

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur jalan raya di suatu daerah tidak terlepas dari unsur geografis, iklim, dan topografi sebagai bahan pertimbangan dalam membangun jalan raya. Dataran rendah Riau memiliki lahan gambut sebesar 5,09 juta ha atau 56,42% dari luas total lahan gambut di pulau sumatera, dan hampir 3/4 dari luas wilayah Riau terdiri atas hutan rawa gambut. Dampak negatif dari genangan air/gambut pada struktur perkerasan lentur dapat menyebabkan disintegrasi dan menimbulkan kerusakan. Air berpotensi mempercepat kerusakan struktur perkerasan jalan, permukaan perkerasan digenangi air pada durasi lama dan diikuti beban lalu lintas berulang dapat mempengaruhi sifat durabilitas perkerasan lentur.

Pada cuaca panas aspal mengalami proses pemuatan, kehilangan kekesatan permukaan dan menimbulkan rongga pori/retak halus. Genangan air pada permukaan jalan akan menginfiltrasi ke rongga pori struktur perkerasan, menjadi berlubang (*potholes*). Air yang tergenang pada lubang perkerasan jalan meresap ke lapisan tanah dasar sehingga daya dukung tanah lemah. Perkerasan lentur diharapkan dapat kedap air dan udara (*impermeabilitas*). Air dan udara juga dapat mengakibatkan terjadinya percepatan proses penuaan (*aging*) pada campuran beton aspal dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat.

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Riau (2020), penyebaran lahan gambut di Pulau Sumatera tepatnya di Provinsi Riau memiliki luas sebesar 4,8 juta ha. Kandungan asam yang dimiliki oleh tanah gambut adalah pH 3-5 dimana dapat dikatakan asam apabila $pH < 7$. Apabila pada struktur perkerasan air yang bersifat asam masuk, maka dapat menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi sehingga kekuatan lekatan aspal dalam mempertahankan kohesi maupun adhesinya menjadi lemah (Prabowo, 2003). Struktur paling atas yang berlangsung bersentuhan dengan

cuaca, ban kendaraan dan lainnya dari perkerasan jalan yaitu lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course*(AC-WC).

Berdasarkan uraian diatas peneliti tertarik melakukan penelitian karakteristik *Marshall Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* akibat rendaman air gambut dan dijadikan untuk judul skripsi/ tugas akhir ini.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, penulis dapat merumuskan persalahan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik *Marshall Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang terendam air gambut?.
2. Berapa nilai *Durabilitas Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang terendam air gambut pada variasi 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui *Karakteristik Marshall Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* terhadap rendaman air gambut.
2. Mendapatkan nilai *Durabilitas Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang terendam air gambut dengan variasi waktu 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 Jam dan 96 jam.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengetahui karakteristik *Marshall Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang terendam air gambut.
2. Dapat mengetahui nilai durabilitas *Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* yang terendam air gambut selama 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 Jam dan 96 jam .

1.5 Batasan Masalah

Ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian Analisis karakteristik *Marshall Laston Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* akibat rendaman air gambut adalah sebagai berikut :

1. Bahan ikat yang digunakan : asphalt minyak keras penetrasi 60/70
2. Bahan agregat yang digunakan
 - a. Batu pecah (BP) Maks. 3/4", 3/8", dan Abu batu berasal dari *Stone cruher*s PT Bina Riau Jaya (BRJ).
 - b. Agregat halus berasal dari *Stone cruher*s PT Bina Riau Jaya (BRJ).
3. Jenis campuran aspal beton yang akan diuji adalah untuk Laston sebagai lapis aus (AC-WC) dengan lalu lintas sedang.
4. Campuran AC-BC yang akan diuji disesuaikan dengan "Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal "*Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2Tahun 2018*."
5. Parameter yang dikaji berdasarkan hasil tes *Marshall* beton aspal dilihat dari nilai stabilitas, *flow*, *VIM*, *VMA*, *VFA*, dan *MQ*.
6. Perlakuan Pengujian terhadap campuran perendaman *air gambut* dengan variasi lama perendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam dan 96 jam.
7. Penelitian yang dilakukan tidak membahas aspek ekonomi

BAB II

PENELITIAN TERDAHULU

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan penulis dalam melakukan penelitian sehingga penulis dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan penulis. Berikut 5 jurnal yang berkaitan dengan proposal saya

1. Amal Risky Harahap, dkk. Tahun 2022 dengan judul Pengaruh Rendaman Air Gambut terhadap Durabilitas AC-WC. Genangan air seperti air gambut pada permukaan perkerasan lentur dapat mempercepat proses penuaan, disintegrasi dan menimbulkan kerusakan. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh proses penuaan akibat rendaman air gambut terhadap durabilitas campuran AC-WC penetrasi 60/70 berdasarkan benda uji beton aspal, menentukan KAO, uji LTOA, uji unsur kimia air gambut. Rendam beton aspal dengan air gambut selama 0, 1, 2, 4, dan 7 hari, uji UCL dan uji marshall. Nilai Cl durasi 7 hari 23,6%, stabilitas 1805 kg, ODP unsur oksigen yang menghilangkan nitrogen (N) dan rantai alkil (R). unsur reaksi kimia penyebab oenuaan akibat air gambut yaitu zat organik mempengaruhi nilai Ph tergantung banyaknya senyawa lignin. Lignin menghasilkan ion H yang dapat mempercepat terjadinya penuaan. Nilai Ph air gambut sebesar 3, Na 78,81 mg/l, Fe 0,47 mg/l, zat organic 148,52 mg/l.
2. Sjelly Hniza, dkk. Tahun 2022 dengan judul, Analisi Nilai Karakteristik *Asphalt Concrete-Wearing Course* Terhadap Varisi Lama Rendaman Pada Air Gambut. Perkerasan lentur (fleksibel pavement) merupakan jenis lapis perkerasan yang banyak digunakan karena dianggap memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan jenis perkerasan lainnya. Jenis lapis [erkerasan yang terletak pada bagian atas permukaan dikenal dengan asphalt

concrete – wearing course. Kerusakan pada jalan fleksibel pavement selain terjadi akibat beban berlebih dapat juga terjadi akibat tidak berfungsinya drainase, sehingga terjadi genangan dibadan jalan yang cukup lama. Genangan ini bukan saja berasal dari air hujan tetapi dapat pula akibat naiknya uka air tanah. Provinsi Riau merupakan daerah yang memiliki lahan gambut yang cukup luas, sehingga adakalanya struktur perkerasan berada diatas lahan tersebut. Tidak berfungsi drainase lahan tersebut. Tidak berfungsinya drainase pada jalan yang berada diataas laham gambut akan menyebabkan genangan dan dikuatirkan akan mempengaruhi kinerja perkerasa aspal, karena air gambut bersifat asam dan memiliki pH 3,7 – 5,3. Untuk mengetahui sampai sejauh mana pengaruh dari terendamnya struktur perkerasan jalan tersebut maka dilakukan penelitian menggunakan air gambut dengan pH 4,14. Penelitian dilakukan skala laboratorium menggunakan benda uji desain asphalt concrete – wearing course (AC-WC) dengan variasi waktu perendaman 30 menit, 720 menit dan 1440 menit. Aspal yang digunakan jenis pen 60/70. Nilai kadar aspal optimum (KAO) yang diperoleh dari penelitian ini 6,2%. Nilai karakteristik setelah direndam dalam air gambut berturut – turut untuk perendaman 30 menit, 720 menit dan 1440 menit terhadap stabilitas 1107 kg, 863 kg dan 696 kg, terhadap flow yaitu 3,22 mm, 4,03 mm dan 4,78 mm, sedangkan untuk VMA, VIM dan VFB nilai yang diperoleh semua memenuhi kriteria yang ditetapkan pada spesifikasi bina marga 2018. Berdasarkan data yang diperoleh dapat dikatakan bahwa lapis permukaan AC-WC yang tergenang air gambut dengan pH 4,12 harus bebas dari genangan maksimum 12 jam.

3. Muhammad Rifal Fan Putra, dkk Tahun 2021 dengan judul Pengaruh Air Gambut Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-WC yang Menggunakan Abu Tandan Sawit Sebagai Filler. Campuran aspal untuk perkerasan jalan raya terdiri dari agregat, bahan pengisi, dan aspal. Bahan yang biasa digunakan sebagai bahan pengisi adalah semen, pasir, kapur, dan abu batu. Bahan-bahan ini ketersediaannya terbatas, harganya relatif mahal, dan merupakan bahan yang tidak terbarukan. Salah satu alternatif bahan pengisi adalah abu tandan kelapa sawit yang merupakan limbah pengelola sawit

industri dan merupakan sumber daya alam terbarukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh air gambut terhadap campuran marshall AC-WC dengan pengisi abu tandan sawit. Penelitian ini menggunakan kadar aspal yang digunakan dalam penentuan KAO sebesar 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, dan 7,5%. Sedangkan variasi filler yang digunakan adalah 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%. Penelitian ini dilakukan berdasarkan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa campuran lapisan AC-WC ketika direndam dalam air gambut mengalami peningkatan nilai KAO pada kisaran 6,08% - 7,30% untuk variasi filler 6% dan 8% tidak diperoleh karena parameter karakteristik marshall tidak memenuhi spesifikasi dan nilai kestabilan serta ketahanannya mengalami penurunan. Bahan pengisi 4% dengan waktu perendaman 0,5 jam diberikan nilai stabilitas tertinggi sebesar 919,93 kg, sedangkan rendaman terendah diperoleh pada filler 0% dengan lama perendaman 24 jam. 513,80 kg. Untuk variasi bahan pengisi 0%, 2%, 4% dengan lama perendaman sampai dengan 3 jam nilai IKSnya lebih dari 90%. Sehingga memenuhi spesifikasi.

4. Khairil Badry, dkk Tahun 2021 dengan judul Pengaruh Air Gambut Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) yang Menggunakan Abu Batu Tandan Sawit Sebagai Bahan Pengisi (Filler). Penggunaan bahan pengisi berguna untuk mengisi rongga-rongga kosong pada campuran aspal perkerasan jalan raya sehingga penggunaan bahan pengisi sangat mempengaruhi kekuatan kestabilannya. Bahan yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi adalah bahan yang memiliki kandungan pozzolan dan mengandung silica tingkat tinggi. Salah satu bahan yang mempunyai kandungan tersebut adalah palem sekelompok abu. Kandungan air pada gambut mempunyai keasaman yang tinggi sehingga dapat merusak perkerasan jalan bila ada genangan dalam waktu yang lama. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh air gambut terhadap karakteristik marshall pada campuran AC-BC yang menggunakan abu tandan sawit sebagai bahan pengisi. Penelitian ini menggunakan persentase variasi filler berupa 0%, 2%, 4%, dan 6% yang direndam selama 0,5 jam 3 jam, 6 jam, 12 jam dan 24

jam dengan menggunakan air gambut. Penelitian ini mengikuti spesifikasi Standar Bina Marga 2018. Pada penelitian ini nilai KAO diperoleh nilai stabilitas tertinggi dan variasi filler 4% pada waktu perendaman 0,5 jam sebesar 906,53 kg dan nilai stabilitas terendah variasi filler 0% pada waktu 24 jam waktu perendaman 505,33 kg. kemudian untuk nilai IKS yang memenuhi persyaratan standar Spesifikasi Bina Marga 2018 hanya pada waktu perendaman 3 jam untuk semua persentase variasi filler dimana syarat maksimum penurunan nilai kestabilan adalah 90% dari nilai seketabilan semua.

5. Farhan, dkk Tahun 2019 dengan judul Studi Pengaruh Genangan Air terhadap Kerusakan Campuran Laston Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC). Kerusakan konstruksi jalan yang diakibatkan oleh genangan air dipermukaan jalan dapat menyebabkan kinerja jalan menjadi menurun dan umur jalan menjadi lebih singkat. Genangan air menyebabkan lapisan pada tanah dasar konstruksi jalan menjadi jenuh dan mengakibatkan lapisan diatas perkerasan jalan menjadi aus dan rusak. Lapisan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Jalan dan Lalu Lintas Institut Teknologi Bandung dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% untuk menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO). Pada penelitian ini, nilai KAO didapatkan dari parameter Marshall dengan menggunakan metode Arrow Range, diperoleh nilai KAO sebesar 5,6%. Selanjutnya membuat benda uji untuk perendaman (immersion) standar pada variasi rendaman 0,5 jam dan 24 jam, sedangkan untuk perendaman modifikasi menggunakan variasi lama rendaman 1 jam, 12 jam dan 48 jam. Kemudian dilakukan pengujian Marshall dan analisis durabilitas yang terdiri dari Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP) dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai IKS benda uji sebesar 90,88% setelah perendaman selama 24 jam dengan syarat minimal 90%, sehingga dikatakan cukup awet berdasarkan nilai IKS. Nilai IDP terus bertambah hingga bernilai $0,643\% < 1\%$ sehingga cukup durabilitas pada perendaman 48 jam. Nilai IDK total selama 48 jam perendaman bernilai

8,61%. Pengaruh rendaman terhadap properties Marshall pada parameter stabilitas, *flow* dan *VIM* cenderung mengalami penurunan, sedangkan pada nilai parameter MQ, VMA dan VFA mengalami peningkatan.

2.2 Keaslian Penelitian

Keaslian penelitian diperlukan sebagai bukti agar tidak adanya plagiat antara penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan. Dari segi keaslian penelitian sebelumnya yang dijadikan perbandingan pada penelitian antara lain :

- a. Bahan ikat asphalt menggunakan aspal Pertamina pen 60/70
- b. Variasi lama rendaman 0 jam, 24 jam, 48 jam, 72 Jam dan 96 jam.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)

Standart Nasional Indonesia (SNI) mendefinisikan lapisan aspal beton (Laston) adalah suatu lapisan konstruksi jalan raya yang komposisinya terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas dan suhu tertentu.

Oglesby dan Hicks (1996) mendefinisikan beton aspal (laston) adalah jenis tertinggi dari perkerasan berbitumen bergradasi rapat dan cocok untuk jalan yang paling banyak dilalui oleh kendaraan berat. Suhu pencampuran dan penghamparan Laston biasanya antara 275°F - 300°F dan membutuhkan bahan ikat aspal/bitumen. Agregat yang digunakan berkualitas baik dan sesuai dengan spesifikasi mutu yang telah ditentukan.

Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2 menguraikan bahwa Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut *AC (Asphalt Concrete)*, terdiri dari 3 jenis campuran yaitu Asphalt Beton Lapis Aus (*AC-WC*), Asphalt Beton Lapis Antara (*AC-BC*) dan *Asphalt Beton Lapis Pondasi (AC-Base)*.

Ukuran agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm dan 37,5 mm. Setiap jenis campuran laston yang menggunakan bahan aspal polimer atau aspal dimodifikasi dengan aspal alam disebut sebagai *AC-WC modified*, *AC-BC modified*, *AC-Base modified*.

Laston *AC-WC (Asphalt Concrete - Wearing Course)* merupakan lapis yang mengalami kontak langsung dengan beban dan lingkungan sekitar, maka diperlukan perencanaan dari beton aspal *AC-WC* yang sesuai dengan spesifikasi sehingga lapisan ini bersifat kedap air, tahan terhadap cuaca. Lapisan perkerasan ini terletak di atas lapis antara *AC-BC (Ashphalt Concrete – Binder Course)* dan lapis pondasi (*Base course*), Lapisan ini berfungsi sebagai lapisan penahan beban, lapisan aus, dan melindungi lapisan bawah, menyebarkan beban.

Tabel 3. 1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston

Sifat – sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus (AC-WC)	Lapis Antara (AC-BC)	Fondasi (AC-Base)
Jumlah Tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos 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 marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °	Min.	90		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 2

3.2 Bahan Penyusun Laston

3.2.1 Aspal

Aspal adalah material yang memiliki karakteristik warna hitam, pada suhu yang memiliki tekstur padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suhu tertentu, dapat dijadikan lunak atau cair sehingga dapat menyelimuti partikel agregat pada waktu pelaksanaan aspal beton atau dapat masuk dalam pori-pori saat pelaksanaan penyiraman pada perkerasan macam dan maupun peleburan. Apabila aspal menjadi keras, maka suhu mulai turun mengikuti suhu ruang dan agregat akan terikat (Sukirman 1999).

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal terdiri dari bahan hidrokarbon yang bersifat melekat (*adhesive*), tahan terhadap air, dan viskoelastis. Aspal terbuat dari minyak mentah, suatu produk

terbentuk secara alami dari bahan organik selama jutaan tahun dibawah kondisi suhu dan tekanan yang bervariasi.

Aspal sekitar 90-95% berat aspal terdiri dari karbon dan hydrogen, oleh karena itu disebut hidrokarbon (Asphalt Institute, 1997). Aspal dipakai sebagai komposisi perkerasan jalan lentur dan memiliki syarat yang harus dilengkapi dari sisi kekuatan maupun sisi kenyamanan (Asphalt Institute, 1997), kondisi yang harus terpenuhi yaitu:

1. Kekakuan (*Stiffness*), ketahanan terhadap deformasi dan pendistribusian beban lalu lintas.
 2. Stabilitas (*Stability*), kinerja campuran aspal dalam menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa mengalami keruntuhan (*Plastic flow*).
 3. Fleksibilitas (*Flexibility*), kinerja regangan tarik akibat deformasi atau lendutan oleh beban lalu lintas dengan tanpa mengalami retak (*fatigue cracking*).
 4. Keawetan (*Durability*), kinerja dalam mempertahankan umur perkerasan dari pengaruh iklim dan beban lalu lintas.
 5. Tahan terhadap air (*Impermeability*), kinerja dalam melindungi perkerasan dari pengaruh iklim dan beban arus lalu lintas.
 6. Kekesatan, ketersediaan permukaan yang kasar sehingga menyebabkan gesekan yang baik antara roda kendaraan dengan permukaan perkerasan.
- Aspal penetrasi 60/70 merupakan aspal minyak produksi PT. Pertamina (persero) dengan nilai penetrasi antara 60-70. Aspal ini biasa digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi dan daerah iklim panas.

Tabel 3. 2 Ketentuan Aspal

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				PG70	PG76
1	Penetrasi pada 25°(0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan (1)	

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				PG70	PG76
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi rad/detik $\geq 1,0$ kPa, ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3	Viskositas Kinematis 135 $^{\circ}\text{C}$ (cSt) (3)	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 2434:2011	> 48	Dilaporkan (2)	
5	Daktilitas pada 25 $^{\circ}\text{C}$, (cm)	SNI 2432:2011	> 100	-	
6	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 2433:2011	> 232	> 230	
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	> 99	> 99	
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$> 1,0$	-	
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	
10	Kadar Parafin Lilin (%)	SNI 03-3639-2002	≤ 2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :					
11	Berat yang Hilang (%) Temperatur yang menghasilkan Geser	SNI 06-2441-1991	$< 0,8$	$< 0,8$	
12	Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kPa, ($^{\circ}\text{C}$)	SNI 06-6442-2000	-	70	76

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal Modifikasi	
				PG70	PG76
13	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456:2011	> 54	> 54	> 54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	> 50	> 50	> 50
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa					
15	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G \cdot \sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

3.2.2 Agregat

Menurut Silvia Sukiman (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen. Kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Material agregat yang digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan berfungsi untuk menahan beban lalu lintas. Banyaknya agregat dalam campuran aspal pada umumnya berkisar 90% terhadap total berat campuran atau 70% hingga 85% terhadap volume campuran aspal (Wahyudi, 2010).

1. Agregat Kasar

- a. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No. 4 (4,75 mm) yang dilakukan secara kering dan haru bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam tabel 3.2.

- b. Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan.
- c. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam tabel 3.2. angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012
- d. Fraksi agregat kasar harus ditumbuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampungan dingi (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 3. 3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian				Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
		Magnesium sulfat			Maks.1 8%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA		100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
			500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergadasi lainnya		100 putaran		Maks. 8%
			500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal				SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Aspal		SMA		SNI 7619:2012	100/90
		Lainnya			95/90
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA		SNI 8287:2016 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
		Lainnya			Maks. 10%
Material lolos Ayakan No.200				SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018

2. Agregat Halus

- a. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus berdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).
- b. Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) yang terpisah gradasi gabungan dan persentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- d. Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dan lempung, atau bahan yang tidak dikehendakinya lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan umum. Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan di atas :
 1. Bahan baku untuk agregat halus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam mesin pemecah batu
 2. Digunakan *scalping screen*

Tabel 3. 4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 %
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir – butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Revisi 2

3.2.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0,075 mm) dan harus dalam keadaan kering (kadar air maksimum 1%). *Filler* memegang peranan penting dalam campuran karena mempunyai beberapa fungsi yaitu :

1. Sebagai butiran pengisi rongga udara dan menambah bidang kontak antar butir agregat.
2. Bersama aspal akan membentuk bahan pengikat berkonsistensi tinggi sehingga mampu mengikat agregat bersama-sama
3. Meningkatkan kerapatan campuran, menaikkan viscositas aspal sehingga menaikkan stabilitas campuran.
4. Mereduksi sifat kepekaan campuran terhadap perubahan suhu ketentuan *filler* menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 yaitu sebagai berikut.
 - a. 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 M303-89 (2014), atau semen atau debu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Pen, 60-70.
 - b. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bila di uji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C139 : 2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.
 - c. Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetapi tidak boleh menggunakan semen.

3.3 Air Gambut

Air gambut mempunyai sifat asam. Air gambut terletak di badan jalan akan masuk ke lapisan tanah dasar melalui bahu jalan. Hal tersebut dapat menyebabkan ikatan antar butir – butir agregat dan aspal lepas, sehingga dapat

terjadinya pelapukan (Surya 2019), Penyebab yang dominan berpengaruh terhadap kerusakan jalan salah satunya adalah dikarenakan air dapat melonggarkan ikatan antar agregat dengan aspal. Ketika ikatan aspal dan agregat longgar karena air, kendaraan yang melintas akan memberikan beban yang menyebabkan retak atau kerusakan jalan lainnya. Selain itu, pada permukaan jalan yang terdapat genangan air dalam skala tinggi dapat menyebabkan air yang berada di bawah permukaan tanah menjadi jenuh. Menurut dand (2016), genangan air dapat menyebabkan dasar perkerasan jalan jenuh atau sebagian. Air meresap masuk ke dalam perkerasan jalan dapat menyebabkan retakan pada struktur perkerasan jalan.

Pada penelitian ini digunakan air gambut yaitu mempunyai sifat air yang tidak diminum karena memiliki kandungan organik. Ciri – ciri air gambut sebagai berikut:

- a. Intensitas warna yang tinggi (berwarna merah kecoklatan)
- b. Ph berkisar antara 3-6,5
- c. Kandungan zat organik yang tinggi
- d. Kekeruhan dan kandungan partikel tersuspensi yang rendah
- e. Kandungan kation yang rendah

Perkerasan jalan yang terendam disebabkan oleh air sangat tidak disarankan terlebih lagi perkerasan air jalan terendam dengan air gambut karena akan memberikan dampak yang sangat besar bagi perkerasan tersebut.

3.4 Gradasi Agregat

Menurut Sukirman (2003), gradasi adalah susunan butiran agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat akan dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan.

3.4.1 Gradasi Seragam (*Uniform Grade*)

Gradasi seragam (*Uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kecil.

3.4.2 Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

Gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran yang tidak memenuhi dua kategori di atas. Agregat dengan gradasi buruk umumnya merupakan campuran dengan satu kata fraksi hilang atau satu fraksi sedikit.

3.4.3 Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam tabel 3.5 Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam tabel 3.4 untuk memperoleh gradasi HRS-WC atau HRS-Base yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8(2,36 mm) harus lolos ayakan No.30(0,600 mm).

Tabel 3. 5 Amplop gradasi gabungan untuk campuran aspal

			% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat						
			Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)	
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1 ½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	9 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/8"	9,5	70 - 95	50 - 88	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	12 - 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 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber Spesifikasi Bina Marga 2018 (Revisi 2)

3.5 Kadar Aspal Rencana (KAO)

Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang mempunyai hasil keseluruhan spesifikasinya memenuhi dengan nilai karakteristik yang ada. Berdasarkan Bina Marga tahun 2018 revisi 2 menetapkan campuran aspal beton harus memenuhi karakteristik *Marshall* yaitu nilai berat jenis, kelelehan (*flow*), stabilitas, VMA, VIM, VFA, dan MQ. Nilai kadar aspal optimum merupakan nilai kadar aspal yang memenuhi minimal 5 karakteristik *Marshall* yang sesuai dengan spesifikasi. Perkiraan kadar aspal rencana (P_b) dihitung berdasarkan persamaan.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta}$$

Dimana :

P_b = kadar aspal optimum perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 8

FA = agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No. 200.

FF = agregat halus lolos saringan No. 200 tidak termasuk mineral asbuton

K = konstanta, dengan nilai 0,5 untuk penyerapan agregat yang rendah dan nilai 1,0 untuk penyerapan agregat yang tinggi.

3.6 Parameter dan Formula Perhitungan

3.6.1 Berat Jenis Kering dan Semu Total Agregat (G_{sb})

Suatu campuran aspal memiliki berat jenis yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang berbeda-beda, baik berupa berat jenis kering (*Bulk Spesific Gravity*) dan berat jenis semu (*Apparent Spesific Gravity*). Berat jenis kering dan berat jenis semu total dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut.

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana ;

G_{sb} : berat jenis kering agregat maksimum (gr/cc)

P_1, P_2, P_n : persentase masing-masing proporsi agregat

$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sbn}$: berat jenis kering masing-masing agregat

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana :

G_{sa} : Berat jenis semu agregat maksimum

$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sbn}$: Berat jenis kering masing-masing agregat

3.6.2 Berat Jenis Efektif Total Agregat (G_{se})

Berat jenis efektif total agregat dapat dihitung dengan persamaan 3.3 sebagai berikut :

$$G_{se} = \left(\frac{G_{sb} - G_{sa}}{2} \right) \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

G_{se} : Berat jenis efektif agregat total

G_{sa} : Berat jenis semu agregat total

G_{sb} : Berat jenis kering agregat total

3.6.3 Berat Jenis Teoritis Maksimum Campuran (G_{mm})

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana

G_{mm} : berat jenis maksimum campuran

P_{mm} : persentase berat total terhadap total campuran (%)

P_s : persentase agregat terhadap total campuran (%)

G_{se} : berat jenis efektif agregat total

G_b : berat jenis aspal

P_b : kadar aspal terhadap berat total campuran (%)

3.6.4 Berat Isi Benda Uji (G_{mb})

Berat isi benda uji dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 berikut :

$$G_{mb} = \frac{A}{B - C} \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

- Gmb : Berat isi benda uji
 A : Berat kering benda uji (gr)
 B : Berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gr)
 C : Berat benda uji dalam air (gr)

3.6.5 Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA)

VMA (*Void in Mineral Aggregate*) atau rongga dalam mineral agregat adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang telah dipadatkan, termasuk rongga yang berisi aspal yang dinyatakan dalam persen volume total. Nilai VMA dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.6 berikut :

$$VMA = 100 - \left(\frac{(Gmb) \times Ps}{Gsb} \right) \dots \dots \dots (3.6)$$

Dimana :

VMA : Rongga dalam agregat (%)

Pa : Kadar agregat, persentase terhadap berat total campuran (%)

Gmb : Berat isi campuran (gr/cc)

Gsb : Berat jenis kering agregat maksimum (gr/cc)

3.6.6 Rongga Dalam Campuran (VIM)

VIM (*Void in Mix*) atau rongga dalam campuran adalah volume total udara yang ada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal di dalam sebuah campuran yang telah dipadatkan yang dinyatakan dalam persen volume bulk. Rongga dalam campuran berfungsi untuk mengetahui besarnya rongga dalam campuran dalam persen. Nilai VIM dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.7 berikut :

$$VIM = \left(\frac{100 \times (Gmm - Gmb)}{Gmm} \right) \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana :

VIM : Rongga dalam campuran (%)

Gmm : Berat isi campuran

Gmb : Berat jenis maksimum campuran

3.6.7 Rongga Udara Terisi Aspal

VFA (*Void Filled with Asphalt*) atau rongga udara terisi aspal adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen, tidak termasuk aspal yang diserap agregat. Nilai VFA dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.8 di bawah ini.

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

VFA : Rongga terisi aspal (%)

VMA : Rongga dalam agregat (%)

VIM : Rongga dalam campuran (%)

3.6.8 Indek Kekuatan Sisa (IKS)

Indeks kekuatan sisa (IKS) (*Indek of Retained Strength*) adalah perbandingan antara stabilitas benda uji setelah erendaman dan stabilitas benda uji standar dinyatakan dalam persen. IKS digunakan untuk menentukan kepekaan kekuata beton aspal yang dinyatakan dengan nilai stabilitas akibat penurunan kekuatan benda uji akibat kerusakan oleh air. Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen, dan disebut indeks Stabilitas Sisa (*IRS*), dan dihitung sebagai berikut

$$IRS = \frac{MSi}{MSs} \times 100\% \dots\dots\dots(3.9)$$

Keterangan :

IRS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

MSs = Stabilitas Marshall Standar (kg)

Msi = Stabilitas *Marshall* Perendaman (kg)

3.7 Karakteristik Campuran Marshall

Tujuan karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau *fleksibilitas*, ketahanan terhadap kelehan (*fatigue risistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan (*workability*).

Karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh campuran aspal beton campuran panas adalah :

1. Stabilitas, adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Hal ini menghasilkan ikatan aspal mudah lepas sehingga durabilitas menjadi rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar partikel, dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.
2. Durabilitas (keawetan/daya tahan), diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan suhu ataupun kehausan akibat gesekan roda kendaraan. Factor yang memengaruhi durabilitas lapis aspal beton.
3. Fleksibilitas (kelenturan), adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbul retak dan perubahan volume.
4. Kekesatan (*Skid resistance*), adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan (basah) maupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan.
5. Fatigue Resistance (ketahanan kelelahan), adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak.
6. Kedap air, kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

3.8 Metode Marshall

Metode marshall ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode ini terdiri dari uji marshall dan parameter marshall yang dijelaskan sebagai berikut.

3.9 Pengujian Marshall

Pengujian marshall bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban sampai beban maksimum. Alat marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin pengunci) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan *plastis atau flow*. Benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10, 16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

3.10 Parameter Pengujian Marshall

Sifat – sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian marshall berikut.

a. Stabilitas

Kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan palstis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat marshall test sewaktu melakukan pengujian marshall. Nilai yang terbaca tersebut, kemudian dikoreksi dengan factor koreksi terhadap alat marshall yang dipakai dan faktor koreksi volume benda uji.

b. Kelelahan

Perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01'' nilai flow juga diperoleh dan hasil pembacaan pada alat marshall test sewaktu melakukan pengujian marshall.

c. *Void in Mixture*(VIM)

Void in Mixxture(VIM) atau rongga yang berisi udara didalam campuran beraspal, dinyatakan dalam persentase volume.

d. *Void in Mineral Agregat*(VMA)

Rongga didalam agregat adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dan suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan,

termasuk didalamnya adalah rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam persentase volume.

e. *Void Filled with Asphalt(VFA)*

Rongga terisi aspal bagian dan volume rongga di dalam agregat (VMA) yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam persentase VMA.

f. *Marshall Quotient(MQ)*

Nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai MQ diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas yang telah dikoreksi terhadap nilai kelelahan (*flow*), dan dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm.

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

MQ : *Marshall Quotient(kg/mm)*

MS : *Marshall Stability(kg)*

MF : *Marshall Flow(mm)*