimia
 - Sifat Kimia yang Stabil: Crumb rubber harus memiliki komposisi kimia yang stabil dan tidak mengandung zat berbahaya yang dapat mempengaruhi kualitas aspal atau lingkungan.
 - Kadar Sisa: Harus ada pengujian untuk memastikan kadar sisa minyak dan bahan lainnya berada dalam batas yang aman.
3. Uji Fisik
 - Viskositas dan Elastisitas: Crumb rubber harus memiliki sifat viskositas dan elastisitas yang sesuai untuk meningkatkan performa aspal.
 - Daya Serap Air: Crumb rubber harus memiliki daya serap air yang rendah untuk mencegah kerusakan pada campuran aspal.



Gambar 1. Crumb Rubber
Sumber : blog ecomena.org

Agregat

Agregat adalah bahan yang terdiri dari mineral padat dalam bentuk partikel besar atau fragmen. Umumnya, agregat digunakan sebagai komponen campuran dalam aspal, yang membantu menciptakan keseimbangan dalam struktur ikatan antara komponen campuran. Secara umum agregat biasa digunakan dalam campuran beraspal dibagi dengan beberapa fraksi, yaitu:

1. Agregat Kasar. Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan nomor 8(2,36 mm). Untuk campuran aspal halus, agregat kasar terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, dan awet.



Gambar 2. Agregat Kasar

Sumber : PT. Ayu Septa Perdana (2024)

2. Agregat Halus. Agregat halus berasal dari proses pelapukan alami maupun dari bahan yang dihasilkan oleh industri pemecahan batu. Agregat ini terdiri dari material yang telah melalui uji saringan dengan ukuran maksimum no. 8 (2,36 mm). Kualitas agregat halus dapat ditingkatkan dengan memastikan stabilitas campuran melalui penguncian (interlocking) antara butiran.



Gambar 3. Agregat Halus

Sumber : PT. Ayu Septa Perdana (2024)

Karakteristik Marshall

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menahan beban hingga terjadi kelelahan plastis, yang dinyatakan dalam satuan kilogram atau pound. Nilai stabilitas diperoleh melalui pembacaan langsung pada alat uji Marshall saat melakukan pengujian. Pada karakteristik campuran pada aspal bisa diukur dengan sifat Marshall ditunjukkan. memaparkan sifat-sifat sebagai berikut Stabilitas (*stability*), Kelelahan (*Flow*), Kerapatan (*Density*), VIM (*Void in Mix*), VFA (*Void Filled Asphalt*), VMA (*Void in Mineral Agregat*), Marshall Quotient (MQ).

METODE PENELITIAN

Metode yang dipakai pada penelitian yang akan dilakukan yaitu metode design empiris secara eksperimen. Data didapatkan dengan melakukan percobaan dan diolah untuk mendapatkan hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada dan analisis dari Bina Marga

2010 Revisi 3. Pengujian Penelitian di lakukan di Laboratorium Test Hotmix PT. Ayu Septa Perdana plant Pinang Lembang.



Gambar 4. Lokasi Penelitian
 Sumber : Google Maps (2025)

Waktu Penelitian

Tabel 1. Jadwal Pelaksanaan Penelitian

NO	Uraian Penelitian	Bulan Ke -			
		1	2	3	4
1.	Perencanaan Penelitian (Studi Literatur)				
2.	Persiapan bahan dan peralatan penelitian				
3.	Pelaksanaan penelitian				
4.	Pengujian Agregat:				
	- Uji Analisa Saringan - Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus dan agregat kasar				
5.	Pembuatan sampel benda uji aspal variasi 10%,15%,20%				
6.	Pengujian Benda uji dengan Alat Marshall Test				
7.	Analisa Data dan Pembahasan				

Sumber : Hasil Perencanaan Penulis 2025

Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan ialah benda uji dengan ukuran diameter 15cm X 10cm. Jumlah benda uji adalah 3 buah dengan campuran crumb rubber yang berbeda. Rancangan benda uji terdapat pada table.

Tabel 2. Rancangan Benda Uji

Benda Uji	Sampel Aspal			
	Campuran(CR) 10%	Campuran (CR) 15%	Campuran (CR) 20%	Aspal Penetrasi 60/70
Ukuran 15 Cm X 10 Cm	3	3	3	3
Jumlah Sampel				12

Sumber : Hasil Perencanaan Penulis 2025

Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Agregat Kasar; Agregat Halus; Filler; Crumb Rubber; Aspal.

Peralatan Penelitian

1. Alat Uji Pemeriksaan. Alat uji yang digunakan dalam pemeriksaan bahan-bahan dalam penelitian ini antara lain mencakup alat uji lembek, alat uji titik nyala, alat uji penetrasi, dan alat uji daktilitas.

2. Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat Aspal

- Alat pencampuran agregat dan aspal
- Alat tekan Marshall yang memiliki kapasitas hingga 3000kg
- Alat cetak sampel berbentuk silinder
- Penumbuk manual berbentuk silinder berat 4,5kg, dan tinggi bebas 45cm
- Bak rendam yang dilengkapi pengatur suhu

Tahap Penelitian

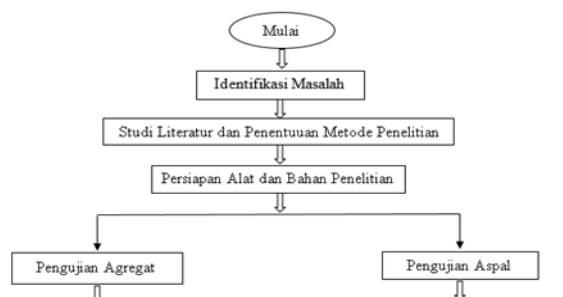
- a. Pengujian Agregat. Pemeriksaan dan pengujian agregat meliputi: Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Pengujian Keausan Agregat Kasar.
- b. Pengujian Aspal. Pemeriksaan dan pengujian aspal meliputi beberapa jenis uji untuk menentukan kualitas dan karakteristik aspal, antara lain:
 - Pengujian Daktilitas Aspal
 - Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar
 - Pengujian Titik Lembek Aspal
 - Pengujian Berat Jenis Aspal
 - Pengujian Penetrasi Aspal

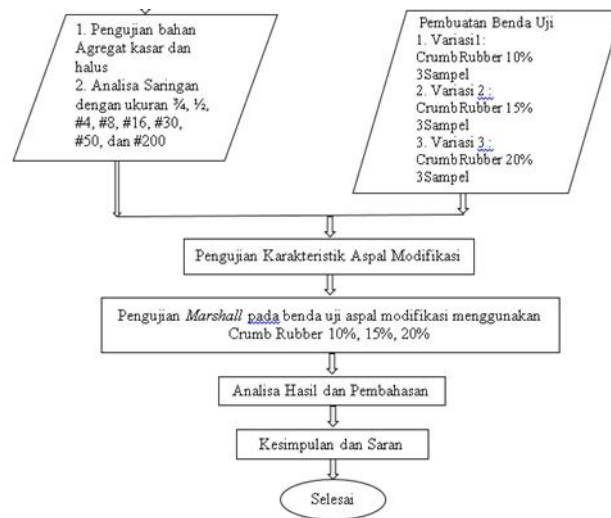
Pembuatan Sampel

Pada penelitian ini untuk pembuatan sampel dibuat di laboratorium Test Hotmix PT. Ayu Septa Perdana. Dalam penelitian ini pembuatan dan pengujian dilakukan sebanyak dua kali, yaitu yang pertama pembuatan sampel dan pengujian karakteristik dengan rencana kadar aspal 4.5%, 5%, 6% dengan jumlah tiap variasinya sebanyak 3 sampel. Adapun prosedur pembuatan Sampel benda uji sebagai berikut:

1. Persiapan bahan yang berupa Aspal Penetrasi 60/70, Crumb Rubber, Agregat.
2. Pemanasan aspal dalam oven hingga mencapai suhu 150°C hingga 160°C dan pemanasan Crumb Rubber pada suhu sekitar 170°C hingga 180°C.
3. Pencampuran kedua bahan aspal dan crumb rubber di mesin pencampur aspal proses pencampuran dilakukan selama 30-45 menit dengan pengawasan suhu dan kecepatan tidak terlalu panas atau terlalu dingin.
4. Pencampuran agregat kasar dan halus dicampur dalam proporsi sesuai dengan mix design dan mencampur aspal yang telah di modifikasi dengan crumb rubber pada suhu sekitar 160°C hingga 170°C menggunakan mesin pencampur.
5. Pembentukan sampel setelah campuran merata ke dalam cetakan silinder yang telah di tentukan sesuai spesifikasi marshall, penggunaan penumbuk manual dilakukan memadatkan campuran dalam cetakan dengan jumlah pukulan sebanyak 75 pukulan untuk agregat kasar dan 50 pukulan untuk agregat halus
6. Pengujian Marshall dilakukan untuk mendapatkan nilai marshall seperti stabilitas, flow, void mineral aggregate(VMA), void in mix(VIM).

Bagan Alir Penelitian (Flowchart)





Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Bahan Campuran Aspal Laston (AC-WC)

Sebelum digunakan sebagai bahan pada campuran Aspal (AC-WC), semua material atau bahan penyusun dalam pembuatan Aspal (AC-WC) harus melakukan pengujian karakteristiknya terlebih dahulu.

Pengujian Agregat

Sebelum melakukan pengujian karakteristik Marshall Test, terlebih dahulu dilakukan pengujian terhadap agregat kasar, agregat halus, serta abu batu atau filler. Pengujian agregat mencakup analisis saringan, pengukuran berat jenis, serta penyerapan agregat kasar dan halus.

Pengujian Analisa Saringan

Hasil analisa saringan pada agregat kasar dan halus dapat dilihat pada tabel 3. Dan 4.

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persentase tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif
3/4	19	0	0	0	100%
1/2	12,50	1663	56,03	56%	44%
3/8	9,50	1106	37,26	93%	7%
4	4,75	199	6,07	100%	0%
8	2,36	0	0	100%	0%
16	1,18	0	0	100%	0%
30	0,60	0	0	100%	0%
50	0,30	0	0	100%	0%
100	0,15	0	0	100%	0%
Pan		0	0	100%	0%
Total		2,968	99,36	849	

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Berdasarkan Tabel 3. dapat dijelaskan untuk hasil analisa saringan agregat kasar dengan saringan dengan ukuran no.3/4 lolos 100%, saringan no.1/2 lolos 44 %, saringan dengan

ukuran no.3/8 lolos 7%, saringan ukuran no.4 lolos 0%, saringan dengan ukuran no.8 persentase lolos 0%.

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Berat Tertahan (gram)	Persentase tertahan	% Tertahan Kumulatif	% Lolos Kumulatif
3/8	9,5	3	0,3	0,3	99,7
4	4,8	18	1,8	2,1	97,6
8	2,4	13	1,3	3,4	96,3
16	1,2	289	28,9	32,3	67,4
30	0,6	398	39,8	72,1	27,6
50	0,3	114	11,4	83,5	16,2
100	0,15	126	12,6	96,1	3,6
Pan		36	3,6	0	0
Total		997	99,7	289,8	

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Dari hasil pemeriksaan analisis saringan agregat halus pada percobaan ini, diperoleh nilai modulus kehalusan sebesar 289,8%. Nilai tersebut masih memenuhi batas yang diizinkan untuk agregat halus, yaitu 1.5% – 3.8%. Hasil pengujian ini digunakan untuk menentukan daerah gradasi agregat halus, yang didasarkan pada persentase berat butir agregat yang lolos ayakan.

Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar dilakukan dengan mengikuti prosedur pemeriksaan sesuai dengan SNI 1970-2008, serta mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010.

Tabel 5. Hasil Uji Berat Jenis dan penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata - Rata	Spek
Berat Jenis Bulk	2.60	2.61	2.60	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh SDD	2.71	2.72	2.71	
Berat Jenis Semu (Apparent)	2.93	2.93	2.93	
Penyerapan	0.04	0.04	0.04	Maks 2,5

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Dari Tabel 5. tersebut didapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis 2,60 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,71, berat jenis semu (Apparent) 2,93 dan penyerapan 0,04. sifat fisik agregat kasar ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam Spesifikasi Bina Marga 2010, sehingga material pada agregat kasar tersebut dapat digunakan dalam penelitian pencampuran aspal penetrasi 60/70.

Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat halus dengan prosedur pemeriksaan mengikuti SNI 1970-2008 dan adapun hasil berat jenis dan penyerapan agregat Halus dapat di lihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Berat Jenis dan penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan	Sampel 1	Sampel 2	Rata - Rata	Spek
Berat Jenis Bulk	2.26	2.54	2.40	Min 2,1
Berat Jenis Permukaan Jenuh SDD	2.63	2.69	2.66	
Berat Jenis Semu (Apparent)	3.58	2.97	2.93	
Penyerapan	0.16	0.06	0.11	Maks 3

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Dari Tabel 6. tersebut di dapat hasil pemeriksaan bahwa untuk berat jenis 2,40 sementara berat jenis permukaan (SSD) 2,66, berat jenis semu(Apparent) 2,93 dan penyerapan 0,11. sifat fisik agregat kasar ini memenuhi syarat dan spesifikasi yang ditentukan dalam spesifikasi Bina Marga 2018, sehingga material pada agregat kasar tersebut dapat digunakan dalam penelitian pencampuran aspal penetrasi 60/70.

Hasil Pengujian Aspal

Pengujian aspal yang dilakukan sebelum uji marshall dilakukan untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi karakteristik fisik, kimia, dan mekanik aspal sebelum digunakan dalam membuat campuran aspal.

Tabel 7. Hasil Uji Aspal

No	Jenis Pengujian	Spek	Hasil Uji	Satuan
1	Penetrasi	Min 60	64.2	Mm/gr/detik
2	Titik Lembek	Min 53	54.4	°C
3	Diktilitas	Min 232	233	cm
4	Titik Nyala	Min 232	320	°C
5	Berat Jenis	Min 1	1,02	gr

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Dari pemeriksaan Laboratorium diperoleh hasil bahwa aspal Pen 60/70 memenuhi standart pengujian spesifikasi Bina Marga 2010 bahan ikat campuran beton aspal tersebut.

Hasil Mix Design

Setelah diperoleh nilai persentase gradasi gabungan agregat menggunakan metode blending trial and error, di mana gradasi tersebut telah sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010, serta ditentukan persentase masing-masing fraksi agregat, langkah selanjutnya adalah menentukan kadar aspal optimum (KAO) yang direncanakan. Spesifikasi campuran yang akan digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Mix Design Benda Uji

Kadar Aspal	Jenis Agregat	Komposisi	Berat (gr)	Kumulatif (gr)
4.5%	Agg. Kasar $\frac{3}{4}$ "	10.50%	126	126
	Agg. Kasar $\frac{1}{2}$ "	41.50%	498	624
	Agg. Halus	39.50%	474	1098
	Filler	4.00%	48	1146
	Aspal	4.50%	45,9	1183
Total		100%	1200	
5%	Agg. Kasar $\frac{3}{4}$ "	10.3%	124.08	124.08

	Agg. Kasar ½"	40.3%	484.08	608.16
	Agg. Halus	40.3%	483.84	1092
	Filler	4.00%	48	1140
	Aspal	5.00%	51	1181
Total		100%	1200	
6%	Agg. Kasar ¾"	10%	120	120
	Agg. Kasar ½"	40.00%	480	600
	Agg. Halus	40.00%	480	1080
	Filler	4.00%	48	1128
	Aspal	6.00%	61,2	1155
Total		100%	1200	

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Dari Tabel 8. di atas dapat dilihat bahwa pembuatan spesimen uji dibagi menjadi 3 spesimen dengan kadar aspal yang berbeda yaitu 4.5%, 5%, 6% aspal. Dengan komposisi kadar aspal pada Tabel 8. dan banyaknya campuran crumb rubber pada setiap spesimen, maka total spesimen yang dibuat adalah sebanyak 9 spesimen. Spesimen uji nantinya akan diuji menggunakan uji marshall yang dilakukan di PT. Ayu Septa Perdana. Data dari masing masing spesimen uji yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Spesimen Uji

Crumb rubber	Kadar Aspal	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Berat (gr)	Berat Dalam Air(gr)	Berat SSD (gr)
10%	4.5%	10.2	6.7	1183	649.3	1190
	5%	10.2	6.5	1183	664.8	1208.5
	6%	10.2	6.8	1155	654.6	1203.5
15%	4.5%	10.2	7.2	1189	653.2	1197.2
	5%	10.2	6.9	1190	642.6	1190.3
	6%	10.2	6.9	1189	648.3	1204.2
20%	4.5%	10.2	7	1180	614	1190.6
	5%	10.2	7.3	1179	600.4	1188.7
	6%	10.2	7.4	1137	573.5	1151.6

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Pengujian Marshall

Uji Marshall dilakukan untuk mengevaluasi campuran aspal seperti stabilitas, deformasi, dan kekuatan aspal sebelum diimplementasikan ke dalam konstruksi jalan. Penelitian ini akan mencoba melihat pengaruh crumb rubber dalam campuran aspal. Hasil dari uji marshall pada setiap spesimen dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji Marshall

Crumb rubber	Kadar Aspal	Stability			Flow (mm)
		Nilai Terbaca	Kalibrasi Alat(Kg)	Nilai Stability (Kg)	
10%	4.5%	50	19.51	975.5	2.4
	5%	53	19.51	1034.03	2.7
	6%	60	19.51	1170.6	3.4

15%	4.5%	46	19.51	897.46	3.3
	5%	48	19.51	936.48	3.5
	6%	53	19.51	1034.03	4
20%	4.5%	33	19.51	643.83	4.7
	5%	35	19.51	682.85	5
	6%	40	19.51	780.4	5.6

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

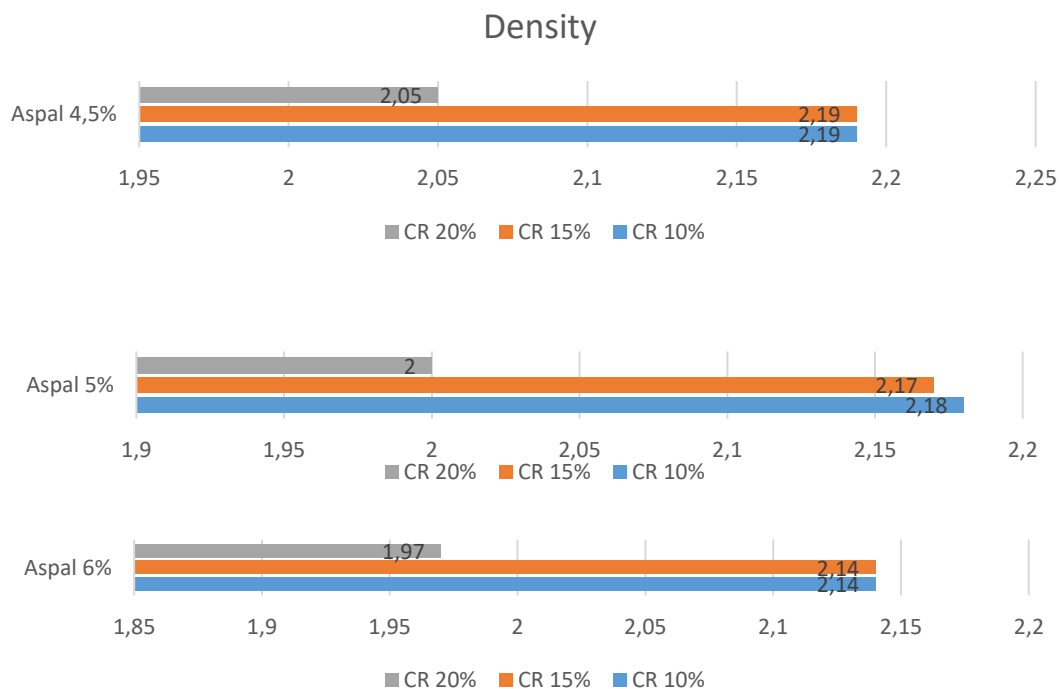
Dari uji marshall yang dilakukan, didapatkan nilai stability dan nilai flow dari setiap spesimen uji. Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai Density, Marshall Quotient, Void in Mix (VIM), Void in Mineral Aggregate (VMA), dan nilai Void Filled Asphalt (VFA).

Density

Tabel 11. Hasil Nilai Density

Crumb rubber	Kadar Aspal	Density (gr/cc)
10%	4.5%	2.19
	5%	2.18
	6%	2.14
15%	4.5%	2.19
	5%	2.17
	6%	2.14
20%	4.5%	2.05
	5%	2.00
	6%	1.97

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)



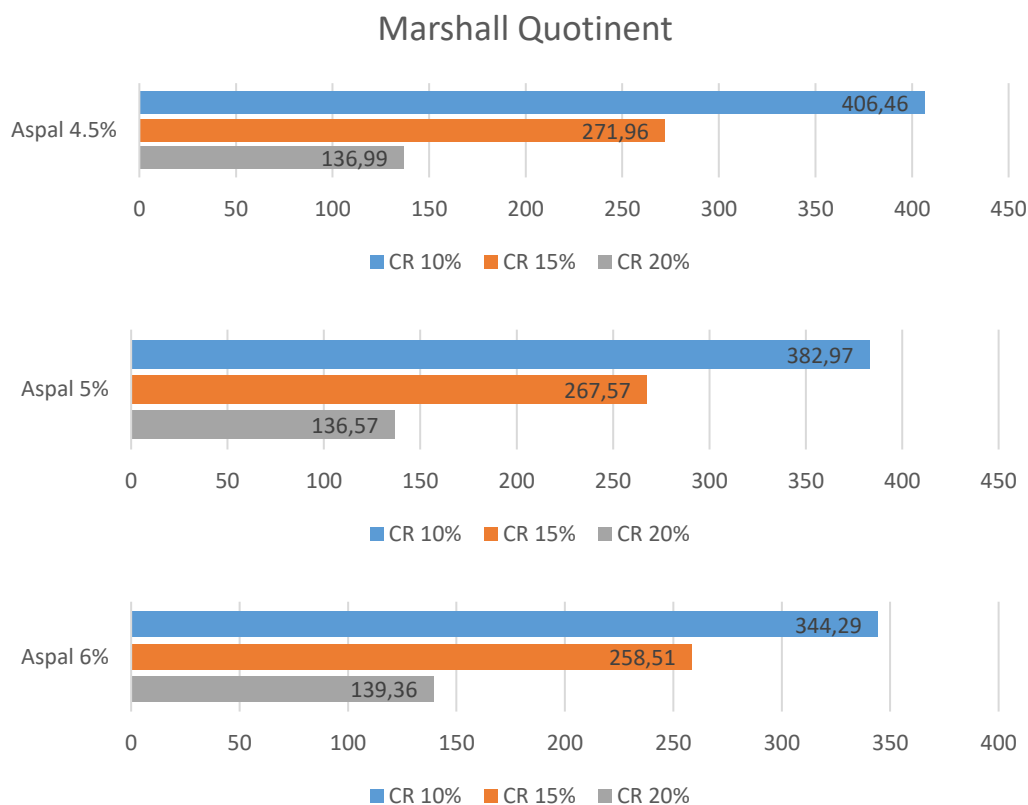
Gambar 6. Grafik Hasil Density
 Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Marshall Quotinent

Tabel 12. Hasil Nilai Marshall Quotinent

Crumb rubber	Kadar Aspal	MQ (gr/cc)
10%	4.5%	406.46
	5%	382.97
	6%	344.29
15%	4.5%	271.96
	5%	267.57
	6%	258.51
20%	4.5%	136.99
	5%	136.57
	6%	139.36

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)



Gambar 7. Grafik Hasil Marshall Quotinent

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

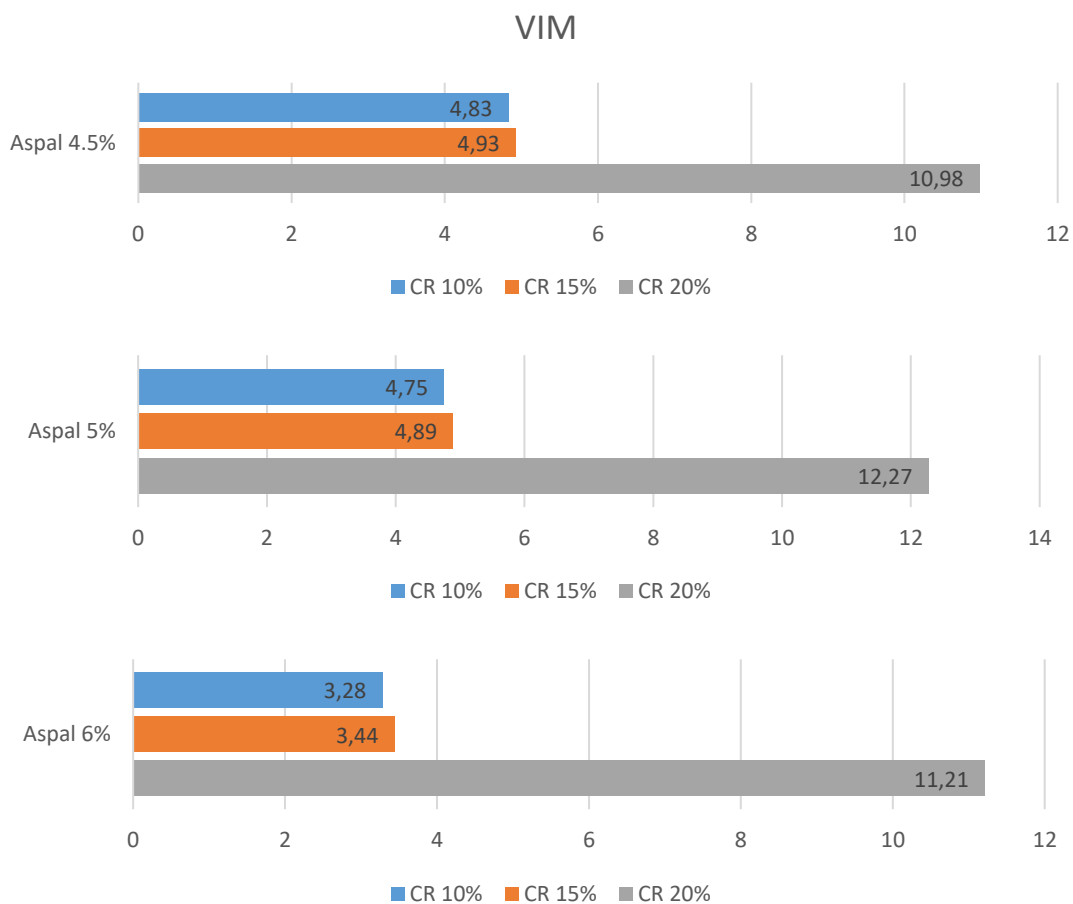
Void in Mix (VIM)

Tabel 13. Hasil Nilai Void in Mix (VIM)

Crumb rubber	Kadar Aspal	VIM (%)

10%	4.5%	4.83
	5%	4.75
	6%	3.28
15%	4.5%	4.93
	5%	4.89
	6%	3.44
20%	4.5%	10.98
	5%	12.27
	6%	11.21

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)



Gambar 8. Grafik Hasil *Void in Mix (VIM)*

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

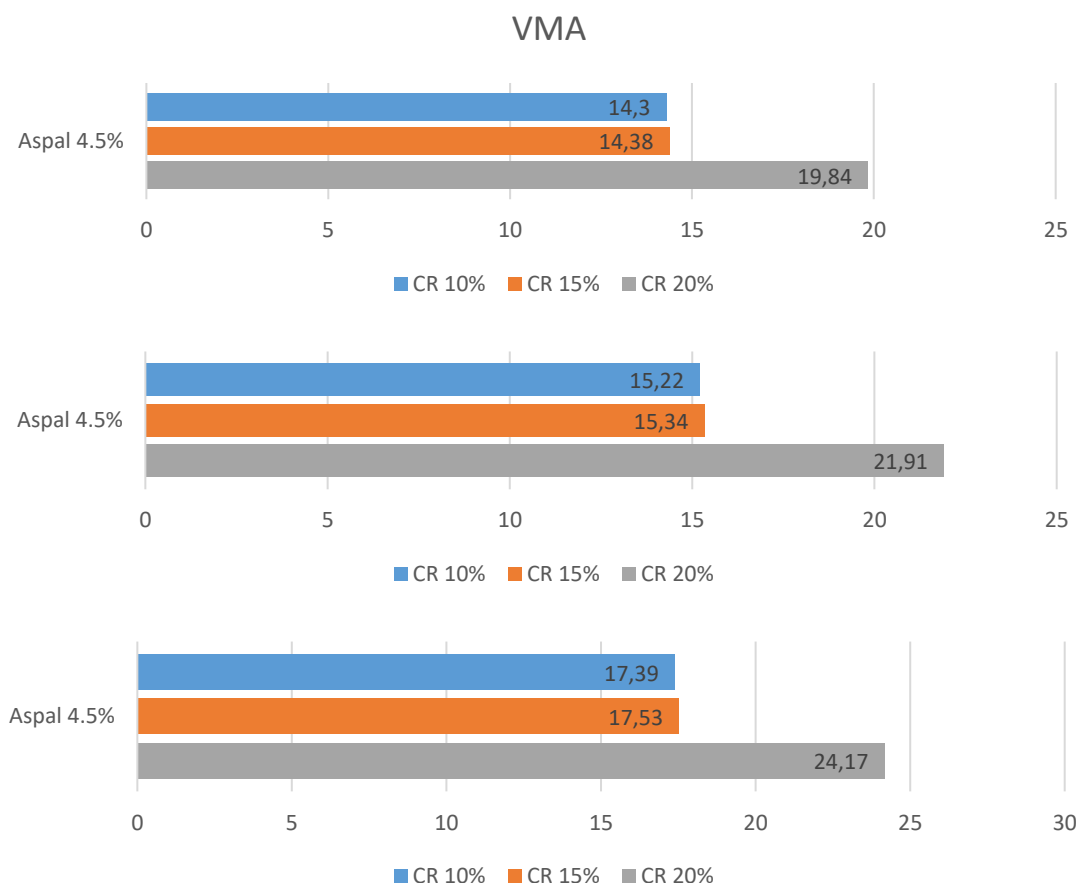
Void in Mineral Aggregate (VMA)

Tabel 14. Hasil Nilai *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

Crumb rubber	Kadar Aspal	VMA (%)
10%	4.5%	14.30
	5%	15.22
	6%	17.39

15%	4.5%	14.38
	5%	15.34
	6%	17.53
20%	4.5%	19.84
	5%	21.91
	6%	24.17

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)



Gambar 9. Grafik Hasil *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

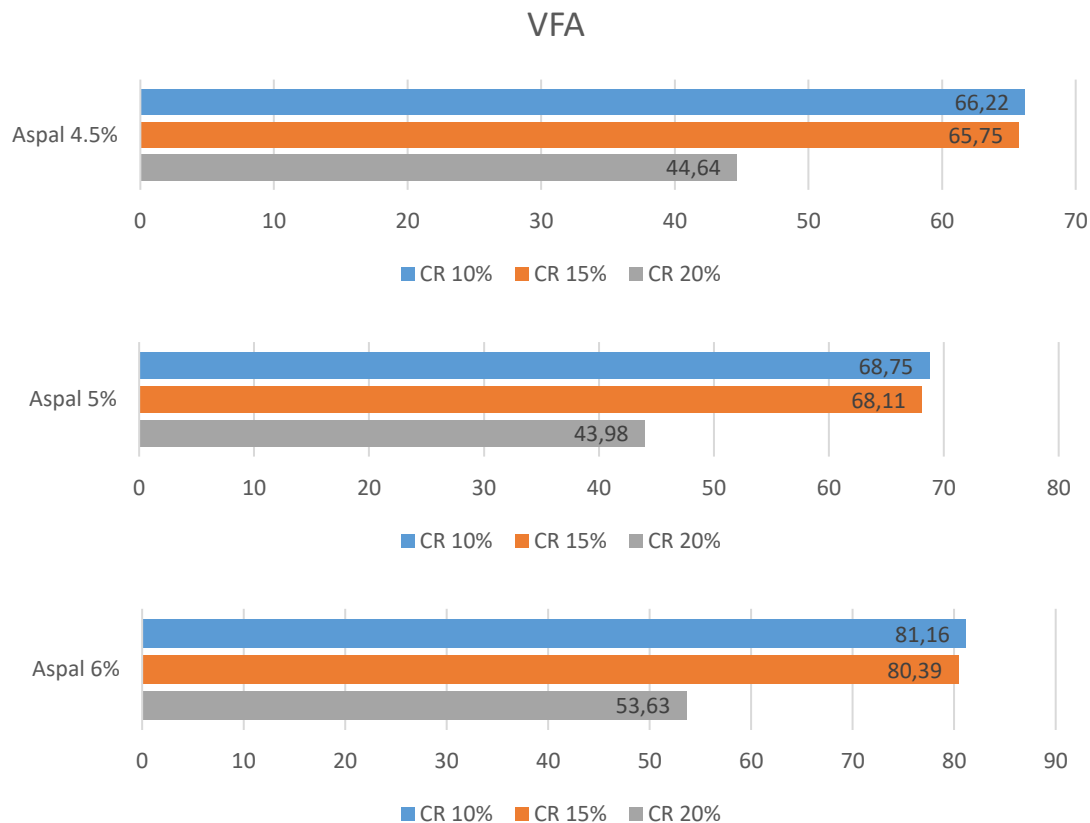
Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Void Filled Asphalt (VFA)

Tabel 15. Hasil Nilai *Void Filled Asphalt (VFA)*

Crumb rubber	Kadar Aspal	VFA (%)
10%	4.5%	66.22
	5%	68.75
	6%	81.16
15%	4.5%	65.75
	5%	68.11
	6%	80.39
20%	4.5%	44.64
	5%	43.98
	6%	53.63

Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)



Gambar 10. Grafik Hasil Void Filled Asphalt (VFA)
Sumber : Hasil Dokumentasi (2025)

Analisis Data Density

Nilai density menunjukkan kepadatan dari campuran beton aspal. Semakin tinggi nilai density yang dihasilkan dari pengujian maka akan semakin baik kerapatannya. Kepadatan yang baik akan membuat aspal semakin tahan dengan deformasi. Nilai density terbesar didapatkan dari spesimen uji dengan kadar aspal 10% dan 15% campuran crumb rubber. Secara konsisten, spesimen dengan 10% crumb rubber pada filler memiliki nilai density yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan crumb rubber.

Analisis Data Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah perbandingan antara stabilitas aspal dengan nilai flow. Nilai MQ sangat bergantung pada nilai stabilitas dan flow. Dari hasil uji yang dilakukan, secara konsisten spesimen uji dengan 10% campuran crumb rubber memiliki nilai MQ yang lebih tinggi. Selain itu, dari grafik yang ditampilkan juga terlihat bahwa semakin besar penggunaan crumb rubber pada campuran aspal akan semakin menurunkan nilai MQ dari spesimen uji.

Analisis Data Void in Mix (VIM)

Void in Mix (VIM) merupakan persentase rongga yang terdapat pada campuran. Semakin tinggi nilai VIM dapat diartikan semakin banyak rongga yang terdapat di dalam campuran. Dengan demikian, aspal yang baik seharusnya memiliki nilai VIM yang rendah. Dari hasil uji yang dilakukan, nilai VIM terendah didapatkan dari spesimen uji dengan spesifikasi 6% kadar aspal dan 10% campuran crumb rubber pada filler yang digunakan. Sedangkan nilai VIM tertinggi kembali diperoleh dari spesimen yang menggunakan 20% crumb rubber.

Analisis DataVoid Mineral Aggregate (VMA)

Void in mineral aggregate merupakan persentase ruang rongga terhadap partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif. Nilai VMA yang tinggi dapat diartikan bahwa banyak rongga yang terdapat pada sebuah perkerasan aspal. Semakin banyak rongga pada aspal maka akan membuat aspal semakin mudah mengalami deformasi. Dari hasil uji marshall yang dilakukan, secara konsisten spesimen yang menggunakan crumb rubber 10% memiliki nilai VMA yang lebih rendah atau dapat diartikan lebih baik jika dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan crumb rubber dengan tambahan 20%.

Analisis DataVoid Filled Asphalt (VFA)

Void Filled Asphalt adalah persentase rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal dimana nilai VFA akan meningkat seiring dengan kadar aspal sampai batas tertentu dan rongga telah optimal. Semakin tinggi nilai VFA menunjukkan semakin padat campuran aspal yang dibuat. Dari hasil uji marshall yang dilakukan, secara konsisten spesimen yang menggunakan crumb rubber 10% memiliki nilai VFA yang lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan crumb rubber 20%.

Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan pada campuran aspal jenis Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) menggunakan crumb rubber, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil uji marshall yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai stabilitas penambahan crumb rubber 10% diperoleh nilai 1170.6 kg, crumb rubber 15% diperoleh nilai 1034.03 kg, tetapi penambahan crumb rubber 20% diperoleh nilai 780.4 kg tidak memenuhi spesifikasi minimum yang ditentukan, nilai stabilitas spesifikasi dari Bina Marga yang dibatasi minimum 800 kg. Dan nilai Marshall lainnya seperti Flow, VIM, VMA, MQ, VFA memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 Perkerasan Aspal.
2. Dari hasil uji aspal yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengaruh penambahan crumb rubber terhadap sifat fisik dan mekanis seperti Penetrasi, Titik Lembek, Diktilitas, Titik Nyala, Dan rata – rata nilainya mencapai spesifikasi minimum yang ditentukan, Penetrasi diperoleh nilai 64.2 mm, Titik Lembek diperoleh nilai 54.4°C, Diktilitas diperoleh nilai 233cm, Titik Nyala diperoleh nilai 320°C memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3 Perkerasan Aspal.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk menganalisa kelebihan crumb rubber jika dilihat dari sisi ekonomis.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan mengurangi kadar aspal pada campuran dan dibandingkan, misalnya dengan membuat mix design untuk campuran dengan kadar aspal yang lebih rendah.
3. Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan beberapa variasi agregat agar didapatkan stabilitas yang lebih tinggi.
4. Disadari dari hasil penelitian yang dilakukan masih banyak kekurangan dan ketelitian dalam melaksanakan pengujian terutama komposisi campuran, sehingga penulis berharap kepada peneliti selanjutnya membuat campuran komposisi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga. (2010). Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3) Divisi 6 (pp. 1–89).
- Budianti, Mairna, 2005, Variasi Modifier Dan Metode Pemrosesan Pada Lasbutag Campuran Dingin Untuk Perkerasan Jalan Bermutu Tinggi, Jurnal Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang.
- Denny Azhari, (2018) dengan judul “Analisis Pengaruh Penggunaan Crumb Rubber Sebagai Bahan Penambah Aspal Dengan Filler Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)”
- Rahman, (2017). Pengaruh limbah karet ban terhadap sifat mekanik campuran aspal damar batu. Konstruksi dan Bahan Bangunan, 143, 422-430.
- Rahman, M., (2010). Effectiveness Of Thin Surface Treatment In Kansas (Doktoral Dissertation). Kansas State University
- SNI 06 2432 1991, Metode Pengujian Daktelitas Bahan-Bahan Aspal, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta
- SNI 06 2456 1991, Metode Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Sri Mulyani. (2018) dengan judul “Kajian Penambahan pada Aspal Modifikasi Crumb Rubber serta Kinerjanya pada Campuran Beraspal Panas”. Bahrudin. (2019) “Pembuatan Aspal Polimer Berbasis Karet Crumb Rubber Tanpa Pengaruh Mastikasi”
- Sukirman, S., (2003). Campuran Peraspal Panas. Penerbit Granit, Bandung
- Wisudawan, M., dkk., (2019). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet Wearing Course HRS-WC). Jurnal Teknik Sipil