

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah. Kerusakan jalan di Indonesia umumnya disebabkan oleh pembebanan yang terjadi berlebihan (overload), banyaknya arus kendaraan yang lewat (repetisi beban) sebagai akibat pertumbuhan jumlah kendaraan yang cepat terutama kendaraan komersial dan perubahan lingkungan atau oleh karena fungsi drainase yang kurang baik. Untuk itu, dibutuhkan penggunaan material untuk perkerasan jalan (beton aspal) dengan kualitas yang lebih tinggi, yang berupa agregat sebagai bahan pengisi dan aspal sebagai bahan pengikat.

Lapisan Aspal Beton (Laston) memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi sehingga penempatan langsung di atas lapisan seperti lapisan aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course, AC-WC*) membuat lapisan ini rentan terhadap kerusakan akibat temperatur yang tinggi dan beban lalu lintas berat. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada Laston adalah pelepasan butiran dan retak. Ketersediaan bahan lapis keras yang mencukupi dan memenuhi spesifikasi dituntut mutlak keberadaannya dalam pembangunan prasarana jalan yang berkelanjutan. Kondisi seperti ini mengakibatkan usaha untuk pengadaan bahan yang memenuhi spesifikasi menjadi tidak mudah walaupun banyak bahan lokal yang mulai dikenal tapi belum banyak dimanfaatkan secara maksimal. Salah satu kendala yang sering

dihadapi dalam pembuatan jalan khususnya mendapatkan agregat dan memenuhi persyaratan sehingga perlu bahan alternatif lain Sebagai bahan susun beton aspal, agregat haruslah memenuhi spesifikasi tertentu. Dalam beberapa kondisi dijumpai penggunaan bahan lokal seperti bahan pengisi dari sumber lain. Bahan tersebut mudah didapatkan dan ada kemungkinan memiliki berat jenis dan kualitas yang berbeda. Seperti halnya limbah pembuangan hasil olahan pabrik karet yaitu karet ban.

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 limbah karet ban terhadap campuran aspal 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.

Dari permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian dengan melakukan uji laboratorium tentang **“PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARET BAN TERHADAP CAMPURAN ASPAL JENIS AC-WC”** dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010. Pada spesifikasi Bina Marga 2010, campuran aspal harus ditambahkan *filler* dan *anti stripping agent*. Untuk memenuhi persyaratan tersebut digunakan *anti stripping agent* Derbo-401.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut kami dapat merumuskan masalah dalam penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana mekanisme pengolahan limbah karet ban untuk dapat dipergunakan sebagai bahan tambah dalam campuran aspal AC-WC ?
2. Bagaimana hasil pengujian marshall terhadap penambahan limbah karet ban dalam campuran lapisan beraspal AC-WC ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah limbah karet ban dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran aspal AC-WC, Jadi kami simpulkan tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui bagaimana mekanisme pengolahan limbah karet ban untuk dapat dipergunakan sebagai bahan tambah dalam campuran aspal AC-WC
2. Mengetahui bagaimana pengujian marshall terhadap penambahan limbah karet ban dalam campuran lapisan beraspal AC-WC

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini perlu dibatasi agar dapat dilakukan secara efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian.

Adapun lingkup penelitian ini terbatas pada :

1. Perencanaan campuran mengacu pada Spesifikasi umum Bina Marga edisi 2010 revisi 3 Laston AC-WC.
2. Pada penelitian ini limbah karet ban digunakan sebagai bahan tambah *additive* pada campuran aspal.

3. Metode yang digunakan sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2010, yaitu metode Uji Marshall
4. Penggunaan variasi limbah karet ban dihitung sebesar 1%, 3%, 5%, dan 7%.
5. Parameter campuran aspal yang dikaji adalah Stabilitas Marshall, flow, VIM, VMA, VFB, MQ.
6. Penelitian ini dilakukan terbatas pada pengujian laboratorium.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya kajian ini, diharapkan mampu memberikan manfaat bagi dunia konstruksi, khususnya konstruksi jalan raya dan menambah wawasan mengenai penambahan limbah karet ban sebagai bahan tambah campuran aspal AC – WC yang di tinjau terhadap nilai Marshall, apabila penelitian ini memberikan hasil yang positif, semoga dapat digunakan pada konstruksi jalan raya di Indonesia sekaligus juga dapat menjadi salah satu solusi terhadap permasalahan sampah karet ban yang semakin besar di Indonesia.

1.6 Kontribusi Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi terhadap permasalahan limbah karet ban sisa dari masyarakat yang sudah tidak digunakan lagi agar lebih dimanfaatkan kembali dan diolah untuk digunakan sebagai bahan tambah campuran perkerasan aspal. Penelitian ini juga diharapkan menjadi usulan kepada masyarakat agar lebih memanfaatkan lagi limbah karet ban yang sudah tidak terpakai bahwa masih ada nilai gunanya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Secara Umum

Campuran beraspal adalah campuran yang tersusun atas agregat, filler dan aspal sebagai bahan pengikatnya. Pada umumnya digunakan dalam konstruksi perkerasan lentur maupun perkerasan jenis komposit (beton beraspal). Kestabilan suatu perkerasan jalan, sangat dipengaruhi antara lain jenis bahan, keadaan fisik bahan serta kualitas bahan penyusun perkerasan jalan itu sendiri. Oleh karena itu, bahan perkerasan yang akan digunakan dalam campuran aspal, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan di laboratorium dengan harapan, kekuatan dari struktur perkerasan tersebut memenuhi persyaratan yang ditentukan.

Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari friksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuknya. Fraksi agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat (interlocking), dan kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan sifat kohesinya diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat dan aspal serta sifat-sifat campuran padat yang sudah terbentuk dari kedua bahan tersebut. Perkerasan beraspal dengan kinerja yang sesuai dengan persyaratan tidak akan dapat diperoleh jika bahan yang digunakan tidak memenuhi syarat, meskipun peralatan dan metoda kerja yang digunakan telah sesuai.

Perkerasan jalan di Indonesia umumnya mengalami kerusakan awal (kerusakan dini) antara lain akibat pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan (*over loading*), temperatur (cuaca), air, dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis. Berdasarkan gradasinya campuran beraspal panas dibedakan dalam tiga jenis campuran, yaitu campuran beraspal bergradasi rapat, senjang dan terbuka. Tebal minimum penghamparan masing-masing campuran sangat tergantung pada ukuran maksimum agregat yang digunakan. Tebal padat campuran beraspal harus lebih dari 2 kali ukuran butir agregat maksimum yang digunakan. Beberapa jenis campuran aspal panas yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

- AC (Asphalt Concrete) atau laston (lapis beton aspal)
- HRS (Hot Rolled Sheet) atau lataston (lapis tipis beton aspal)
- HRSS (Hot Rolled Sand Sheet) atau latasir (lapis tipis aspal pasir)

Laston (AC) merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Laston (AC) dapat dibedakan menjadi dua tergantung fungsinya pada konstruksi perkerasan jalan, yaitu untuk lapis permukaan atau lapisan aus (AC-wearing course) dan untuk lapis pondasi (AC-base, AC-binder, ATB (Asphalt Treated Base)). Lataston (HRS) juga dapat digunakan sebagai lapisan aus atau lapis pondasi. Latasir (HRSS) digunakan untuk lalu-lintas ringan (< 500.000 ESAL).

- a. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) dengan tebal minimum AC-WC adalah 4 cm. Lapisan ini

adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya, geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.

- b. Laston sebagai lapisan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course) dengan tebal minimum AC – BC adalah 5 cm. Lapisan ini untuk membentuk lapis pondasi jika digunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.
- c. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (Asphalt Concrete-Base) dengan tebal minimum AC-Base adalah 6cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi memerlukan stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.

Campuran beraspal panas terdiri atas kombinasi agregat, bahan pengisi (bila diperlukan) dan aspal yang dicampur secara panas pada temperatur tertentu. Komposisi bahan dalam campuran beraspal panas terlebih dahulu harus direncanakan sehingga setelah terpasang diperoleh perkerasan beraspal yang memenuhi kriteria :

- a) Stabilitas yang cukup. Lapisan beraspal harus mampu mendukung beban lalu-lintas yang melewatinya tanpa mengalami deformasi permanen dan deformasi plastis selama umur rencana.
- b) Durabilitas yang cukup. Lapisan beraspal mempunyai keawetan yang cukup akibat pengaruh cuaca dan beban lalu-lintas.
- c) Kelenturan yang cukup. Lapisan beraspal harus mampu menahan lendutan akibat beban lalu-lintas tanpa mengalami retak.

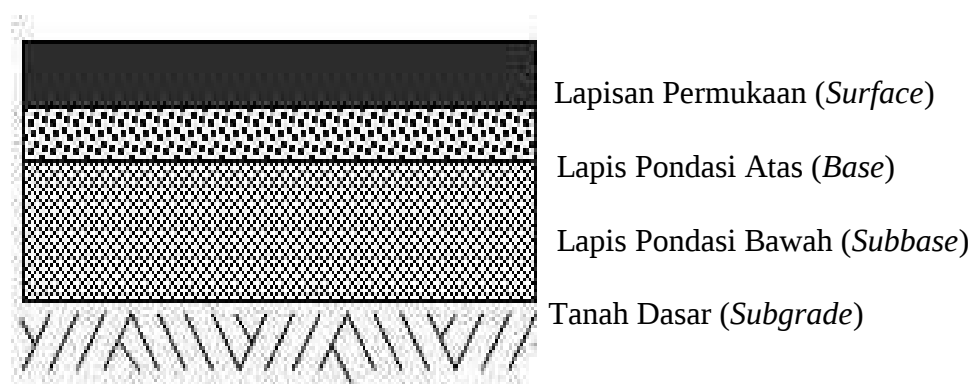
- d) Cukup kedap air. Lapisan beraspal cukup kedap air sehingga tidak ada rembesan air yang masuk ke lapis pondasi di bawahnya.
- e) Kekesatan yang cukup. Kekesatan permukaan lapisan beraspal berhubungan erat dengan keselamatan pengguna jalan.
- f) Ketahanan terhadap retak lelah (*fatigue*). Lapisan beraspal harus mampu menahan beban berulang dari beban lalu-lintas selama umur rencana.
- g) Kemudahan kerja. Campuran beraspal harus mudah dilaksanakan, mudah dihamparkan dan dipadatkan.
- h) Untuk dapat memenuhi ketujuh kriteria tersebut, maka sebelum pekerjaan campuran beraspal dilaksanakan, perlu terlebih dahulu dibuat formula campuran kerja (FCK). Pembuatan Formula Campuran Kerja (FCK) atau lebih dikenal dengan JMF (*Job Mix Formula*), meliputi penentuan proporsi dari beberapa fraksi agregat dengan aspal sedemikian rupa sehingga dapat memberikan kinerja perkerasan yang memenuhi syarat. Pembuatan campuran kerja dilakukan dengan beberapa tahapan dimulai dari penentuan gradasi agregat gabungan yang sesuai persyaratan dilanjutkan dengan membuat Formula Campuran Rencana (FCR) yang dilakukan di laboratorium. FCR dapat disetujui menjadi FCK apabila dari hasil percobaan pencampuran dan percobaan pemadatan di lapangan telah memenuhi persyaratan.

Berdasarkan bahan pengikatnya perkerasan jalan dibagi menjadi dua, yaitu :

A. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Perkerasan lentur memiliki umur rentang antara 10-20 tahun masa

pemakaian saja. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis bertujuan untuk menerima beban kendaraan yang melaluinya dan meneruskan ke lapisan di bawahnya. Biasanya material yang digunakan pada lapisan-lapisan perkerasan jalan semakin kebawah akan semakin berkurang kualitasnya. Karena lapisan yang berada dibawah lebih sedikit menahan beban.



Gambar 2. 1 Lapisan Perkerasan Lentur
Sumber : Hasil Analisa, 2022

Lapisan permukaan pada umumnya dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama. Lapisan ini terletak paling atas, yang berfungsi sebagai berikut:

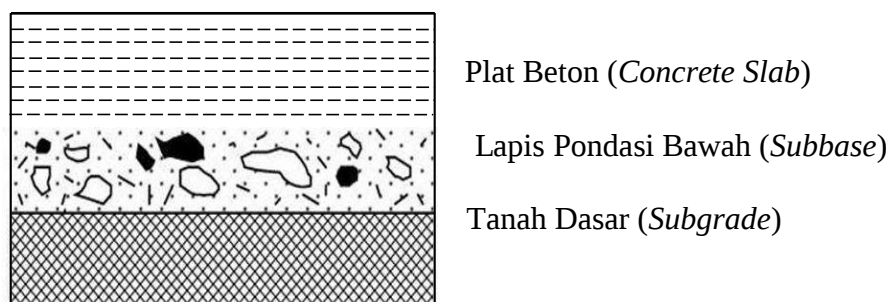
1. Menahan beban roda, oleh karena itu lapisan perkerasan ini harus mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa layan.
2. Lapisan kedap air, sehingga air hujan tidak meresap ke lapisan di bawahnya yang

akan mengakibatkan kerusakan pada lapisan tersebut.

3. Lapis aus, lapisan yang langsung terkena gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
4. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawahnya, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain.

B. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku merupakan suatu susunan konstruksi perkerasan dimana sebagai lapisan atasnya digunakan pelat beton, yang terletak di atas pondasi atau langsung di atas tanah dasar. Lapisan pondasi atas terletak tepat di bawah lapisan perkerasan, maka lapisan ini bertugas menerima beban yang berat. Oleh karena itu material yang digunakan harus berkualitas tinggi dan pelaksanaan di lapangan harus benar. Lapisan-lapisan perkerasan kaku adalah seperti gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2. 2 Lapisan Perkerasan Kaku

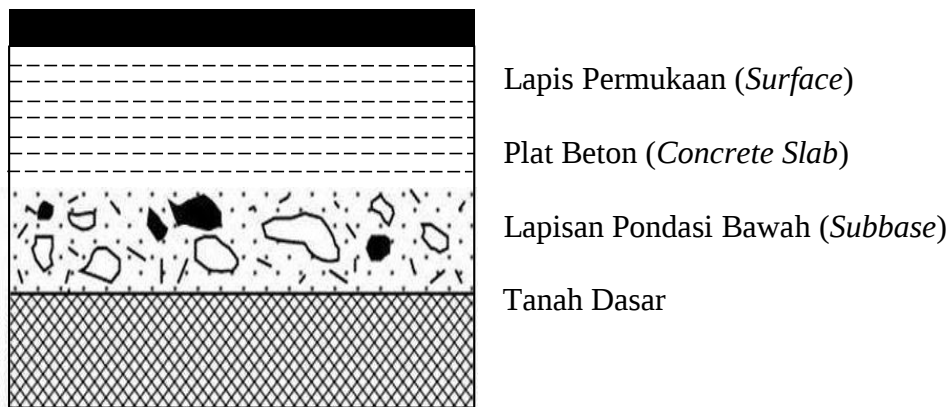
Sumber : Hasil Analisa, 2022

Perkerasan kaku ini memiliki umur rencana yang lebih lama dibandingkan perkerasan lentur., tetapi lebih mahal biaya yang dibutuhkan. Pada umumnya perkerasan kaku dipakai pada jalan antar lintas provinsi karena arus lalu lintasnya padat. Selain dari kedua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis

gabungan (*composite pavement*).

C. Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit merupakan perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur. Perkerasan lentur di atas perkerasan kaku atau sebaliknya.



Gambar 2. 3 Lapisan Perkerasan Komposit

Sumber : Hasil Analisa, 2022

D. Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku

Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2. 1 Perbedaan Perkerasan Lentur Dan Perkerasan Kaku

	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
Bahan Pengikat	Aspal	Semen
Repetisi Beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
Penurunan Tanah Dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
Perubahan Temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak. berubah timbul tegangan dalam yang besar

Sumber : Silvia Sukirman

2.1.1 Karakteristik Campuran Aspal AC-WC

Lapisan AC-WC adalah merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. AC-WC mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

Tabel 2. 2 Ketentuan Tebal Nominal Minimum

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
<i>Stone Matrix Asphalt</i> Tipis		SMA Tipis	3,0
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Halus		SMA-Halus	4,0
<i>Stone Matrix Asphalt</i> - Kasar		SMA-Kasar	5,0
Lataston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Fondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Fondasi	AC-Base	7,5

Sumber : Spesifikasi Bina Marga, 2010

Tabel 2. 3 Ketentuan Sifat-sifat Campuran

Sifat Sifat Campuran		Laston					
		AC-WC		AC-BC		AC-Base	
		halus	kasar	halus	kasar	halus	kasar
Kadar Aspal Efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Max				1,2		
Jumlah Tumbukan Perbidang Rongga Dalam Campuran (%)	Min			75		112 ⁽¹⁾	
	Max				3,5		
Rongga Dalam Agregat (VMA)(%)	Min	15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65		63		60	
Stabilitas Marshall (Kg)	Min		800			1800 ⁽¹⁾	
	Max		-			-	
Pelelehan (Mm)	Min		3			4,5 ⁽¹⁾	
Marshall Quotient (Kg/Mm)	Min		250			300	

Sumber : Spesifikasi Bina Marga, 2010

Fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat aspal dan agregat atau antara aspal itu sendiri, juga sebagai pengisi rongga pada agregat. Daya tahannya (durability) berupa kemampuan aspal mempertahankan sifat aspal akibat pengaruh cuaca dan

tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat. Sedangkan sifat adhesi dan kohesi yaitu kemampuan aspal mempertahankan ikatan yang baik. Sifat kepekaan terhadap temperaturnya aspal adalah material termoplastik yang bersifat lunak / cair apabila temperaturnya bertambah. Berdasarkan bentuk aspal dapat dibedakan dalam 3 jenis yaitu, (Sukirman, 2003) :

a. Aspal keras (Asphalt Cement)

Aspal keras pada suhu ruang (250 – 300 C) berbentuk padat. AC dibedakan berdasarkan nilai penetrasi (tingkat kekerasannya). Untuk Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas, volume lalu lintas tinggi sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin, lalu lintas rendah. Aspal keras yang biasa digunakan yaitu:

a. AC Pen 40/50

b. AC Pen 60/70

c. AC Pen 80/100

d. AC Pen 120/150

e. AC pen 200/300

b. Aspal cair (Cut Black Asphalt)

Aspal cair adalah campuran antara aspal keras dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Maka cut back asphalt berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (prime coat).

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

Berikut ini adalah Tabel 2.1 yang berisi spesifikasi dari aspal emulsi penetrasi 60/70 yang sering digunakan dalam pelaksanaan perkerasan di Indonesia

Tabel 2. 4 Spesifikasi aspal emulsi penetrasi 60/70

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135 °C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
5	Daktilitas pada 25 °C	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dlm <i>Toluene</i> , %	ASTM D 5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
9	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

Sumber : Spesifikasi Bina Marga, 2010

2.2 Bahan Penyusun Aspal

Bahan penyusun konstruksi perkerasan lentur terdiri dari agregat dan bahan pengikat berupa aspal.

2.2.1 Agregat

Menurut Sukirman, (2003), Agregat adalah suatu kombinasi dari pasir, kerikil, batu pecah atau kombinasi material lain yang digunakan dalam campuran beton aspal. Proporsi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler) didasarkan kepada spesifikasi dan gradasi yang tersedia. Jumlah agregat di dalam campuran aspal biasanya 90 sampai 95 persen, atau 75 sampai 85 persen dari volume. Agregat dapat diperoleh secara alami atau buatan.

Berdasarkan ukuran butirannya agregat dapat dibedakan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (filler). Batasan dari masing-masing agregat ini

seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.

2.2.1.1 Agregat Kasar

Agregat Kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Agregat Kasar, adalah agregat dengan ukuran butiran butiran lebih lebih besar dari dari saringan saringan No.88 (2,36 mm). Kerikil dalam penggunaannya harus memenuhi syarat- syarat sebagai berikut (SNI 03-1970-2008):

- a) Butir-butir keras yang tidak berpori serta bersifat kekal yang artinya tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti sinar matahari dan hujan.
- b) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, apabila melebihi maka harus dicuci lebih dahulu sebelum menggunakannya.
- c) Tidak boleh mengandung zat yang dapat merusak batuan seperti zat –zat yang reaktif terhadap alkali.
- d) Agregat kasar yang berbutir pipih hanya dapat digunakan apabila jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.
- e) Mengontrol workability atau sifat dapat dikerjakan adukan beton.

Dengan gradasi yang baik, akan diperoleh sifat beton yang mudah untuk dikerjakan.

Fraksi agregat kasar yaitu tertahan pada saringan no. 8 (2,36 mm), agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, awet, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat

interlocking yang baik dengan material yang lain. Agregat kasar pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada.

Tabel 2. 5 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417:2008	Maks.30%
	Semua jenis campuran aspal gradasi lainnya		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)		DoT's Pennsylvania Test Method, PTM No.621	95/90 1
Angularitas (kedalaman dari permukaan $\geq$ 10 cm)			80/75 1
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 :5	Maks.10%
Material lolos Ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

Sumber : Speksifikasi Bina Marga, 2010

2.2.1.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah semua butiran lolos saringan 4,75 mm. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alami, hasil pecahan dari batuan secara alami, atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh mesin pemecah batu yang biasa disebut abu batu. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 %, serta tidak mengandung zat-zat organik yang dapat merusak beton. Kegunannya adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar dan memberikan kelecakan.

Menurut SNI 03-1970-2008 Agregat halus adalah agregat dengan besar butir maksimum 4,75 mm. Persyaratan agregat halus secara umum menurut SNI-03-1970-2008 adalah sebagai berikut:

- a. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- b. Butir-butir halus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca. Sifat kekal agregat halus dapat di uji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat. Sedangkan jika dipakai magnesium sulfat
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% (terhadap berat kering), jika kadar lumpur melampaui 5% maka pasir harus di cuci.

Fraksi agregat halus yaitu, agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan no.8 (2,36mm), agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (interlocking) antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antara butir. Bahan ini dapat terdiri dari butir- butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Agregat halus pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah di tetapkan.

Tabel 2. 6 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50% SS,HRS dan AC gradasi halus, Min.70% AC gradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Max 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm)		Min. 40

Sumber : Speksifikasi Bina Marga, 2010

2.2.1.3 Berat Jenis Agregat

Berat jenis Agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar. Atau berat yang ringan. Terdapat beberapa jenis dari berat jenis (specific gravity) yaitu

(Sukirman, 2003). :

- a. Berat jenis bulk (bulk specific gravity), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat.
- b. Berat jenis kering permukaan (saturated surface dry), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan, jadi merupakan berat agregat kering + berat air yang dapat meresap ke dalam pori agregat, dan seluruh volume agregat.
- c. Berat jenis semu (apparent specific gravity), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi oleh air.
- d. Berat jenis efektif (effective specific gravity), adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, jadi merupakan berat agregat kering, dan volume agregat yang tak dapat diresapi aspal.

Pengukuran volume agregat dalam proses penentuan berat jenis agregat dilakukan dengan mempergunakan hukum Archimedes, yaitu berat benda dalam air akan berkurang sebanyak berat zat cair yang dipindahkan. Pengujian berat jenis agregat halus dilaksanakan mengikuti SNI, Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat halus, SNI 03-1970- 2008.

Tabel 2. 7 Gradasi Agregat Untuk Aspal

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran					
	Laston (AC)					
	Gradasi Halus			Gradasi Kasar		
	WC	BC	Base	WC	BC	Base
37,5	-		100	-	-	100
25	-	100	90-100	-	100	90-100
19	100	90-100	73-90	100	90-100	73-90
12,5	90-100	74-90	61-79	90-100	71-90	55-76
9,5	72-90	64-82	47-67	72-90	58-80	45-66
4,75	54-69	47-64	39,5-50	43-63	37-56	28-39,5
2,36	39,1-53	34,6-49	30,8-37	28-39,1	23-34,6	19-26,8
1,18	31,6-40	28,3-38	24,1-28	19-25,6	15-22,3	12-18,1
0,600	23,1-30	20,7-28	17,6-22	13-19,1	10-16,7	7-13,6
0,300	15,5-22	13,7-20	11,4-16	9-15,5	7-13,7	5-11,4
0,150	9-15	4-13	4-10	6-13	5-11	4,5-9
0,075	4-10	4-8	3-6	4-10	4-8	3-7

Sumber : Speksifikasi Bina Marga, 2010

JMF adalah suatu dokumen yang menyatakan bahwa rancangan campuran laboratprium yang tertera dalam DMF dapat diproduksi dengan instalasi pencampur beraspal (*Asphalt Mixing Plant*, AMP), dihampar dan dipadatkan di lapangan dengan peralatan yang telah ditetapkan dan memenuhi derajat kepadatan lapangan. Berikut toleransi komposisi campuran :

Tabel 2. 8 Toleransi Komposisi Campuran

Agregat Gabungan	Toleransi Komposisi Campuran
Sama atau lebih besar dari 2,36 mm	± 5 % berat total agregat
Lolos ayakan 2,36 mm sampai No.50	± 3 % berat total agregat
Lolos ayakan No.100 dan tertahan No.200	± 2 % berat total agregat
Lolos ayakan No.200	± 1 % berat total agregat
Kadar aspal	Toleransi
Kadar aspal	$\pm 0,3$ % berat total campuran
Temperatur Campuran	Toleransi
Bahan meninggalkan AMP dan dikirim ke tempat penghamparan	- 10 °C dari temperatur campuran beraspal di truk saat keluar dari AMP

Sumber : Speksifikasi Bina Marga, 2010

Dalam penelitian kali ini menggunakan Job Mix Formula (JMF) yang sudah ada.

Tabel 2. 9 Penyesuaian Proporsi Campuran AC-WC

No	Bahan	Jumlah %	Individual	Comulative
1	Agragat Kasar	23.43 %	281 gram	281.2 gram
2	Agragat Medium	30.92 %	371 gram	652.2 gram
3	Agragat Halus	37.48 %	450 gram	1102 gram
4	Filler	1.87 %	22 gram	1124 gram
5	Aspal	6.3 %	76 gram	1200 gram

Sumber : (Data (JMF) Job Mix Formula Acuan)

2.2.2 Aspal

Defenisi dari aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk ke pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan. (sukirman, 2003)

Fungsi aspal pada material perkerasan adalah bahan pengikat material agregat, dan bahan pengisi rongga butirab antar agregat dan pori-pori yang ada di dalam butiran agregat tersebut. Untuk dapat memenuhi kedua fungsi tersebut, agregat haruslah memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik. Sehingga aspal tersebut memiliki daya tahan yang tinggi terhadap pengaruh cuaca, beban dan pengaruh eksternal lainnya.

2.2.2.1 Karakteristik Campuran Aspal

Menurut Asphalt institute MS-22 (2001) perancangan campuran beraspal untuk lapis perkerasan harus memenuhi sifat-sifat sebagai berikut :

a. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah campuran beraspal dalam melawan deformasi plastis atau perubahan bentuk permanen akibat beban lalu lintas. Stabilitas ditentukan oleh tahanan gesek atau derajat penguncian yang dapat dikembangkan oleh partikel agregat, dan kohesi yang dapat dikembangkan oleh semen aspal. Stabilitas akan maksimal, jika agregat mempunyai permukaan kasar/tidak beraturan, dan volume aspal yang cukup, sehingga adhesi dengan permukaan agregat dapat disebarkan dengan merata.

b. Kelenturan (*flexibility*)

Kelenturan (*flexibility*) maksudnya adalah campuran aspal harus mampu mengakomodasi lendutan permanen dalam batas-batas tertentu dengan tanpa mengalami retak-retak. Untuk mendapat kelenturan yang tinggi, maka dapat digunakan agregat yang bergradasi terbuka atau gradasi senjang. Aspal yang digunakan harus lunak (penetrasi tinggi), atau digunakan kadar aspal relatif tinggi

sejauh dalam batas-batas masih belum terjadi kegemukan (*bleeding*).

c. Daya Tahan (*Durability*)

Daya tahan atau keawetan (*durability*), maksudnya adalah daya tahan suatu lapis perkerasan terhadap keusakan (*disintegrasi*) akibat beban lalu lintas dan pengaruh perubahan cuaca, dengan tanpa mengalami pelepasan film aspal dari butiran agregat. Perubahan cuaca dapat mengakibatkan penuaan aspal, yang antara lain meliputi oksidasi dan penguapan fraksi ringan aspal. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan durabilitas campuran agregat aspal adalah kadar aspal tinggi, gradasi agregat rapat, pemadatan sempurna, campuran agregat aspal kedap air, serta bantuan penyusunan lapis perkerasan harus cukup keras.

d. Tahan Terhadap Kelelahan (*Fatigue*)

Tahan terhadap kelelahan (*fatigue*) adalah ketahanan campuran aspal dalam menahan lendutan yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang berulang-ulang, sehingga campuran tidak cepat mengalami retak.

e. Mudah Dikerjakan (*Workability*)

Kemudahan dikerjakan (*Workability*), maksudnya campuran aspal harus mudah dikerjakan dalam pelaksanaan dilapangan. Termasuk penghampanan dan pemadatannya.

f. Kekesatan Permukaan (*Skid Resistance*)

Kekesatan Permukaan (*Skid Resistance*) Maksudnya lapisan permukaan aspal harus mempunyai kekesatan yang cukup tinggi, sehingga menjamin keselamatan pemakai jalan, terutama bila dalam kondisi basah. Untuk meningkatkan kekesatan, maka kadar berbentuk kubus dan persentase agregat kasar cukup.

g. Kedap Air (*Impermeable*)

Kedap air (*impremeable*) maksudnya kekedapan campuran beraspal terhadap masuknya air dan udara. Hal ini diperlukan untuk mencegah lolosnya air dan kontak aspal langsung dengan udara. Air dan udara akan mempercepat proses penuaan aspal. Selain itu, juga dapat menyebabkan pengelupasan lapis film aspal yang berada dipermukaan agregat.

2.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang digunakan dalam penilitan ini adalah semen. Bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalanda bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos saringan no. 200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya (SNI 03-6821-2002)

Fungsi bahan pengisi (*filler*) adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Apabila campuran agregat kasar dan halus masih belum masuk dalam spesifikasi yang telah ditentukan, maka pada campuran Laston perlu ditambah sengan *filler*. Sebagai *filler* dapat dibuganakan debu batu kapur, debu *dolomite* atau semen portland. Filler yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dalam keadaan kering (kadar air maks 1%) (SNI 03-6821-2002).

Tabel 2. 10 Gradasi Bahan Pengisi

Ukuran Saringan	Persen Lolos
No. 30 (600 mikron)	100
No. 50 (300 mikron)	95 – 100
No. 200 (75 mikron)	70 – 100

Sumber: (SNI-03-2834-2000)

2.3 Limbah Karet Ban

Limbah karet ban merupakan limbah sisa hasil ban kendaraan bekas yang sudah tidak terpakai, sifat-sifat karet ban salah satunya adalah memiliki ketahanan dengan adanya gesekan, dengan penambahan bahan limbah karet ban pada campuran beraspal diharapkan bisa mengurangi kepekaan aspal terhadap temperatur dan keelastisannya.

2.4 Karakteristik Marshall

Konsep uji Marshall dalam campuran aspal dikembangkan oleh Bruce Marshall, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan The mississippi State Highway Departement. Kemudian The U.S. Army Corp of Engineers, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian marshall dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya, kemudian distandarisasikan didalam American Society for Testing and Material 1989 (ASTM d-1559). Percobaan ini menggunakan benda uji standar berupa sebuah cetakan yang berdiameter 10, 16 mm dan tinggi 6,35 mm. Benda uji dipadatkan

dengan menggunakan alat pemadat marshall dengan berat 4,54 kg, diameter 3.7/8 inci dan tinggi jatuh 457 mm (18 inci). Hasil uji akan menunjukkan karakteristik Marshall dan karakteristik akan dipengaruhi oleh sifat campuran yaitu :

Kepadatan, rongga diantara agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam campuran kepadatan mutlak, stabilitas kelelehan serta hasil bagi 26 Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan dan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

MQ =

$$\frac{MS}{MF} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient*, (Kg/mm)

MS = *Marshall stability*, (kg)

MF = *Flow Marshall*, (mm)

2.5 Penelitian Terdahulu

2.5.1 Tria Kusuma Rini, Wahyudi Pratama, Dan Anis Amarwati

Penelitian yang dilakukan oleh Tria Kusuma Rini, Wahyudi Pratama Dan Anis Amarwati dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Terhadap Kuat Tekkan Marshall Pada Campuran Beton Aspal yang telah diterbitkan dalam jurnal kalibrasi “google scholar, Edisi : tahun 2015 Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri. Kinerja campuran agregat aspal untuk konstruksi perkerasan jalan dapat ditingkatkan dengan cara memodifikasi campuran aspal sehingga didapatkan perubahan sifat campuran aspal, khususnya

pada penetrasi dan titik lembeknya. Dengan penambahan bahan limbah karet ban diharapkan 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%). 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. 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 menjadi 1116.549 kg/mm. Sehingga campuran aspal tersebut dapat di gunakan untuk lapis perkerasan jalan berat.

2.5.2 Hermawan, Bagas Budi (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Hermawan, Bagas Budi dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARET PADAT BAN LUAR BEKAS TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL BETON” yang telah diterbitkan dalam jurnal ilmiah “google scholar”, Edisi : tahun 2018 Program studi Teknik Sipil Universitas Teknologi Yogyakarta. Salah satu usaha mengurangi kerusakan jalan akibat beban yang berlebih (overloading) adalah menaikkan mutu campuran beraspal melalui peningkatan mutu aspal. Untuk meningkatkan mutu aspal dapat dilakukan dengan menambahkan bahan aditif seperti limbah ban bekas. Penelitian tentang penggunaan limbah ban bekas 100 mesh sebagai bahan tambah dalam pembuatan benda uji marshall inibertujuan

untuk mengetahui pengaruh perubahan nilai karakteristik marshall properties dari kadar aspal optimum (KAO) antara aspal pen 60/70 murni dan aspal pen 60/70 dengan penambahan limbah karet padat ban luar bekas 100 mesh sertamengurangi dampak yang ditimbulkan oleh limbah karet ban yang selama ini mencemari lingkungan. Penelitian dilakukan untuk campuran panas jenis laston AC-WC (Asphalt Concrete–Wearing Course) dengan marshall test yang terdiri dari uji stabilitas, uji kelelahan (flow), VMA (Void in the Mineral Aggregate), VFA (Voids Filled with Asphalt), VIM (Void In Mix) dan Marshall Quotient (QM). Teknik pencampuran ban dengan aspal pen 60/70 dilakukan dengan cara memotong karet ban luar bekas tersebut dengan ukuran sebesar 0,15 mm, kemudian dicampurkan pada saat memasak aspal dengan suhu maksimal 200°C agar aspal tersebut tidak rusak. Pengujian dilakukan pada campuran aspal dengan variasi penambahan karet ban bekas sebanyak 6%, 8%, dan 10% dari berat total kadar aspal optimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stabilitas, marshall quotient, VFA semakin kecil. Sedangkan nilai flow, VIM, dan VMA semakin besar. Penambahan limbah ban bekas dapat mengurangi penggunaan aspal dalam campuran laston.

2.5.3 Kartikasari, D dan Arif, S (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Dwi Kartikasari dan Samsul Arif, dengan judul “Alternatif Penggunaan Serat Eceng Gondok Untuk Meningkatkan *Index Properties Of Marshall* Pada Campuran Laston Tipe I Sni 03-1737-1989” yang telah diterbitkan dalam jurnal ilmiah “UKaRsT” ISSN : 2579-4620, Edisi : tahun 2018 Program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan. Namun, perkerasan lentur memiliki banyak kelemahan, seperti kerusakan awal

pada permukaan jalan setelah beberapa waktu berlalu lalang sehingga jalan tidak dapat mencapai usia yang direncanakan. Untuk alasan ini, penelitian dilakukan untuk menambahkan campuran aspal panas yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas campuran, bahan yang dipilih adalah eceng gondok air alami. Metode yang digunakan adalah coba-coba dengan referensi SNI 03-1737-1989. Variasi yang digunakan adalah 3%, 5%, dan 7% dari berat aspal, tingkat aspal yang digunakan adalah 4,48%. Dari 3 variasi campuran yang digunakan pada Tipe I Asphalt Concrete Layer, diperoleh hasil bahwa kandungan serat eceng gondok yang memiliki skor terbaik dan memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 adalah persentase 7% yang diperoleh. dari data perhitungan menggunakan grafik dan model regresi di mana Marshall Stability adalah 889,73 Kg, VFWA (rongga diisi dengan aspal) sama dengan 65,97%, VIM (rongga dalam campuran) sama dengan 1,757%, VMA (rongga dalam agregat mineral) sama dengan hingga 20,30%, kepadatan 2,420 gr / cc, Aliran 3,37 mm, dan Marshall Quotient dari 265,80 Kg / mm.

2.5.4 Panjaitan, Richardo (2021)

Penelitian yang dilakukan oleh Panjaitan, Richardo dengan judul “ANALISIS PENGGUNAAN LIMBAH KARET BAN BEKAS PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN METODE MARSHALL” yang telah diterbitkan dalam jurnal ilmiah “Google Scholar, Edisi : tahun 2021. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet terbesar ke-2 di dunia, pada tahun 2011 menghasilkan sebesar 2.982.000 ton karet alam dalam hal ini Indonesia mempunyai kontribusi terhadap produksi karet dunia sebesar 27,06%. Tujuan dilakukannya

penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari limbah ban dalam bekas kendaraan terhadap karakteristik aspal dengan menggunakan pengujian marshall yang menggunakan bahan tambah limbah ban dalam bekas kendaraan 0% 2 %, 4 %, dan 6 % masing masing dibuat sebanyak 3 benda uji. Peneliti melakukan eksperimen terhadap variabel terikat yaitu karakteristik marshall dan variabel bebas yaitu penambahan serbuk karet ban dalam bekas kendaraan pada campuran AC-WC. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui nilai dari VIM (Void in the mix), VMA (Void in Mineral Agregate), VFA (Void Filled With Asphalt), Pelelehan (Flow), Stabilitas dan MQ (Marshall Quitient). Dari hasil penelitian bahwa kadar karet ban bekas dengan rentang 0% hingga 6% yang memenuhi semua parameter Marshall, lalu rentang tersebut diambil nilai tengahnya dan didapatkan Kadar serbuk karet ban bekas optimumnya sebesar 4%.

2.5.5 Widiyanto, T dan Kartikasari, D (2019)

Penelitian yang dilakukan oleh Triyoso Widiyanto dan Dwi Kartikasari, dengan judul “Pengaruh Campuran Serat Eceng Gondok Pada Laston Tipe Ii Spesifikasi Sni 03-1737-1989 Terhadap Nilai-Nilai Marshall” yang telah diterbitkan dalam jurnal ilmiah “CIVILLA” ISSN : 2503-2399, Edisi : tahun 2019 Program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan. Cara pengolahan eceng gondok menjadi serat selulosa dilakukan dengan sederhana berikut hal hal yang harus dilakukan memisahkan batang dengan daun dan akar setelah itu dicuci untuk membersihkan dari lumpur, setelah bersih batang dipotong-potong agar bisa dihaluskan dengan blender, setelah halus serat dijemur sampai kering. Hasil pengaruh penambahan Serat Eceng Gondok pada Laston Tipe II

Spesifikasi SNI 03-1737-1989 ditinjau terhadap nilai-nilai *Marshall* didapat hasil *Marshall Stability* mengalami kenaikan, kenaikan tertinggi pada penambahan serat eceng gondok 0,7% = 837kg, *Void In The Mix* mengalami kenaikan, kenaikan tertinggi pada penambahan serat eceng gondok 0,7% = 4,16%, *Void In Mineral Aggrerate* mengalami kenaikan, kenaikan tertinggi pada penambahan serat eceng gondok 0,7% = 16,68 %, *Void Filled With Asphalt* mengalami penurunan, terendah pada penambahan serat eceng gondok 0,7% = 71,89 % *Flow* mengalami penurunan, penurunan terendah pada penambahan serat eceng gondok 0,7% = 3,53 mm, *Marshall Quotient* mengalami kenaikan, kenaikan tertinggi penambahan serat eceng gondok 0,7% = 236,93 kg/mm.

2.5.6 KURNIAWAN, FEBY (2012)

Penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan, Feby dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KARET BAN LUAR” TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA LAPIS ASPAL BETON (LASTON)” Edisi : tahun 2012 Program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang. Lapis aspal beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis campuran, AC Lapis Aus (AC-WC), AC Lapis Antara (AC-BC) dan AC Lapis Pondasi (AC-Base). Sesuai gradasi agregatnya, campuran Laston (AC) bergradasi kasar dapat digunakan pada daerah yang mengalami deformasi yang lebih tinggi. Penggunaan limbah karet ban luar sebagai bahan tambahan campuran Laston diharapkan mampu mengurangi jumlah pemakaian aspal dan memberikan keuntungan diantaranya meningkatkan daya cengkeram permukaan akibat pengereman dan mengurangi kebisingan akibat gesekan ban roda

dengan permukaan perkerasan. Penambahan ‘limbah karet ban luar’ pada campuran Laston. Penambahan ‘limbah karet ban luar’ pada campuran Laston dibuat dengan variasi kadar karet 1%, 2% ,3%, 4%, dan 5% dari kadar aspal dapat meningkatkan kualitas pada campuran Laston terhadap karakteristik marshall. Diketahui bahwa campuran Laston dengan penambahan “ limbah karet ban luar “menghasilkan proporsi karet 0.20 % dan aspal 6.10 %, menghasilkan kadar karet optimum 3.2 %. Adapun kualitasnya adalah Marshall Stability 1100 kg, Marshall Quotient 4.3 kN/mm, Marshall Air Voids 5 % dan film thickness 5.5 μ m.

2.5.7 Abdillah, M Z dan Kartikasari, D (2018)

Penelitian yang dilakukan oleh Mohammad Zainudin Abdillah dan Dwi Kartikasari, dengan judul “ Substitusi Filler Pada Campuran Aspal Dengan Fly Ash dan Serbuk Batu Bata” yang telah diterbitkan dalam jurnal ilmiah “Civilla” ISSN : 2503-2399, Edisi : tahun 2018 Program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan. Dalam penilitan tersebut, peneliti melakukan eksperimen dan akan dilihat pengaruhnya dari penggantian *filler fly ash* batu bara dan serbuk batu bata pada *asphalt concrete – wearing course*. Pada pengujian stabilitas benda uji dengan 100% *fly ash* mengalami *blending*. Meskipun nilai stabilitasnya rendah tapi masih memenuhi spesifikasi bina marga. Sifat *fly ash* yang liicn membuat bahan filler tersebut mengalami *blending/keruntuhan*. Nilai *marshall questient* MQ pada benda uji 100% serbuk batu bata merah tidak memenuhi spesifikasi bina marga yaitu kurang dari 250 kg/mm. Metode penelitian dilakukan di Laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan.

2.5.8 Ahlul, Ahlul Fikri El Hasani (2021)

Penelitian yang dilakukan oleh Ahlul, Ahlul Fikri El Hasani (2021) dengan judul “PENGARUH SERUTAN BAN SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN ASPAL TERHADAP PARAMETER MARSHALL CAMPURAN ASPAL AC-WC”, Edisi Tahun 2021, Universitas Andalas. Jalan merupakan prasarana yang digunakan guna menunjang kegiatan masyarakat sebagaimana yang diketahui bahwa sifat alami manusia yang selalu berpindah demi memenuhi kebutuhan hidup dan berkomunikasi satu sama lain. Untuk mengoptimalkan kebutuhan tersebut maka dalam membangun jalan diperlukan perencanaan yang baik sehingga diperoleh keamanan, kenyamanan, dan juga ekonomis. Banyak upaya yang dilakukan untuk mendapatkan kekuatan atau kualitas campuran aspal termasuk dengan menggunakan bahan tambah salah satunya dengan menggunakan limbah karet ban. Tujuan dari penggunaan karet ban pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh karet ban terhadap stabilitas campuran aspal dengan melakukan beberapa uji variasi kadar serutan ban pada perkerasan lentur lapis Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC). Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan penggunaan kadar serutan karet ban sebanyak 1,5%; 3,5% ; 5,5% ; dan 7,5% dan kadar aspal optimum 7,208% yang didapat dari pengujian sebelumnya didapatkan nilai stabilitas dan kelelahan lebih tinggi dibandingkan dengan campuran aspal tanpa bahan tambah. Untuk campuran dengan nilai stabilitas terbaik adalah campuran dengan persentase kadar serutan ban sebesar 3,5%. Pada kadar serutan ban 3,5% didapatkan nilai stabilitas 1773,017 kg, nilai kelelahan 5,590 mm, dan nilai MQ sebesar 314,445 kg/mm.

2.5.9 Hartantyo, S D dan Hepiyanto, R (2018)

Penelitian ini dilakukan oleh Sugeng Dwi Hartantyo dan Rasio Hepiyanto, dengan judul “Studi Bahan Tambah Serat Eceng Gondok pada Laston Tipe Xi Terhadap INdex Marshall Test Menggunakan Kerikil Mantup” yang telah diterbitkan dalam jurnal ilmiah “UKaRsT” ISSN : 2579-4620, Edisi tahun 2018 Program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan. Laston adalah campuran agregat kasar, agregat halus, dan pengisi dengan pengikat dibawah suhu 145-155°C dengan komposisi sedang dipelajari dan diatur oleh spesifikasi teknis. Laston sendiri biasa digunakan di Indonesia dengan gradasi kontinu yang digunakan untuk beban lalu lintas yang berat. Eceng gondok adalah gulma air yang setelah tumbuh dan berkembang, ia memiliki kandungan serat selulosa yang tinggi, yaitu sekitar 60%. Untuk itu, dilakukan penelitian untuk menambahkan beban campuran aspal yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas hasil campuran. Nahan yang dipilih adalah eceng gondok alami. Metode ini digunakan adalah coba-coba dengan mengacu pada SNI 03-1737-1989. Variasi yang digunakan adalah 3%, 5% dan 7% dari berat aspal, tingkat aspal yang digunakan adalah 5,61%. Hasil penelitian ini adalah evaluasi marshall dimana skor terbesar yang diperoleh untuk stabilitas adalah 1325 kg, aliran adalah 3,73 mm, Quotient Marshall adalah 401,02 kg/mm. VMA adalah 66,30%, VFWA adalah 19,25% dan skor VIM adalah 54,35%. Dengan hasil ini, campuran aspal tidak dapat digunakan karena hasil VMA, VFWA, dan VIM belum sesuai dengan spesifikasi SNI 03-1737-1989.

2.5.10 Saifullah, Happy Faizal (2018)

Penelitian ini dilakukan oleh Saifullah, Happy Faizal (2018) dengan judul “PENGARUH VARIASI BAHAN TAMBAHAN LIMBAH KARET PADAT BAN LUAR PADA ASPAL BETON TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL LABORATORIUM” Edisi : tahun 2018 Univercity Teknologi Yogyakarta. Penelitian mengenai pengaruh variasi bahan tambah limbah karet padat ban luar bekas pada beton aspal terhadap karakteristik marshall laboratorium bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan karet ban bekas sebagai bahan tambah (additive) terhadap karakteristik marshall test pada campuran beton aspal perkerasan laston AC-WC, pengaruh pemanfaatan limbah karet padat ban luar bekas terhadap lingkungan, marshall properties, memperbaiki kondisi aspal menjadi lebih baik lagi. Metode penelitian mengenai studi literatur, tinjauan secara ekonomi tentang kegunaan karet dan pemeriksaan sifat dan kualitas aspal karet di laboratorium serta pengujian campuran beraspal dengan bahan pengikat aspal karet di laboratorium dan analisa hasil pengujian. Pencampuran dilakukan dengan bahan limbah karet lolos 100 mesh yang dicampurkan metode putaran stabil dengan aspal panas dengan suhu pencampuran 200°C. Pengujian campuran perkerasan dilakukan dengan metode Marshall dengan nilai KAO (kadar aspal optimum) sebesar 6,35%. Pada penelitian ini menggunakan variasi tambah limbah ban karet padat sebagai aditif aspal modifikasi, sebesar 5 %,7 %,dan 9 %. Hasil penelitian sifat aspal yang diperoleh menunjukkan meningkatnya nilai penetrasi, titik lembek, dan viskositas yang merupakan hasil intrepetasi kemampuan dalam menerima serta menahan beban, suhu tinggi dan suhu rendah. Hasil pengujian marshall menunjukan variasi

bahan tambah limbah ban karet menghasilkan nilai stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, dan impermeabilitas yang lebih baik. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh diambil kesimpulan penambahan limbah karet ban luar menghasilkan sifat dan campuran perkerasan menjadi lebih baik. Nilai pencampuran optimum yang didapatkan dalam variasi penambahan aspal modifikasi adalah antara 5% dan 7%.

**2.5.11 Hariman Al FaritzieHijriah, Zuul Fitriana Umari, Ricardo Panjaitan
(2021)**

Penelitian yang dilakukan oleh Hariman Al FaritzieHijriah, Zuul Fitriana Umari, Ricardo Panjaitan. dengan judul “Analisis Kadar Optimum Serbuk Karet Ban Dalam Bekas Pada Campuran Aspal” Edisi : tahun 2021 Universitas Tridianti Palembang. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil karet terbesar ke-2 di dunia, pada tahun 2011 menghasilkan sebesar 2.982.000 ton karet alam dalam hal ini Indonesia mempunyai kontribusi terhadap produksi karet dunia sebesar 27,06%. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh dari limbah ban dalam bekas kendaraan terhadap karakteristik aspal dengan menggunakan pengujian marshall yang menggunakan bahan tambah limbah ban dalam bekas kendaraan 0% 2 %, 4 %, dan 6 % masing masing dibuat sebanyak 3 benda uji. Peneliti melakukan eksperimen terhadap variabel terikat yaitu karakteristik marshall dan variabel bebas yaitu penambahan serbuk karet ban dalam bekas kendaraan pada campuran AC-WC. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui nilai dari VIM (Void in the mix), VMA (Void in Mineral Agregate), VFA (Void Filled With Asphalt), Pelelehan (Flow), Stabilitas dan MQ (Marshall Quotient). Dari hasil

penelitian bahwa kadar karet ban bekas dengan rentang 0% hingga 6% yang memenuhi semua parameter Marshall, lalu rentang tersebut diambil nilai tengahnya dan didapatkan penambahan kadar serbuk karet ban bekas optimumnya sebesar 4%.

2.5.12 NAINGGOLAN, DHONNY CHRISTOPER (2021)

Penelitian yang dilakukan oleh Nainggolan, Dhonny Christoper. dengan judul “Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Dalam Bekas Kendaraan Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Beton Aspal” yang diterbitkan oleh Repository, Universitas HKBP Nommensen tahun 2021. Seiring dengan banyak ditemui jalan yang kurang memenuhi syarat atau kualitas aspal yang rendah, dan mudah rusak karena kurang mampu menahan beban, cuaca dan lain-lain membuat perlunya peningkatan jalan. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kualitas aspal adalah memanfaatkan bahan limbah seperti bahan karet ban dalam bekas kendaraan sebagai pengisi bahan campuran. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk tau pengaruh karakteristik marshall terhap beton aspal. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen menggunakan bahan tambah ban karet bekas kendaraan dengan variasi yang berbeda, yaitu 0%, 2%, 3%, dan 4%. Masing-masing variasi kadar ban karet bekas kendaraan dibuat 2 sampel benda uji dengan Kode (5.D-1, 5.D-2, 6.D-1, 6.D-2, 7.D-1, dan 7.D-2) dengan jumlah benda uji 24 benda uji, kemudian diuji menggunakan metode marshall untuk mendapatkan nilai dari VMA, VIM, VFB, Stabilitas, FLOW dan MQ (marshall Quotient). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kadar ban karet bekas kendaraan mempengaruhi nilai karakteristik aspal pada pengujian marshall. Semakin bertambahnya kadar ban karet bekas kendaraan, maka

meningkatnya nilai VIM, VMA, Stabilitas dan MQ. Penambahan paling efektif adalah kadar 2% dengan nilai VMA 19,835%, VIM 4,174%, VFB 78,969, Stabilitas 3488,775, Flow 3,15 mm, dan serta nilai MQ sebesar 1107,924 Kg/mm

2.5.13 Fajri Andartha, M (2021)

Penelitian ini dilakukan oleh Fajri Andharta, M. yang berjudul “ANALISIS STABILITAS CAMPURAN BERASPAL LASTON AC-WC DENGAN BAHAN TAMBAH SERBUK KARET BAN BEKAS (CRUMB RUBBER)” Edisi tahun 2021, Universitas Tridinanti Palembang. Secara umum jalan dibangun sebagai prasarana untuk memudahkan mobilitas dan aksesibilitas kegiatan sosial ekonomi dalam masyarakat. Keberadaan jalan raya sangatlah diperlukan untuk menunjang laju pertumbuhan ekonomi, pertanian serta sektor lainnya. bertambahnya volume kendaraan bermotor dari tahun ke tahun hal inilah yang menyebabkan tingginya volume lalu lintas, mengakibatkan kerusakan pada jalan dan waktu tempuh perjalanan menjadi tidak sesuai rencana, peneliti bermaksud untuk menambahkan serbuk karet ban bekas (crumb rubber) kedalam campuran laston AC-WC untuk menambah tingkat elastisitas dan keawetan campuran laston AC-WC dengan cara mencampur serbuk karet ban bekas, aspal dan agregat. Penelitian ini memiliki dua tahapan dalam pembuatan benda uji, tahap pertama pembuatan benda uji normal dengan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, tahap selanjutnya dilakukan penambahan serbuk karet ban bekas (crumb rubber) dengan kadar 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, serbuk karet ban bekas dalam penelitian ini berfungsi untuk mengurangi sebagian berat aspal namun dalam proses pencampuran dengan aspal dan agregat menggunakan proses kering (dry mix). Untuk karakteristik campuran

laston Ac-Wc + serbuk karet ban bekas (crumb rubber) dapat disimpulkan bahwa rendahnya nilai rongga yang terisi aspal (VFA) yang paling rendah dan tidak masuk batasan spesifikasi di kadar 20% sebesar 63,99%, menurunnya nilai rongga yang terisi aspal mengakibatkan tingginya nilai rongga di dalam campuran (VIM) yang paling tinggi dan tidak masuk batasan spesifikasi di kadar 15% sebesar 5,26%, 20% sebesar 5,71%, sehingga campuran memiliki sifat porous (mudah menyerap). Namun selain nilai tersebut kadar pencampuran yang lain, nilai VFA, VIM, VMA, Stabilitas, Kelelehan dan Marshall Quotient semua hasil pengujian Marshall Test masuk dalam batas yang ditentukan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dari semua variasi campuran laston Ac-Wc + serbuk karet ban bekas (crumb rubber) 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% telah di uji dan di dapatkan kadar optimum campuran serbuk karet ban bekas (crumb rubber) sebesar 5% terhadap Laston Ac-Wc. Kata Kunci : Aspal, Laston Ac-Wc, Crumb Rubber, Marshall Test.

2.5.14 Putri Ajeng Prameswari, Priyo Pratomo, dan Dwi Herianto (2016)

Penelitian ini dilakukan oleh Putri Ajeng Prameswari, dkk yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan PET pada Laston Lapis Pengikat Terhadap Parameter Marshall” yang diterbitkan oleh JRSDD, Edisi Juni 2016, Vol. 4, No. 2 ISSN : 2303-0011. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pada penelitian ini dilakukan dengan menambahkan potongan PET pada campuran aspal menggunakan cara kering. Sebelum menambahkan PET pada campuran aspal, terlebih dahulu membuat benda uji dari gradasi batas tengah dan gradasi batas atas. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh pada kedua kelompok benda uji yaitu sebesar 6,44 %. Selanjutnya dilakukan penambahan PET pada campuran aspal

pada nilai KAO tersebut. Kadar PET yang ditambahkan pada campuran yaitu 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat aspal. Dari hasil pengujian dan analisis Marshall, penambahan PET pada campuran aspal beton lapis pengikat dapat meningkatkan nilai stabilitas. Nilai stabilitas terbesar yaitu pada penambahan PET 2 %. Nilai stabilitas akibat penambahan PET pada campuran aspal meningkat dibandingkan campuran aspal tanpa PET. Kadar penambahan PET yang baik untuk campuran aspal yaitu 2 % karena selain nilai stabilitasnya tinggi, parameter Marshall seperti VIM, VFA, VMA, MQ dan Flow juga telah memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2010.

2.5.15 Suhardi, Priyo Pratomo, Hadi Ali (2016)

Penelitian ini dilakukan oleh Suhardi, dkk yang berjudul “Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik” yang diterbitkan oleh JRSDD, Edisi Juni 2016, Vol. 4, No. 2 ISSN : 2303-0011. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Pada penelitian ini diperoleh nilai nilai parameter- parameter Marshall, nilai kelompok benda uji I dan benda uji II untuk parameter marshall memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2010 pada rentang kadar aspal 6,38 % sampai dengan 6,5%, dan nilai KAO yang didapatkan sebesar 6,44 %. Penelitian ini membuktikan bahwa dengan adanya penambahan variasi PET (Polyethylene Terephthalate) pada campuran AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) berpengaruh terhadap karakteristik Marshall, semakin tinggi kadar penambahan PET (Polyethylene Terephthalate) maka nilai stabilitas akan meningkat tetapi untuk nilai kadar rongga dalam campuran semakin tinggi persentasenya.

2.5.16 Farlin Rosyad dan Diea Destha Sary (2017)

Penelitian ini dilakukan oleh Farlin Rosyad dan Diea Destha Sary dengan judul “Pengaruh Penambahan Biji Plastik Sebagai Pengganti Fraksi Halus Terhadap Kepadatan Dan Stabilitas Campuran Aspal AC- BC” yang diterbitkan oleh Jurnal Ilmiah TEKNO Vol. 14, No. 1 tahun 2017 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bina Darma Palembang. Pada penelitian ini menggunakan biji plastik jenis Polypropylene dengan metode pengujian marshall, dari pengujian ini didapatkan nilai kepadatan dan stabilitas dari campuran aspal AC-BC dengan suhu 60° masa perendaman 30 menit dan 24 jam. Hasil dari pengujian didapatkan nilai nilai kepadatan tertinggi pada masa perendaman 30 menit dengan persentase 10% biji plastik yaitu 2,342 gr/cc sedangkan masa perendaman 24 jam dengan persentase 10% biji plastik yaitu 2,359 gr/cc dan stabilitas tertinggi pada masa perendaman 30 menit dengan persentase 8% biji plastik yaitu 1876,22 kg sedangkan masa perendaman 24 jam dengan persentase 10% biji plastik yaitu 1780,81 kg. Hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis dan dapat disimpulkan bahwa penambahan persentase biji plastik pada fraksi halus dapat meningkatkan nilai kepadatan dan stabilitas pada campuran aspal AC-BC.

2.5.17 Machsus Machsus, dkk (2020)

Penelitian ini dilakukan oleh Machsus Machsus dkk, yang berjudul “Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Pemadatan Campuran Laston Lapis Antara dengan Menggunakan Aspal Modifikasi” yang diterbitkan oleh Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, Vol. 18, No. 01 Tahun 2020, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pada penelitian ini metode yang

digunakan dalam pencampuran AC-BC ini adalah metode basah. Pembuatan dan pengujian benda uji dilakukan dalam 2 tahap, yakni pembuatan benda uji tanpa penambahan dan dengan penambahan PET. Hasilnya menunjukkan bahwa temperatur optimum pemadatan aspal konvensional 160°C dan stabilitas 1602,10 kN dan MQ sebesar 376,71 kg/mm. Pada aspal modifikasi dengan penambahan plastik tipe PET didapatkan temperatur optimum pemadatan 180°C dengan nilai stabilitas 2547,27 kN dan MQ sebesar 629,91 kg/mm.

2.5.18 Ilham Saputra Prayogi (2021)

Penelitian dilakukan oleh Ilham Saputra Prayogi yang berjudul "Karakteristik Pemanfaatan Penggunaan Ban Dalam Kendaraan Roda Empat Terhadap Campuran Laston" yang diterbitkan oleh Jurnal Kacapuri Edisi Tahun 2021. Laston adalah salah satu tipe perkerasan aspal yang paling sering digunakan di Indonesia. Terdiri atas 3 lapis, yaitu *AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)*, *AC-BC (Asphalt Concrete - Binder Course)*, dan *AC-BASE (Asphalt Concrete-Base)* sebagai pondasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana manfaat penggunaan ban dalam bekas kendaraan roda empat sebagai bahan tambahan pada campuran *AC-BC (Asphalt Concrete - Binder Course)* yang diharapkan penggunaannya dapat meningkatkan mutu perkerasan lentur jalan raya dan sekaligus salah satu langkah penanganan pengurangan sisa penggunaan limbah ban dalam bekas yang tidak terpakai. Untuk mengetahui pengaruh ban dalam bekas, dibuat komposisi campuran dengan 5 (lima) variasi kadar aspal. Berdasarkan Tes Marshall dengan komposisi tersebut diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 7,7%, stabilitas 1450 kg, nilai rongga dalam agregat (VMA)

22,30%, rongga dalam campuran (VIM) 4,50%, rongga terisi aspal (VFB) 80%, hasil bagi Marshall (MQ) 450,60 kg/mm.

2.5.19 Sumiati, Mahmuda, A. Syapawi (2019)

Penelitian ini dilakukan oleh Sumiati dkk yang berjudul “Perkerasan Aspal Beton AC-BC Limbah Plastik HDPE yang Tahan Terhadap Cuaca Ekstrem, yang diterbitkan oleh Construction and Material Journal, Vol. 1, No. 1, ISSN : 2655-9625 Tahun 2019. Magister Teknik Sipil Universitas Narotama Surabaya. Penelitian ini pengujian dilakukan pada 75 benda uji dengan kadar aspal optimum 5,4 % dan limbah plastik HDPE bervariasi 0%; 2%; 4%; 6% dan 8% terhadap berat aspal. Untuk mengetahui pengaruh suhu dari campuran Laston, sebelum dilakukan Marshall Test, terlebih dahulu benda uji direndam pada suhu 60o C; 70o C; 80o C selama 30 menit dan 60o C selama 24 jam. Berdasarkan Spesifikasi Lapis Perkerasan aspal (Bina Marga revisi 3, 2010), limbah plastik HDPE yang dapat ditambahkan pada campuran LASTON (AC-BC) hanya 2-4 % terhadap berat aspal, yang memenuhi nilai karakteristik Marshall dan tahan terhadap cuaca ekstrem.

2.5.20 Blima Oktaviastuti, Handika Setya Wijaya, Prana Indrawan (2018)

Penelitian ini dilakukan oleh Blima Oktaviastuti, Handika Setya Wijaya, Prana Indrawan yang berjudul “Pengaruh Penambahan Serbuk Ban Bekas Untuk Bahan Tambah Campuran ATB (Asphalt Treated Base)” yang diterbitkan oleh Jurnal Unitri Edisi tahun 2018. Kebutuhan kendaraan bermotor yang semakin meningkat setiap tahunnya harus diimbangi dengan fasilitas penunjangnya. Jalan untuk menunjang kelancaran berkendara menggunakan kendaraan bermotor, selalu memerlukan perawatan jika terjadi kerusakan. Kebutuhan bahan untuk

pembangunan jalan setiap tahun akan selalu meningkat, salah satunya kebutuhan aspal. Oleh karena itu, diperlukan beberapa alternatif pemanfaatan limbah agar kebutuhan aspal dapat terpenuhi. Banyak sekali limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai campuran aspal, salah satunya ban bekas yang setiap tahunnya selalu meningkat jumlahnya. Tujuan dari penelitian ini adalah: (1) Untuk mengetahui parameter Marshall dari 0%, 1,5%, 3%, 4,5%, dan 6% limbah ban bekas, dan (2) Untuk mengetahui tingkat penambahan limbah yang terbaik. ban bekas sebagai bahan tambahan pada campuran ATB ditinjau terhadap stabilitasnya. Penelitian ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif dengan desain penelitian eksperimen. Rancangan penelitian meliputi beberapa tahapan yaitu material agregat, serbuk ban, dan aspal, kemudian tahap pembuatan benda uji untuk menentukan kadar aspal optimum dengan 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, setelah itu didapatkan kadar aspal optimum kemudian dilakukan pembuatan benda uji dengan penambahan serbuk ban bekas dengan kisaran 0%, 1,5%, 3%, 4,5%, 6% dari berat agregat. Hasil penelitian adalah: (1) penambahan jumlah serbuk ban bekas cenderung menurunkan nilai stabilitas, (2) penambahan serbuk ban terbaik adalah pada kadar serbuk ban 1,5% dengan memperoleh nilai stabilitas 1293. Kg.

2.6 Posisi Penelitian

Perbedaan dalam penelitian yang dilakukan sekarang dengan penelitian terdahulu adalah, penelitian ini meneliti hanya pada limbah karet ban sebagai bahan tambah agregat pada campuran aspal jenis AC-WC. Kemudian perbedaan juga terdapat pada jumlah variasi presentase limbah karet ban.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Pelaksanaan penelitian seperti pembuatan benda uji, perawatan dan pengujian benda uji dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan. Penelitian yang di uji pada *asphalt concrete – wearing course* (AC-WC) adalah marshall test penambahan limbah karet ban sebagai bahan tambah campuran aspal. Semua bahan yang digunakan mengaju pada spesifikasi umum yang digunakan.

3.1.1 Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah Trial and Eror dengan uji laboratorium. Dengan jenis pengujian sebagai berikut :

1. Uji penyusun Aspal
 - a. Uji kualitas Aspal
 - b. Uji kualitas Agregat Halus
 - c. Uji kualitas Agregat Kasar
 - d. Uji Filler
2. Uji bahan tambah limbah karet ban sebagai bahan campuran aspal.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Lamongan Jl. Veteran No.53 A Lamongan.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penyusunan laporan ini peneliti melakukan beberapa metode dalam mengumpulkan data yang mencakup pengumpulan data primer maupun sekunder pada saat penelitian berlangsung.

3.3.1 Pengumpulan Data Primer

Berikut ini beberapa dari teknik pengumpulan data secara primer yang meliputi :

3.3.1.1 Observasi

Untuk mengumpulkan data peneliti terjun secara langsung ke lapangan pada saat proses pembuatan benda uji (*briket*). Dimulai dari pekerjaan proses pencacahan limbah karet ban, kemudian merancang job mix formula dan membuat briket dengan campuran limbah karet ban. Dari hal tersebut peneliti dapat mengetahui berbagai macam proses pekerjaan, situasi (kondisi) di laboratorium.

3.3.1.2 Wawancara

Wawancara merupakan teknik pengumpulan data yang dilakukan melalui tatap muka dan tanya jawab secara langsung kepada narasumber. Seperti ketika pada saat sebelum membuat job mix formula, kita dapat bertanya langsung kepada laboran mengenai campuran aspal panas.

3.3.1.3 Dokumentasi

Selama pelaksanaan penelitian berlangsung mulai dari pengumpulan limbah serbuk besi hingga pengetesan benda uji peneliti selalu mendokumentasikannya, dengan tujuan agar dari dokumentasi yang dapat peneliti ambil nantinya dapat bermanfaat dalam penyusunan laporan.

3.3.2 Pengumpulan Data Sekunder

Sumber-sumber data yang penulis himpau dari berbagai studi sumber sebagai tambahan perlengkapan dalam penyusunan skripsi ini misal studi literatur, mencari jurnal dari internet.

3.4 Analisa Data

Untuk mencari hubungan antara variabel-variabel yang dicari digunakan analisis regresi. Analisis regresi merupakan salah satu cara untuk mengetahui hubungan antar variabel dalam bentuk persamaan matematis.

3.4.1 Analisa saringan (*Sieve Analysis*)

Pemeriksaan analisa saringan ini disampaikan dengan manual :

PB-0201-76

(AASHATO T-27-74)

(ASTM C-138-46)

1. Maksud dan tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk :

- Menentukan Pembagian butir (gradasi agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan (Standar ASTM)
- Mengetahui ukuran butiran saringan agar dapat menentukan suatu komposisi campuran agregat yang memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

2. Peralatan

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji

- b. Satu set saringan : 50,8 mm (2'') ; 37,5 mm (1 ½'') ; 25 mm (1'') ; 19,1 mm (3/4'') ; 9,5 (3/8'') ; No.4 ; No.8 ; No.16 ; No.30 ; No.50 ; No.100 ; No.200 (Standart ASTM)
- c. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- d. Alat pemisah contoh
- e. Mesin Pengguncang saringan
- f. Talam – talam untuk tempat agregat.
- g. Kuas, sikat kuning, sendok dan alat lainnya.

3. Benda Uji

Fraksi Agregat, digolongkan menjadi 3 fraksi :

- F1, ukuran 1 ½ - ¾ '' , berat contoh 1000 gram
- F2, ukuran ¾ - No.4 , berat contoh 1000 gram
- F3, ukuran No.4 – No.200, berat contoh 1000 gram

Semua contoh yang digunakan sebagai benda uji diambil pada berat tetap. Berat tetap adalah berat agregat kering oven pada suhu kamar dan diulangi di oven.

satu jam lagi setelah didinginkan pada suhu kamar lagi maka beratnya tetap, oven harus senantiasa pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, karena air pada suhu 100° akan menguap sehingga kandungan air pada agregat itu akan hilang.

Klasifikasi Agregat

- Agregat Kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan No. 4
- Agregat Halus yaitu agregat yang lolos pada saringan No. 4 Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut di pisahkan

menjadi 2 bagian dengan saringan No.4, selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti tercantum diatas.

Benda uji disiapkan sesuai dengan persyaratan (PB-0208-76) kecuali apabila butiran yang melalui saringan No.200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

3.4.2 Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Pemeriksaan disesuaikan dengan :

- PB-0202-76
- (AASHTO T-85-74)
- (ASTM C-127-68)

1. Maksud dan tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*) dan berat jenis semua (*apparent*) dari agregat kasar.

- Berat jenis (*bulk specific gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat suling air yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$= \frac{Bk}{B+500-Bt} \dots\dots\dots(5)$$

- Berat jenis kering permukaan (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$= \frac{500}{B+Bk-Bt} \dots\dots\dots(6)$$

- Berat jenis semu (apparet specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

$$= \frac{Bk}{B+Bk-Bt} \dots\dots\dots(7)$$

- Penyerapan adalah presentase berat air yang diserap pori terhadap berat agregat kering

$$= \frac{500-Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

Bk : Berat benda uji kering oven (gram)

B : Berat piknometer berisi air (gram)

Bt : Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

500 : Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

2. Peralatan

Peralatan yang dipakai dalam praktikum ini adalah :

- Keranjang kawat ukuran 3.35 mm atau 2,36 mm (No. 6 atau No. 8) dengan kapasitas kira-kira 5kg.
- Tempat air dengan kapasitas dan bentuk yang sesuai untuk pemeriksaan, tempat ini harus dilengkapi dengan pipa sehingga permukaan air selalu tetap.
- Timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1% dari erat contoh yang ditimbang dan dilengkapi dengan alat penggantung keranjang.
- Oven yang dilengkapi dengan pengaturan suhu untuk memanaskan sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$

- e. Alat pemisah contoh :Saringan No. 4

3.4.3 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus

Pemeriksaan ini disesuaikan dengan :

- PB-0202-76
- (AASHTO T-85-74)
- (ASTM C-127-68)

1. Maksud dan tujuan :

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (bulk), berat jenis kering permukaan jenuh (saturated surface dry) dan berat jenis semua (apparent) dari agregat kasar.

- Berat jenis (bulk specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan berat suling air yang isinya sama dengan agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$= \frac{A}{B-C} \dots \dots \dots (1)$$

- Berat jenis kering permukaan (SSD) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

$$= \frac{B}{B-C} \dots \dots \dots (2)$$

- Berat jenis Semu (apparet specific gravity) ialah perbandingan antara berat agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu

$$= \frac{A}{A-C} \dots \dots \dots (3)$$

- Penyerapan adalah prosentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat

agregat kering.

$$= \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

A : Berat benda uji kering oven (gram)

B : Berat benda uji kering permukaan – jenuh (gram)

C : Berat benda uji kering permukaan jenuh dalam air (gram)

2. Peralatan

- a. Timbangan, kapasitas 1 kg atau lebih dengan ketelitian 0,1 gram
- b. Piknometer dengan kapasitas 500 ml
- c. Kerucut terpancung (cone), diameter bagian atas (4 ± 3) mm, diameter bagian bawah (90 ± 3) mm dan tinggi (75 ± 3) mm, dibuat dari logam tebal minimum 0,8 mm.
- d. Batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, berat (350 ± 15) gram, diameter permukaan (25 ± 3) mm
- e. Saringan No. 4
- f. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$
- g. Pengukur suhu dengan ketelitian pembacaan 1°C
- h. Talam
- i. Bejana tempat air dsb.

3.4.4 Penetrasi Aspal

Pemeriksaan ini disesuaikan dengan :

- PA -301-76

- (AASHTO T -45 -68)
- (ASTM D- 71)

1. Maksud dan tujuan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (solid atau semi solid). Dengan memasukan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu pula.

2. Peralatan

- a. Alat penetrasi yang dapat mengerakan pemegang jarum naik turun tanpa gesekan dan dapat mengukur penetrasi sampai 0,1 mm.
- b. Pemegang jarum seberat $(47 \pm 0,05)$ gram yang dapat di lepas dengan mudah dari alat penetrasi untuk penetran.
- c. Pemegang jarum seberat $(47 \pm 0,05)$ gram yang dapat di lepas dengan mudah dari alat penetrasi untuk penetran.
- d. Jarum penetrasi *stainless steel* dengan mutu 440 C atau HRC 54 sampai 60 dengan ukuran dan bentuk menurut gambar di bawah, ujung jarum harus berbentuk kerucut terpancung.
- e. Cawan contoh terbuat dari logam atau gelas berbentuk silinder dengan dasar yang rata-rata berukuran :

Penetrasi	Diameter	Kedalaman
<200	55 mm	35 mm
200-300	70 mm	45 mm

Bak peredam (waterbath), terdiri dari bejana tidak kurang 10 liter dan dapat

menahan suhu tertentu dengan ketelitian $\pm 0,1$ C. Bejana ini dilengkapi dengan pelat dasar berlubang-lubang terletak 50mm di atas bejana dan tidak kurang dari 100 mm dibawah permukaan air dalam bejana. Tempat air untuk berada uji di tempatkan dibawah alat penetrasi. Tempat tersebut mempunyai isi tidak kurang dari 350 ml dan tinggi yang cukup untuk meredam benda uji tanpa gerak.

Pengukuran waktu (stopwatch). Pengukuran waktu penetrasi dengan skala pembagian terkecil 0001 detik atau kurang dan kesalahan tertinggi 0.1 detik per jam f. Termometer.

3.5 Alur Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan dalam bentuk *flow chart* / bagan alir untuk memudahkan dalam memahaminya. Berikut adalah tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan oleh penulis.

3.5.1 Tahap Persiapan / Studi Literatur

Pada tahap ini melakukan atau mencari semua literatur / materi yang terkait dengan penelitian untuk dijadikan referensi dalam melakukan penelitian, pengolahan data maupun dalam penyusunan skripsi.

3.5.2 Tahap Persiapan Alat Dan Bahan

Pada tahap ini seluruh bahan dan peralatan yang dibutuhkan dalam penelitian, dapat dipersiapkan terlebih dahulu agar penelitian dapat berjalan dengan lancar.

3.5.3 Tahap Pemeriksaan Bahan Susun

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap material/bahan penyusun campuran aspla panas tipe AC-WC, yang dimaksudkan untuk mengetahui sifat dan

karakteristik material/bahan tersebut. Selain itu untuk mengetahui apakah material/bahan tersebut memenuhi persyaratan atau tidak.

3.5.4 Tahap Penentuan Kadar Optimum

Tahap ini merupakan tahapan menentukan kadar aspal rencana (tengah/ideal). Untuk mendapatkan kadar aspal rencana.

3.5.5 Tahap Pembuatan Job Mix formula

Pada tahap ini yang dilakukan yaitu merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi yang sesuai pada campuran aspal panas tipe AC-WC dengan penambahan limbah karet ban sebesar 1%, 3%, 5% dan 7%.

3.5.6 Tahap Pembuatan Benda Uji

Tahap ini merupakan tahap pembuatan benda uji aspal berdasarkan proporsi agregat dan variasi kadar aspal yang telah diperoleh dari tahapan sebelumnya.

3.5.7 Tahap Pengujian Marshall Test

Pengujian yang dilakukan pada tahap ini dimasukkan untuk memperoleh nilai-nilai Marshall dari pengujian Marshall Test dan mengetahui nilai-nilai karakteristik campuran benda uji.

Gambar 3. 1 *Flow Chart Penelitian*