

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu jenis lapisan permukaan sebagai bagian dari prasarana jalan adalah *Asphalt Concrete* atau aspal beton yang umum digunakan di Indonesia. Secara umum lapis perkerasan lentur terdiri dari lapis permukaan (AC-WC), lapis pengikat atau lapis antara (AC-BC), dan lapis pondasi (AC-Base). Dalam proses pencampuran, jumlah tumbukan dan suhu dalam pemadatan campuran aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan campuran aspal itu sendiri.

Aspal adalah material yang termoplastis, yang berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang rentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan. (Raharjo, 2016)

Berbagai faktor penyebab kerusakan jalan selain pengaruh temperatur juga disebabkan oleh faktor pemadatan saat pelaksanaan. Kerusakan jalan dapat terjadi akibat proses pemadatan campuran aspal yang dilakukan dilapangan tidak pada temperatur yang tepat karena terjadinya perubahan suhu, hal ini kerap terjadi pada saat proses pengangkutan campuran dari Asphalt Mixing Plant (AMP) ke lokasi penghamparan dan juga faktor cuaca.

Perubahan temperatur pemadatan dapat menyebabkan kerusakan seperti deformasi dan retak pada aspal. Hal ini dikarenakan perubahan sifat pada aspal akibat pengaruh temperatur. Pengaruh temperatur tersebut mengakibatkan terjadinya rongga dalam campuran. Karena dengan adanya rongga dalam campuran mengakibatkan terjadinya proses oksidasi. Terjadinya proses oksidasi dalam campuran akan berdampak pada penurunan sifat viscoelastisitas pada aspal sehingga sifat adhesi atau daya lekat pada aspal mengalami penurunan. Dengan menurunnya daya lekat aspal mengakibatkan campuran tidak lagi fleksibel tetapi mengarah pada sifat getas sehingga terjadi retak dan perubahan deformasi.

Campuran dengan potensi pemadatan tidak maksimal akan mendapatkan rongga yang besar sehingga tingkat kerapatan menurun. Pemadatan akan mengurangi rongga udara dalam campuran hotmix, sehingga menaikkan berat isi atau kepadatan (density) campuran. Pemadatan yang tepat pada campuran *Asphalt Concrete* adalah salah

satu parameter penting untuk membangun stabilitas dan ketahanan suatu konstruksi perkerasan. (Alifuddin, dkk, 2018)

Seiring dengan meningkatnya suhu perkerasan, campuran aspal menjadi lebih lunak dan lebih rentan mengalami deformasi. Deformasi ini dikatakan permanen karena deformasi yang terjadi pada permukaan perkerasan tidak kembali lagi ke posisi awal (*unrecoverable*) setelah terjadi pembebanan. Deformasi permanen (dalam bentuk rutting) banyak terjadi pada jalur tapak roda kendaraan.

Perubahan sifat viscoelastisitas pada aspal yang mengakibatkan daya lekat menurun sehingga berdampak pada aspal semakin getas dan gaya tarik dari campuran aspal beton berkurang. Beban roda kendaraan diatas struktur perkerasan menimbulkan gaya tekan ke bawah. Beban roda berhenti atau bergerak memberikan gaya tekan sehingga lapisan akan terjadi lendutan. Gaya Tarik yang terjadi pada lapisan bagian bawah mengakibatkan retak.

Aspal termodifikasi polimer merupakan salah satu jenis formula aspal dengan penambahan polimer untuk mendapatkan sifat perkerasan jalan yang lebih baik, yaitu mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan kelekatan pada agregat. Beberapa penelitian dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat aspal maka dilakukan berbagai macam modifikasi dengan penggunaan bahan tambah yang salah satunya adalah karet alam.

Lateks merupakan karet jenis alam, yaitu getah karet segar yang didapat langsung dari penyadapan batang karet. Lateks mempunyai kelebihan dibandingkan dengan karet berbentuk sintetis karena mempunyai daya elastis atau daya lenting sempurna, platisitas yang baik sehingga pengolahannya mudah. Dalam suatu penelitian menggunakan getah karet sebagai bahan tambahan campuran aspal. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan getah karet (lateks) pada campuran aspal dapat digunakan sebagai bahan penambah. Nilai stabilitas yang didapat dari penambahan getah karet (lateks) pada campuran aspal AC - BC dengan kadar lateks 4%, 6% dan 8% sudah memenuhi spesifikasi daktilitas yaitu melewati 100 cm dan juga nilai stabilitas yang diperoleh memenuhi spesifikasi marshall. (Suci Cahya Ferdilla, 2018)

Karet alam berpotensi sebagai bahan tambah aspal karena memiliki sifat kelengketan, plastisitas, elastis dan memiliki daya rengang yang tinggi. Pencampuran kedua bahan ini, karet alam dan aspal, dapat meningkatkan kinerja aspal antara lain mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan meningkatkan kelekatan aspal terhadap agregat (Suroso, 2007).

Sehingga terkait permasalahan diatas maka penulis melakukan penelitian lebih lanjut dengan mengangkat judul mengenai pengaruh temperatur pemadatan pada beton aspal dengan bahan tambah karet alam terhadap ketahanan deformasi dan kuat tarik tidak langsung.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah pada latar belakang, maka dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh temperatur pemadatan pada karakteristik beton aspal AC-WC dengan bahan tambah karet alam?
2. Bagaimana pengaruh temperatur pemadatan pada campuran beton aspal AC WC dengan bahan tambah karet alam terhadap ketahanan deformasi dan uji kuat tarik tidak langsung?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian permasalahan diatas, maka tujuan yang diharapkan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh temperatur pemadatan pada karakteristik beton aspal AC WC dengan bahan tambah karet alam.
2. Menganalisis pengaruh temperatur pemadatan pada campuran beton aspal AC WC dengan bahan tambah karet alam terhadap ketahanan deformasi dan uji kuat tarik tidak langsung

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini baik secara teoritis maupun praktis.

1. Manfaat Teoritis
 - a. Mengetahui pengaruh temperatur pemadatan pada campuran aspal beton (ac wc) dengan bahan tambah karet alam terhadap ketahanan deformasi dan kuat tarik tidak langsung di laboratorium.

b. Memberikan tambahan wacana dan referensi dibidang pengembangan bahan perkerasan jalan.

2. Manfaat Praktis

Sebagai bahan pertimbangan dalam upaya peningkatan standar dan mutu pekerjaan dalam pencampuran perkerasan jalan.

E. Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam Penelitian ini lebih terarah, penulis membatasi masalah diantaranya:

1. Penelitian ini lebih berfokus pada campuran *Asphalt Concrete* (AC-WC)
2. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal pertamina penetrasi 60/70
3. Agregat kasar dan agregat halus berasal dari sungai Bili-bili, kabupaten Gowa
4. Suhu temperatur pemadatan yang digunakan, yaitu 110 °C, 120 °C, 130 °C, 140 °C dan 150°C
5. Persyaratan gradasi agregat berdasarkan Spesifikasi Umum 2018
6. Tidak ditinjau kandungan kimia dari karet alam yang digunakan
7. Karet alam yang digunakan berasal dari pohon karet yang terletak di Kabupaten Bulukumba
8. Persentase penggunaan bahan tambah karet alam , yaitu 0%, 3%, 5%, 7%, dan 9%.

9. Pengujian karakteristik campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) dengan metode Marshall, pengujian Kuat Tarik Tidak Langsung dengan *Indirect Tensile Strength* meliputi tegangan (*strain*) dan regangan (*stress*), dan pengujian deformasi dengan *Wheel Tracking* meliputi stabilitas dinamis.

F. Sistematika Penulisan

Adapun Sistematika penulisan Tugas Akhir ini yang merupakan gambaran umum dari keseluruhan isi pembahasan ini akan diuraikan dalam lima bab secara singkat sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Dalam bab ini berisi dasar-dasar teori yang berhubungan dengan penelitian yang kami ambil. Bab ini juga berisi tentang dasar - dasar ketentuan parameter - parameter yang digunakan sebagai acuan penelitian yang dilakukan.

Bab III Metode Penelitian

Metode penelitian memuat hal – hal sebagai berikut: lokasi dan penelitian, metode pengumpulan data, alat bahan pengujian, tahap penelitian, dan flowchart penelitian.

Bab IV Analisis Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini diuraikan hasil pengujian fisik material agregat dan aspal, hasil uji Marshall, *Indirect Tensile Strength* (ITS), *Wheel*

Tracking, dan analisis karet alam terhadap kuat Tarik tidak langsung dan ketahanan deformasi.

Bab V Penutup

Pada Bab ini diuraikan kesimpulan terhadap hasil analisis yang telah diuji dan saran terhadap penelitian yang telah dilakukan.

Daftar Pustaka

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton Aspal AC-WC (*Ashpalt Concrete – Wearing Course*)

1. Pengertian Beton Aspal

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan (Silvia Sukirman, 2003).

Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (viskositas) yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan.

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. Adapun susunan lapis konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapis

permukaan (*surface course*), lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi bawah (*subbase course*), dan lapisan tanah dasar (*subgrade*).

Pembuatan Lapis Aspal Beton (Laston) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

2. Karakteristik Aspal Beton

Hal yang paling utama dalam desain sebuah campuran bitumen/aspal adalah memilih tipe agregat, mutu agregat, mutu aspal, modifier aspal (jika diperlukan), dan untuk menentukan kadar aspal yang dapat bekerja paling optimum selama kurun waktu umur perkerasan tersebut (*Asphalt Institute*,1997). Komposisi bahan dalam campuran beraspal panas terlebih dahulu harus direncanakan sehingga setelah terpasang diperoleh perkerasan beraspal yang memenuhi kriteria, Menurut Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal yaitu:

a. Stabilitas

Yaitu kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (*plastic flow*). Stabilitas terjadi dari hasil geseran

antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang alur, dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai stabilitas beton aspal adalah gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi, agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

b. Durabilitas (Daya tahan)

Yaitu ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (VIM) yang kecil, sebab dengan

demikian udara tidak masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga VMA yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik.

Untuk mencapai durabilitas yang baik maka diperlukan desain dengan campuran aspal yang optimal dengan campuran agregat. Aspal dengan kadar lebih menyebabkan durabilitas aspal beton menurun karena berpotensi terjadinya bleeding.

c. Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas atau Kelenturan, yaitu kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak. Untuk mencapai kelenturan yang tinggi diperlukan VMA yang besar, VIM yang kecil dan penetrasi yang tinggi. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

d. Skid Resistance (Tahan terhadap gesek)

Skid resistance adalah kemampuan permukaan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun slip. Faktor-faktor untuk mendapatkan keksatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, luas bidang

kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal. Ukuran maksimum butir agregat ikut menentukan kekesatan permukaan. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak saja harus mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan untuk permukaannya tidak mudah menjadi licin akibat repetisi kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh penggunaan agregat dengan permukaan kasar, penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding, dan penggunaan agregat kasar yang cukup.

e. *Fatigue Resistance* (Tahan terhadap kelelahan)

Fatigue resistance adalah kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat dan VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

f. *Impermeabilitas* (Kedap air)

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki oleh air ataupun kedalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat menyebabkan terjadinya percepatan proses

penuaan aspal, dan pengelupasan film/ selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

g. Workability

Workability adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam elaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, dan gradasi serta kondisi agregat. Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

Ketujuh sifat campuran aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu campuran. Dalam perancangan tebal perkerasan harus diperhatikan sifat-sifat aspal beton yang dominan lebih diinginkan akan menentukan jenis beton aspal yang dipilih. Jalan yang melayani lalu lintas ringan seperti mobil penumpang sepantasnya lebih memilih jenis beton aspal yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi daripada, memilih jenis beton aspal dengan stabilitas tinggi. Berikut adalah ketentuan sifat campuran Laston.

Tabel 2.1 Persyaratan Campuran Lapisan Aspal Beton (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston (AC)		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio lolos partikel ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Masrhall (Kg)	Min	800		1800
Kelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membela (refusal)	Min	2		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)

3. Jenis Lapisan Aspal Beton

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga (2018), lapisan aspal beton (Laston) terbagi menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Aspal Beton Lapis Aus (*Asphalt Concrete - Wearing Course*)

Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang terletak pada permukaan (surface) sebagai lapisan aus. Lapisan ini bersifat non-struktural tetapi direncanakan harus mampu tahan terhadap aus, beban kendaraan, cuaca, dan kedap air. Gradasi agregat AC-WC tergolong halus dibanding AC-BC dan AC-Base. Ukuran agregat maksimum adalah 19 cm dan tebal nominal minimum AC-WC adalah 4 cm.

b. Aspal Beton Lapis Antara (*Asphalt Concrete - Binder Course*)

Aspal Beton Lapis Antara (AC-BC) merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (Wearing Course) dan diatas lapisan pondasi (Base Course). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas. Gradasi agregat AC-BC tergolong lebih kasar dibanding AC-WC. Ukuran agregat maksimum adalah 25 cm dan tebal nominal minimum AC-BC adalah 6 cm.

c. Aspal Beton Lapis Pondasi (*Asphalt Concrete – Base*)

Aspal Beton Lapis Pondasi (AC-Base) merupakan perkerasan yang terletak di bawah lapis pengikat (AC-BC). Perkerasan ini tidak berhubungan langsung dengan beban diatasnya tetapi perlu memiliki stabilitas yang baik karena menahan beban kendaraan yang disalurkan dari lapisan diatasnya. Gradasi agregat AC-Base tergolong lebih kasar dibanding AC-WC dan AC-BC. Ukuran agregat maksimum adalah 25 cm dan tebal nominal minimum AC-BC adalah 7,5 cm.

B. Material Penyusun Campuran Aspal Beton AC - WC

Campuran material beton aspal terdiri dari agregat, aspal, dan filler. Dari penggunaan materi yang digunakan harus memili standar berdasarkan spesifikasi.

1. Agregat

Agregat adalah bahan penyusun utama dalam perkerasan jalan. Mutu dari agregat akan sangat menentukan mutu dari perkerasan yang akan dihasilkan. Pengawasan terhadap mutu agregat dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium. Agregat didefinisikan sebagai batu pecah, kerikil, pasir atau komposisi mineral lainnya, baik yang berupa hasil pengolahan (penyaringan, pemecahan) yang merupakan bahan baku utama konstruksi perkerasan jalan. Pada perkerasan beton aspal yang dibuat melalui proses pencampuran panas, agregat mengisi 95% berat campuran atau 75-85% volume campuran. Oleh karena itu perlu diperhatikan dengan baik kualitas agregat yang akan dipakai, yaitu memperhatikan sifat-sifat dari agregat tersebut seperti gradasi dan ukuran butir, kebersihan, bentuk dan tekstur permukaan, kekuatan dan porositas. Diperlukan pemeriksaan laboratorium mengenai mutu dari agregat itu sendiri. Dengan demikian agregat yang akan dipakai dalam penelitian dapat memenuhi sesuai dengan syarat yang ditentukan.

Tabel 2.2 Spesifikasi agregat untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos							
ASTM	(mm)	Stone Matrix Asphalt			Lastaston (HRS)		Laston (AC)		
		Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 1/2"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
3/4"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
1/2"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No. 4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No. 8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No. 16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No. 30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No. 50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No. 100	0,150						6-15	5-13	4-10
No. 200	0,075	8-12	8-12	8-12	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)

Sifat agregat memberikan pengaruh yang penting pada campuran beton aspal. Sifat agregat tersebut antara lain adalah gradasi. Gradasi adalah pembagian ukuran agregat. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu:

- Gradasi seragam (uniform gradation) Adalah gradasi dengan ukuran butir yang hampir sama
- Gradasi baik (well gradation) Adalah agregat yang ukuran butir dari besar ke kecil dengan porsi yang hampir seimbang
- Gradasi senjang (gap gradation) Adalah gradasi dimana ada bagian tertentu yang dihilangkan sebagian.

a. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah agregat yang lolos pada saringan $\frac{3}{4}$ (19,1 mm) dan tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) terdiri

dari batu pecah atau koral (kerikil pecah) berasal dari alam yang merupakan batu endapan. Fraksi agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran normal. Berdasarkan Spesifikasi Umum (2018), fraksi agregat kasar adalah yang tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm) harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung, sesuai tabel 2.3:

Tabel 2.3 Spesifikasi agregat kasar

Pengujian			Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium Sulfat			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran Aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Maks. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90
		Lainnya		95/90
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
		Lainnya		Maks. 10%
Material lolos Ayakan No. 200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%
Berat jenis dan penyerapan air			SNI 1969:2016	-
Penyerapan air (Absorpstion)			SNI 1969:2016	Maks. 3%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)

b. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang lewat saringan no. 4 (4,75 mm) dan tertahan saringan no. 200 (0,075 mm), biasanya

berupa pasir murni, hasil *screening* dari mesin pemecah batu atau kombinasi keduanya. Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan *interlocking* antara butiran karena agregat halus mengisi rongga antar butir. Agregat halus memegang peranan penting dalam pengontrolan daya tahan terhadap deformasi, tetapi penambahan daya tahan ini diikuti pula dengan penurunan daya tahan campuran secara keseluruhan jika melebihi proporsi yang diisyaratkan. Berdasarkan Spesifikasi Umum (2018), agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm). Agregat halus harus memenuhi ketentuan dan syarat-syarat sesuai pada tabel 2.4:

Tabel 2.4 Spesifikasi agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butir – butir Mudah Pecah dala Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%
Berat jenis dan penyerapan air	SNI 1970:2016	-
Penyerapan	SNI 1970:2016	Maks. 3%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)

2. Aspal

Aspal adalah material semen hitam, padat atau setengah padat dalam konsistensinya di mana pokok yang menonjol adalah

bitumen yang terjadi secara alam atau yang dihasilkan dengan penyulingan minyak (*Petroleum*). Aspal adalah koloida yang rumit dari material *hydrocarbon* yang terbuat dari *Asphaltenes*, *resin* dan *oil*. Sedangkan material aspal tersebut berwarna coklat tua hingga hitam dan bersifat melekat, berbentuk padat atau semi padat yang didapat dari alam dengan penyulingan minyak. Aspal dibuat dari minyak mentah (*crude oil*) dan secara umum berasal dari sisa hewan laut dan sisa tumbuhan laut dari masa lampau yang tertimbun oleh dan pecahan batu batuan. Setelah berjuta juta tahun material organis dan lumpur terakumulasi dalam lapisan lapisan setelah ratusan meter, beban dari beban teratas menekan lapisan yang terbawah menjadi batuan sedimen. Sedimen tersebut yang lama kelamaan menjadi atau terproses menjadi minyak mentah senyawa dasar *hydrocarbon*. Aspal akan mencair jika dipanaskan, dan kembali membeku jika suhu turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan bahan pembentuk campuran perkerasan lentur. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4%-10% berdasarkan berat campuran, atau 10%-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, S. 2003).

a. Jenis aspal

berdasarkan cara memperolehnya, aspal dibedakan menjadi dua yaitu:

1) Aspal Alam, adalah material aspal tambang yang diperoleh dari alam, jenis aspal alam terbagi menjadi dua, yaitu aspal gunung (*Rock Asphalt*) dan aspal danau (*Lake Asphalt*). Di Indonesia aspal gunung, dikenal dengan nama Asbuton (Aspal Batu Buton) yang bersal dari pulau Buton di Sulawesi Tenggara, yang dimana di dalam batu mengandung unsur aspal. Sedangkan Aspal danau yang paling terkenal adalah aspal danau Trinidad dan aspal Bermudez.

2) Aspal Buatan, adalah aspal yang diperoleh dari residu destilasi minyak bumi atau hasil penyulingan pembakaran batu bara. Jenis aspal Buatan antara lain:

- Bitumen/Aspal Minyak, adalah hasil penyulingan minyak bumi yang dipisahkan dari material lainnya.
- Tar/Aspal Batu Bara, adalah hasil penyulingan batu bara dan kayu (jarang digunakan dan beracun).

Aspal minyak dalam penggunaanya dibagi menjadi beberapa jenis, antara lain (Sukirman, S., 2003):

1) Aspal Keras/semen/beton (*Asphalt Concrete*) Aspal keras adalah aspal yang memiliki bentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan akan menjadi cair jika dipanaskan, Yang merupakan hasil destilasi minyak bumi. Aspal keras harus terlebih dahulu dipanaskan sebelum digunakan sebagai

bahan pengikat agregat. Di Indonesia, aspal semen biasanya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya yaitu:

- AC pen 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40-50
- AC pen 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60-70
- AC pen 85/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 85-100
- AC pen 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120-150
- AC pen 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200-300

Aspal yang nilai penetrasi rendah digunakan pada daerah yang bercuaca panas, serta volume lalu lintas tinggi. Sedangkan aspal dengan nilai penetrasi yang tinggi digunakan pada daerah yang dingin, serta volume lalu lintas yang rendah. Di Indonesia Aspal penetrasi 60/70 yang umum digunakan.

2) Aspal Dingin/cair Aspal cair adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang yang merupakan campuran antara aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar.

- RC (Rapid Curing Cut Back), yaitu aspal Cair pada dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap.

- MC (Medium Curing Cut Back), yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (kerosene).
- SC (Slow Curing Cut Back), yaitu aspal cair dengan bahan pencair solar (minyak disel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap

Berdasarkan fungsinya aspal beton dibedakan atas:

- 1) 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 bankendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya.
- 2) 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.
- 3) 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.

b. Karakteristik Aspal

Karakteristik aspal dibagi menjadi dua, yaitu:

1) Sifat Kimia Aspal

Dari sudut pandang kualitatif, aspal terdiri dari dua kelas utama senyawa: yang asphaltenes dan Maltenes. Dari sudut pandang kuantitatif, *Asphaltenes* terdiri dari 5 sampai 25% berat adalah campuran kompleks dari hidrokarbon, terdiri dari cincin aromatic kental dan senyawa heteroaromatic mengandung belerang. Ada juga amina dan amida, senyawa oksigen (keton, fenol atau asam karboksilat), nikel dan vanadium. Aspal merupakan senyawa yang kompleks, bahan utamanya disusun oleh hidrokarbon dan atom-atom N, S, dan O dalam jumlah yang kecil. Dimana unsur- unsur yang terkandung dalam bitumen, antara lain: Karbon (82-88%), Hidrogen (8-11%), Sulfur (0-6%), Oksigen (0-1,5%), dan Nitrogen (0-1%).

2) Sifat Fisik Aspal

Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan pengikat antara aspal sendiri dan agregat dan bahan pengisi yang rongga antar butir-butir

agregat. (Silvia Sukirman, 2012) Oleh karena itu, aspal harus memiliki sifat/ karakteristik fisik, yaitu:

- Daya tahan (*durability*), yaitu kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan.
- Adhesi yaitu kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal dan kohesi, yaitu kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.
- Aspal memiliki sifat termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair apabila temperatur bertambah.

Sedangkan karakteristik/ sifat aspal lainnya adalah:

- 1) Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologic*), yaitu hubungan antara tegangan (stress) dan regangan (strain) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu pembebanan yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanannya terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).
- 2) Aspal adalah bahan yang Thermoplastis, yaitu konsistensi atau viskositasnya akan berubah sesuai dengan perubahan

temperature yang terjadi. Semakin tinggi temperatur aspal, maka viskositasnya akan semakin rendah atau semakin encer demikian pulasebaliknya.

3) Aspal mempunyai sifat Thixotropy, yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan bahan pengisi yang berfungsi sebagai pengisi rongga pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Bahan pengisi yang ditambahkan (filler added) dapat berupa debu batu kapur (limestone dust), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M 303-89(2014), semen atau abu terbang tipe C dan F. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen.60-70. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (75 micron) tidak kurang dari 75 % terhadap beratnya. Menurut Spesifikasi Umum Jalan 2018 syarat bahan pengisi (filler) terlihat pada tabel 2.5

Tabel 2.5 Spesifikasi bahan pengisi (*Filler*)

Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
Berat Jenis	SNI 1970:2016 -	-
Material Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C136: 2012 Min. 75 %	Min. 75 %

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)

C. Karet Alam

Karet adalah polimer alam dari satuan isoprena yang tersusun dari atom karbon (C) dan atom hidrogen (H) yang berat molekul rata – ratanya tersebar antara 10.000 – 400.000. Senyawa ini terkandung pada getah beberapa jenis tumbuhan karet. Sumber utama dari lateks yang di gunakan untuk menciptakan karet adalah pohon karet *Hevea brasiliensis* (*Euphorbiaceae*).

Karet alam diperoleh dari getah beberapa jenis tumbuhan karet dengan cara melukai kulit pohon sehingga pohon akan memberikan respon yang menghasilkan lebih banyak lateks. Pada suhu normal, karet tidak berbentuk (*amorf*). Pada suhu rendah ia akan mengkristal. Dengan meningkatnya suhu, karet akan mengembang, Penurunan suhu akan mengembalikan keadaan mengembang ini. Inilah alasan mengapa karet bersifat elastis. Karet adalah bahan utama pembuatan Ban, beberapa alat – alat kesehatan, alat – alat yang memerlukan kelenturan dan tahan guncangan. Hidrokarbon dari karet alam tersusun atas rantai – rantai panjang yang mengandung 1000 – 5000 unit isoprene.



Gambar 2.1 Lateks/ Karet alam

Pada setiap ikatan isoprene terdapat ikatan rangkap gugus metilen, gugus ini merupakan gugus reaktif yang dapat menyebabkan reaksi oksidasi sehingga dapat merusak karet. Hidrokarbon karet dan zat – zat non karet merupakan bahan yang penting dalam menentukan sifat – sifat teknis karet alam. Hidrokarbon mudah teroksidasi oleh udara, sinar ultreviolet, panas pemutusan rantai ikatan molekul semakin pendek menyebabkan viskositas dan ketahanan karet terhadap reaksi plastisitas semakin berkurang.

Lateks mengandung 25-40 % bahan karet mentah (crude rubber) dan 60-77 % serum (air dan zat yang larut). Karet mentah mengandung 90-95 % karet murni, 2 - 3 % protein, 1-2 % asam lemak, 0,2 % gula, 0,5 % garam dari Na, K, Mg, P, Ca, Cu, Mn, dan Fe. Partikel karet tersuspensi (tersebar secara merata)dalam serum lateks dengan ukuran 0,004-3 mikron, atau 0,2 milyar partikel karet per millimeter lateks.

D. Desain Campuran

Desain campuran (*Mix Design*) bertujuan untuk mendapatkan perbandingan komposisi yang baik antara agregat, aspal, serta bahan tambah lainnya sehingga didapatkan campuran yang memenuhi spesifikasi campuran yang ditetapkan. *Mix design* campuran ini diharapkan mampu memberikan stabilitas dan ketahanan terhadap deformasi (*rutting*). Desain campuran ini harus memenuhi ketentuan dan syarat-syarat berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan campuran antara lain:

1. Komposisi Umum Campuran

Komposisi campuran yang digunakan berdasarkan gradasi agregat Laston AC-WC, aspal, dan bahan tambah yang sesuai spesifikasi.

2. Kadar Aspal

Kadar aspal yang ditetapkan adalah kadar aspal optimal yang didapatkan dari hasil uji *Marshall*. Persentase aspal yang sesungguhnya ditambah kedalam campuran akan tergantung pada daya absorpsi dari agregat yang dibutuhkan. Penentuan kadar aspal rencana dihitung dengan ketentuan sebagai berikut:

$$P_b = 0,035 a + 0,045 b + K_c + F \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

P_b = Pendekatan kadar aspal campuran

a = Persentase agregat tertahan saringan no. 8

b = Persentase agregat lolos saringan no. 8 tertahan no. 200

c = Persentase lolos saringan no. 200

K = 0,15 untuk 11-15% lolos saringan no. 200

0,20 untuk $\leq 5\%$ lolos saringan no. 200

0,18 untuk 6-10% lolos saringan no. 200

F = 1 untuk Laston (AC)

3. Proporsi Komponen Agregat

Komponen agregat kasar untuk campuran ditetapkan dalam pengertian fraksi rancangan yang terdiri dari:

a. Fraksi agregat kasar, yaitu persentase berat material yang tertahan saringan No. 8 terhadap berat total campuran.

b. Fraksi agregat halus yaitu persentase berat material yang lolos saringan No. 8 tertahan pada saringan No. 200 terhadap berat total campuran.

c. Fraksi bahan pengisi yaitu persentase berat material yang lolos saringan No. 200 terhadap berat total campuran.

4. Sifat campuran yang diharapkan apabila agregat dicampur dengan aspal, maka:

a. Diharapkan terjadi *interlocking* antar agregat dan antar agregat dengan aspal

b. Terdapat rongga- rongga pada agregat yang terisi aspal dan juga ada yang terisi udara.

- c. Terdapat lapisan aspal yang ketebalannya tergantung dari kadar aspal yang digunakan untuk menyelimuti partikel-partikel agregat.

Lapisan aspal yang baik haruslah memenuhi 4 syarat yaitu stabilitas, durabilitas, fleksibilitas, dan tahanan geser. Jika kadar aspal yang digunakan terlalu sedikit, akan mengakibatkan lapisan pengikat antar butir kurang, sehingga campuran berpotensi menjadi mudah retak dan rusak. Terlebih lagi jika kadar rongga yang dapat diresapi aspal besar (kadar aspal tinggi) akan berpotensi terjadinya *bleeding* sehingga berpengaruh ke tahanan geser dan stabilitas campuran. Selain itu, kadar aspal yang berlebih berpotensi mengurangi *interlocking* antar agregat sehingga mengurangi kekuatan campuran dalam menahan beban.

E. Temperatur Pemasatan

1. Temperatur

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu/temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur bertambah. Setiap jenis aspal mempunyai kepekaan terhadap temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Temperatur campuran beraspal panas merupakan satu-satunya

faktor yang paling penting dalam pemadatan, karena mempengaruhi viskositas aspal yang digunakan.

Temperatur pemadatan merupakan faktor penting yang mempengaruhi pemadatan. Kepadatan hanya bisa terjadi pada saat aspal dalam keadaan cukup cair sehingga aspal tersebut dapat berfungsi sebagai pelumas. Seiring meningkatnya temperatur pemadatan, menyebabkan viskositas aspal menurun sehingga pada proses pemadatan, penyusunan butiran agregat menjadi lebih mudah, stabilitas tinggi, meningkatnya kekakuan campuran, dan pada akhirnya akan memperkecil flow. Jika pemadatan campuran dilakukan pada viskositas aspal yang tinggi (kental) maka pada saat pemadatan akan terjadi pergeseran campuran beraspal karena campuran aspal belum cukup kaku untuk memikul beban dari alat pemadat. Sebaliknya bila viskositas aspal dilakukan pada temperatur yang sangat rendah (encer) maka pemadatan yang diberikan tidak lagi menaikkan kepadatan campuran tetapi justru akan merusak atau mungkin menghancurkan campuran tersebut.

Permasalahan ini bisa terjadi karena pada campuran aspal yang sudah cukup kaku, agregat pembentuknya sudah terikat kuat oleh aspal dan tidak lagi berfungsi sebagai pelumas untuk antar agregat, sehingga pemadatan yang diberikan sudah tidak mampu lagi memaksa partikel agregat untuk bergerak mendekat satu

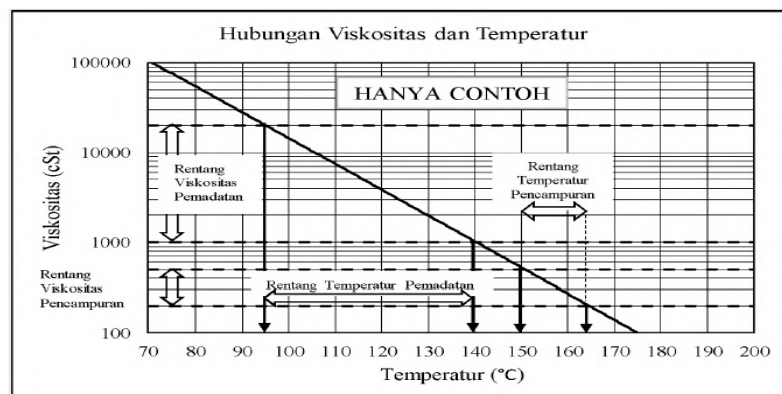
dengan lainnya tetapi justru akan menghancurkan ikatan antara agregat dengan aspal yang sudah terbentuk sebelumnya.

Campuran beraspal yang tidak memenuhi rentang temperatur yang merupakan korelasi rentang viskositas yang disyaratkan pada saat pemadatan awal, tidak boleh diterima untuk digunakan pada pekerjaan yang permanen.

Tabel 2.6 Kententuan viskositas dan temperatur aspal untuk pencampuran dan pemadatan.

No.	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal	Perkiraan temperature Aspal (°C)
1.	Pencampuran benda uji Marshall	$0,17 \pm 0,02$	155 ± 1
2.	Pemadatan benda uji Marshall	$0,28 \pm 0,03$	145 ± 1
3.	Pencampuran, rentang temperature sasaran	0,2 – 0,5	145 - 155
4.	Menuang campuran beraspal dari alat pencampur ke dalam truk	$\pm 0,5$	135 - 150
5.	Pemasokan ke Alat Penghampar	0,5 – 1,0	130 - 150
6.	Pemadatan Awal (roda baja)	1 - 2	125 - 145
7.	Pemadatan antara (roda karet)	2 - 20	100 – 125
8.	Pemadatan akhir (roda baja)	< 20	> 95

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)



Gambar 2.2 Contoh hubungan antara viskositas dan temperatur

2. Pemadatan Campuran

Pemadatan adalah suatu proses untuk memperkecil volume campuran dengan memperkecil rongga udara yang terdapat di dalam campuran. Cara yang dilakukan adalah dengan menekan partikel-partikel yang sudah diselimuti oleh aspal secara bersama-sama sehingga pori-pori udara dalam campuran berkurang. Pemadatan diharapkan berhasil bila dicapai kandungan rongga dan kerapatan yang optimum.

Pemadatan dimaksudkan untuk memperkecil ruang kosong (pori) dalam campuran perkerasan. Adanya pori-pori dapat menyebabkan masuknya udara serta air. Dengan adanya udara yang masuk dapat menyebabkan terjadinya proses oksidasi, sedangkan hasil oksidasi akan terlarut dalam air yang masuk ke dalam pori-pori yang menyebabkan campuran menjadi getas.

Proses pemadatan ada 2 cara yaitu:

a) Pemadatan Di Laboratorium

Pemadatan di laboratorium diperlukan untuk memadatkan campuran dalam cetakan besi (*mold*) berbentuk silinder dengan tinggi 10 cm dan diameter 7,5 cm untuk benda uji dalam pemeriksaan dengan alat Marshall. Pemadatan diawali dengan campuran dalam cetakan ditusuk-tusuk sebanyak 25 kali, kemudian dipadatkan dengan 75 kali tumbukan bebanyang beratnya 4,536 kg dan dijatuhkan dari ketinggian 45,7 cm (beban

jatuh bebas) untuk setiap permukaan atau 2x75 tumbukan untuk satu benda uji.

b) Pemadatan dilapangan

Tidak seperti pemadatan di laboratorium, Ketika dipadatkan campuran mendapatkan penahan (*retaining*) yang baik oleh cetakan (*mold*), yang terjadi dilapangan adalah campuran dipadatkan dalam keadaan tergelar bebas tanpa penahan sehingga sebelum tergilas campuran akan terdorong/ tergeser sedikit. Hal ini bisa dikurangi bila mesin penggelar (*asphalt finisher*) bekerja dengan baik dan operator *roller* telah berpengalaman, sehingga dapat melakukan prosedur yang benar dalam mengoperasikan alat pemadat.

F. Pengujian Marshall

Sebelum melakukan pengujian marshall terlebih dahulu dilakukan desain campuran (*mix design*) yang bertujuan untuk mendapatkan perbandingan komposisi dari bahan untuk pembuatan benda uji. Pengujian Marshall dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *Proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (500 lbs) dan

flowmeter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan *flowmeter* untuk mengukur kelelehan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti SNI 2489:2018. Hasil pemeriksaan Marshall, diperoleh data- data sebagai berikut:

1. Kadar aspal, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma.
2. Berat volume, dinyatakan dalam kg/m^3 .
3. Stabilitas, dinyatakan dalam bilangan bulat stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur (*rutting*).
4. Kelelehan plastis (*flow*), dinyatakan dalam mm atau 0,01 inci, *flow* dapat merupakan indikator terhadap lentur.
5. VIM (*Voids In Mix*), persentase rongga dalam campuran, dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka dibelakang koma, VIM merupakan indikator dari durabilitas kemungkinan Bleeding.
6. VMA (*Voids in Mineral Aggregates*), persen rongga terhadap agregat, dinyatakan dalam bilangan bulat, VMA bersama dengan VIM merupakan indikator dari durabilitas.
7. Hasil bagi Marshall (*Marshall Quotient*) merupakan hasil bagi stabilitas dan *flow*. Dinyatakan dalam kg/m merupakan Indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan.
8. Penyerapan aspal (*absorption*), persen terhadap berat campuran. Sehingga diperoleh gambar berupa kadar aspal efektif.

9. Tebal lapis aspal (film aspal), dinyatakan dalam mm. Film Aspal petunjuk tentang sifat durabilitas campuran.
10. Kadar aspal efektif, dinyatakan dalam bidang desimal satu angka dibelakang koma.



Gambar 2.3 Alat uji marshall test

Aspal beton dibentuk dari agregat, aspal dan atau tanpa bahan tambahan yang dicampur secara merata pada suhu tertentu. Campuran kemudian dihamparkan dan dipadatkan, sehingga terbentuk beton aspal padat. Sifat-sifat campuran beton aspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall antara lain:

1. Stabilitas

Stabilitas merupakan parameter yang menunjukkan batas maksimum beban yang dapat diterima oleh suatu campuran beraspal saat terjadi keruntuhan yang dinyatakan dalam kilogram. Nilai stabilitas yang rendah menunjukkan kelenturan dari campuran,

sebaliknya nilai campuran stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang kaku.

2. Kelelehan (Flow)

Nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja jarum dial flow biasanya dalam satuan mm (millimeter). Menurut Fredy, suatu campuran yang memiliki kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan kecenderungan untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya.

3. Marshall Quotient

Hasil Bagi Marshall merupakan hasil bagi stabilitas dengan kelelehan. Semakin tinggi nilai MQ, maka kemungkinan terjadinya kekakuan suatu campuran semakin tinggi, dan campuran akan semakin rentan terhadap keretakan.

$$\text{Marshall Quotient} = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} \dots\dots\dots (2.2)$$

4. Voids Filled with Asphalt (VFA)

Rongga terisi aspal (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut:

$$\text{VFA} = 100 \times \frac{\text{VMA} - \text{VIM}}{\text{VMA}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

VFA = Rongga yang terisi aspal, prosentase dari VMA, (%)

VMA = Rongga pada mineral agregat, prosentase dari volume total, (%)

VIM = Rongga pada campuran setelah pemadatan (%)

5. Voids in Mineral Aggregates (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Perhitungan VMA terhadap campuran adalah jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat dari campuran total, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$VMA = 100 - \frac{Gmb * Ps}{Gsb} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan pengertian:

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah).

Gsb = Berat jenis curah agregat

Ps = Agregat, persen berat total campuran

Gmb = Berat jenis curah campuran padat (ASTM D 2726)

Atau, jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat agregat, maka VMA dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$VMA = 100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + Pb} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan pengertian :

Pb = Aspal, persen berat agregat

Gmb = Berat jenis curah campuran padat

Gsb = Berat jenis curah agregat

6. Void In Mix (VIM)

Rongga udara dalam campuran (Va) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

VIM = Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

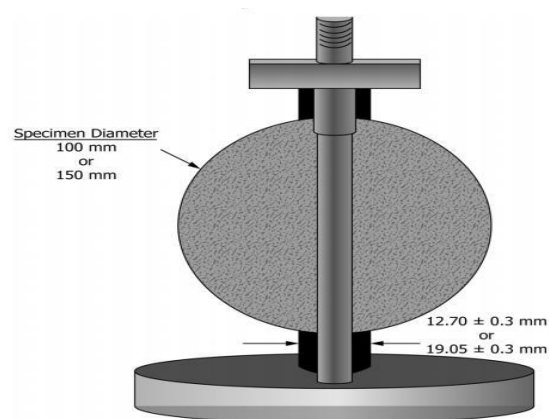
G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran.

G_{mb} = Berat jenis curah campuran

G. Kuat Tarik Tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*)

Uji *Indirect Tensile Strength* (ITS) merupakan suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari *asphalt concrete*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak di lapangan. Nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) suatu campuran yang telah diuji menandakan Batasan maksimum suatu campuran mampu menahan beban lalu lintas sebelum akhirnya mengalami retak akibat kegagalan tarik. Campuran lapisan perkerasan yang baik dapat menahan beban maksimum, sehingga dapat mencegah terjadinya retakan. Untuk pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS) ini berdasarkan ASTM D6931-

17. Pemberian beban akan mengakibatkan kenaikan tegangan (*stress*) yang akan diikuti pula dengan kenaikan regangan (*strain*). Pada saat tercapai suatu regangan tertentu dan benda uji mulai runtuh atau mengalami retak, berarti tegangan yang terjadi telah mencapai maksimum. Setelah itu regangan yang terjadi akan semakin besar, yang disebabkan oleh semakin turunnya ikatan dalam benda uji karena mengalami retak yang berakibat pada pecahnya benda uji.



Gambar 2.4 Alat *Indirect tensile strength*

Pengujian gaya tarik tidak langsung menggunakan benda uji yang berbentuk silinder yang mengalami pembebanan tekan dengan dua plat penekan yang menciptakan tegangan tarik yang tegak lurus sepanjang diameter benda uji sehingga menyebabkan pecahnya benda uji. Pengujian gaya tarik tidak langsung secara normal dilaksanakan menggunakan Marshall yang telah dimodifikasi dengan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan Marshall. Pengukuran kekuatan Tarik dihentikan apabila jarum pengukur

pembebanan telah berbalik arah atau berlawanan dengan arah jarum jam. Perhitungan gaya tarik tidak langsung menggunakan persamaan:

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan:

ITS = Nilai kuat tarik secara tidak langsung (N/mm²)

P = Nilai stabilitas (N)

h = Tinggi benda uji (mm)

d = Diameter benda uji (mm)

H. Deformasi

Deformasi permanen pada campuran aspal adalah suatu kerusakan yang terjadi pada temperatur perkerasan tinggi setelah terjadinya pembebanan. Seiring dengan meningkatnya suhu perkerasan, campuran aspal menjadi lebih lunak dan lebih rentan mengalami deformasi. Deformasi ini dikatakan permanen karena deformasi yang terjadi pada permukaan perkerasan tidak kembali lagi ke posisi awal (*unrecoverable*) setelah terjadi pembebanan. Deformasi permanen (dalam bentuk rutting) banyak terjadi pada jalur tapak roda kendaraan. Alur (*rutting*) mempunyai dua penyebab utama yaitu:

1. *Rutting* yang berdampak terhadap kerusakan pada lapis bawah (dikarenakan subgrade jelek).
2. *Rutting* yang berdampak terhadap kerusakan pada lapis atas (struktur perkerasan).

Direktorat Jenderal Bina Marga (2017) dalam Manual Perkerasan Jalan, membatasi rutting di jalan raya dapat dijelaskan dalam tingkatan:

1. Kerusakan rendah (*low severity*) kedalaman < 25 mm.
2. Kerusakan sedang (*medium severity*) yaitu alur kedalaman 25 – 75 mm.
3. Kerusakan tinggi (*high severity*) yaitu alur kedalaman > 75 mm.

Mekanisme deformasi dapat terjadi ketika sebuah elemen di bawah permukaan perkerasan kehilangan integritasnya atau kemampuan yang diakibatkan adanya beberapa distribusi tekanan akibat beban kendaraan. Suatu hal yang biasa terjadi dan merupakan kondisi yang umum sebagai dasar terjadinya penurunan yang disertai adanya pola retak pada lapisan perkerasan. Sebuah kebiasaan yang disebabkan oleh konsolidasi yang diidentifikasi oleh adanya penurunan pada jalan akibat distribusi beban sebagai dampak proses pemadatan yang tidak optimal selama konstruksi dan menerima tekanan akibat beban lalu lintas secara berulang baik lapisan sub-base, base, sub-grade maupun pada lapisan campuran aspal. Penurunan terjadi di kedua sisi yang akibat tekanan ban sehingga menimbulkan jejak roda pada lapisan perkerasan jalan. Hal ini berakibat deformasi permanen pada jalan raya.

Pengujian deformasi permanen menggunakan alat *Wheel Tracking* merupakan suatu simulasi, dimana beban roda bergerak maju mundur melintas di atas benda uji. Ketahanan deformasi dari benda uji yang

telah ditetapkan, dapat diukur dengan melihat hasil yang diperoleh dari kedalaman alur (*rut depth*) setelah dilalui sejumlah lintasan, atau laju deformasi (RD, *Rate of Deformation*) dalam mm/menit (*Shell Bitumen*, 1990). Disamping itu juga dapat diukur nilai Stabilitas Dinamis (DS, *Dynamic Stability*), yaitu jumlah lintasan yang diperlukan untuk membentuk alur sedalam 1 mm. Berdasarkan Stabilitas Dinamis (DS) dan Laju deformasi (RD) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$DS : 21 \times 2 \frac{(t_2 - t_1)}{d_2 - d_1} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$RD : \frac{(d_2 - d_1)}{t^2 - t_1} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan:

DS = Stabilitas dinamis (lintasan/mm)

RD = Kecepatan deformasi (mm/menit)

d1 = Deformasi saat pengujian pada menit 45 (mm).

d2 = Deformasi saat pengujian pada menit 60 (mm)

t1 = Waktu pengujian 45 menit

t2 = Waktu pengujian 60 menit

I. Penelitian Terdahulu

Tabel 2.7 penelitian terdahulu

No	Penelitian	Nama Jurnal	Tujuan	Metode analisis	Hasil
1.	Andi Afriaziz, Nusa Sebayang, Ester Priskasari (2019) Pengaruh penambahan karet alam pada campuran aspal beton lapis aus dengan filler <i>Fly Ash</i> . Student Journal Gelagar Vol. 1 No. 1. 2019	Student Journal Gelagar	Untuk mengetahui pengaruh penambahan karet alam dengan menggunakan filler abu terbang batu bara pada campuran perkerasan AC-WC	Metode eksperimental, metode analisis data kuantitatif.	Kadar Karet Alam Optimum (KKAO) sebesar 8%. Dari KKAO tersebut didapatkan nilai Stabilitas 1191,2 kg, Flow 3,55%, VIM 3,98%, VMA 17,61%, Marshall Quotient 335,8 kg/mm, VFA 77,35%. Semua hasil pengujian pada KKAO memenuhi persyaratan spesifikasi AC-WC yang telah ditetapkan oleh peraturan Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga 2018.
2.	Hamdi, Radius Pranoto, Puryanto, M. Wisnu W, Winda Febri Utami, dan Candra Agustri Putri (2021) Pengaruh substitusi parsial bahan alami lateks terhadap kinerja campuran beton aspal pada lapisan aus (Hotmix AC- WC). Pilar Jurnal Teknik Sipil Vol.16 No. 01, Bulan 2021	Pilar Jurnal Teknik Sipil	Untuk mengetahui pengaruh substitusi parsial bahan alami lateks terhadap campuran beton aspal pada aspal AC-WC.	Metode eksperimental, metode analisis data kuantitatif.	Kombinasi aspal 6% dan lateks 4%, yang memiliki nilai Stabilitas 1237,60 kg/mm, VIM 4,37%, Flow 3,85 mm, MQ 321,54 kg/mm, telah memenuhi standar Bina Marga dan layak direkomendasikan. Aspal karet dapat dijadikan alternatif sebagai bahan pengikat pada perkerasan lentur.
3.	M. Aminsyah, Diila Ameliya Putri (2019) Pengaruh penambahan zat adiktif lateks (Getah Karet) terhadap durabilitas campuran lapisan asphalt concrete -Binder Course (AC-BC). ACE Conference. Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas Padang. No. 442 – 452. 2019	ACE Conference. Jurnal Teknik Sipil Universitas Andalas Padang.	Untuk mengetahui pengaruh perendaman terhadap durabilitas campuran AC-BC dengan menggunakan zat aditif Lateks (Getah Karet)	Metode eksperimental, metode analisis data kuantitatif.	Durabilitas campuran AC-WC dengan penambahan zat aditif Latek (getah karet lebih tinggi daripada durabilitas pada campuran AC-BC dengan bahan standar. Durabilitas campuran AC-BC menggunakan bahan standar hanya memenuhi persyaratan hingga hari ke 2 durasi perendaman yaitu sebesar 95,059% yang sesuai dengan spesifikasi umur 2010 divisi 6 revisi 3.

4.	Machsus, Amalia Firdaus M, Mohamad K, Rachmad B, dan Farraz H (2020) Analisa pengaruh variasi temperature pemadatan campuran Laston Lapis Antara (AC-BC) dengan menggunakan aspal modifikasi. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya Volume 18, Nomor 1	Jurnal Aplikasi Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya	Untuk mengetahui pengaruh efek variasi suhu pemadatan terhadap karakteristik Marshall pada Campuran Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan Penambahan Limbah Plastik, jenis Polyethylene Terephthalate (PET).	Metode eksperimental I, metode analisis data kuantitatif.	Peningkatan temperatur pemadatan pada campuran ACBC konvensional dan modifikasi berpengaruh terhadap karakteristik Marshall, dimana nilai VFA, Stabilitas, dan MQ juga meningkat, sedangkan nilai VIM, VMA, dan Flow mengalami penurunan;
5.	Gunawan Tarigan (2018) Pengaruh temperatur pemadatan terhadap Marshall properties. Buletin Utama Teknik. Universitas Islam Sumatera Utara Vol. 14, No. 1,	Buletin Utama Teknik. Universitas Islam Sumatera Utara	Untuk mengetahui pengaruh variasi temperature pemadatan benda uji Marshall terhadap Marshall Properties.	Metode eksperimental I, metode analisis data kuantitatif.	Pengaruh temperatur pemadatan terhadap nilai karakteristik uji Marshall, memberikan hasil bahwa semakin turunnya temperatur nilai Stabilitas semakin turun dan untuk nilai flow nya semakin turun.
6.	Rosina Golengsina Pareira, Togi H. Nainggolan, dan A. Agus Santosa. Pengaruh variasi temperatur pada proses pemadatan berdasarkan uji marshall pada campuran lapis beton (ac-wc). Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. No. 217 - 224	Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.	Untuk mengetahui pengaruh variasi suhu terhadap proses pemadatan aspal beton AC-WC dengan uji Marshall sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018.	Metode eksperimental I, metode analisis data kuantitatif.	Berdasarkan hasil yang Hasil menunjukkan bahwa pada campuran laston AC-WC pengaruh variasi suhu ditentukan oleh besaran nilai Marshall dengan rentang suhu yang memenuhi spesifikasi pada jenis campuran AC-WC yaitu 110 °C - 130 °C dengan suhu optimum berada pada suhu 130 °C.
7.	Fauzie Nursandah, Moch. Zaenuri (2019) Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall. Vol 4 No 2 September 2019	Jurnal CIVILLA . Civil Engineering Department, Kadiri University.	mencari nilai karakteristik pada laston AC-WC pada nilai KAO dengan penambahan variasi lateks 3%, 5%, 7%, 9%, dan 11% dari total berat aspal pada benda uji	Metode eksperimental I, metode analisis data kuantitatif.	Variasi lateks 7% terhadap total berat aspal pada benda uji dimana semua perhitungan dan penelitian menggunakan alat uji marshall memenuhi. Didapat nilaistabilitas 1349,63 kg, nilai Flow 3,49 mm, nilai MQ 397,78 kg/mm, nilai VIM 4,35 %, nilai VMA 16,39 %, nilai VFB 72,62