

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini akan dijelaskan hasil-hasil mengenai penelitian terdahulu yang dapat dijadikan acuan dalam topik penelitian ini. Penelitian terdahulu telah dipilih sesuai dengan permasalahan dalam penelitian ini, sehingga diharapkan mampu menjelaskan maupun memberikan referensi untuk menyelesaikan penelitian. Berikut ini dijelaskan beberapa penelitian terdahulu yang telah dipilih.

1. Studi Mario T.S. (2020): *Penambahan Getah Karet Pada AC-BC Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall*. Fakultas Teknik Universitas Muhamadiyah di Sumatera Utara, Sumatera Utara, Indonesia Penelitian ini menyelidiki karakteristik *marshall* terhadap campuran dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 dan pengaruh penambahan getah karet pada campuran pada lapisan antara (AC-BC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana Pengaruh penambahan getah karet pada aspal campuran AC-BC Pen 60/70 apakah berdampak pada nilai karakteristik *marshall*. Aspal yang digunakan dari PT. Pertamina memenuhi spesifikasi bina marga 2018. Untuk mendapatkan data primer dan sekunder, penelitian ini bersifat kuantitatif dan menggunakan metode survei sebelum menggunakan job mix formula. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan SNI yang dikeluarkan bina marga pada tahun 2018 yang menjelaskan aspal

modifikasi. untuk mendapatkan data primer dan data sekunder. Pada survei dilapangan data yang diambil meliputi kebutuhan campuran lateks terhadap aspal sebesar 7%, 8% dan 9%, kebutuhan material campuran aspal untuk sampel yang akan di buat. Metode pada penelitian ini menggunakan metode pengujian benda uji dengan marshall test yang sesuai dengan SNI 06- 2489-1991 di laboraturium Teknik sipil Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara. Dari hasil analisis pengujian ini mendapatkan nilai karakteristik marshall yang terdapat pada Tabel Dibawah Ini.

Tabel 2.1 Hasil Analisis Pengujian Karakteristik marshall oleh Mario,T.S

Karakteristik	Latex %			Batas Spesifikasi BinaMarga 2018
	7%	8%	9%	
Bulk Density (gr/cc)	2,329	2,334	2,340	-
Stabilty (kg)	941	823	763	800
Air Voids (%)	1,78	2,19	3,91	3-5
Voids Filleds (%)	86,60	84,37	75,38	65
VMA (%)	13,2	13,6	15,9	14
Flow (mm)	6,10	5,74	5,66	2-4

2. Penelitian Oleh Fauzie Nursandah (2019), *Penelitian Penambahan Karet Alam (Lateks) Pada Campuran Laston Ac-Wc Terhadap Karakteristik Marshall* . Teknik Sipil, Universitas Kediri, Kediri. Dalam penelitian ini menjelaskan Suatu upaya dalam meningkatkan kemampuan perkerasan aspal guna menanggulangi adanya perubahan pada aspal maka perlu penambahan aditif. Pada kesempatan ini dicoba dengan menambahkan karet alam cair (lateks) sebagai campuran pada aspal untuk menjaga fleksibilitas pada aspal itu sendiri. Adapun tujuan penelitian ini yaitu 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 pada penelitian ini menggunakan Pengujian alat uji Marshall di dapat nilai KAO sebesar 6,20% .dari campuran laston AC-WC dengan variasi lateks 7% terhadap total berat aspal pada benda uji dimana semua perhitungan dan penelitian menggunakan alat uji marshall memenuhi. Hasil Dari penelitian ini mendapatkan hasil nilai yang terdapat pada tabel dibawah.

Tabel 2.2 Hasil Analisis Pengujian Karakteristik marshall oleh Fauzie N.

Karakteristik	Kadar Lateks Pada Kadar Aspal Optimum (%)						Spek
	0	3	5	7	9	11	
Campuran	0	3	5	7	9	11	
Stabilitas	1266,7	1370,42	1429,26	1582	1648	1548,84	>800
Flow	3,76	3,76	3,84	3,92	4	4,08	2>4
MQ	341,27	368,7	380,66	412,4	426,3	368,36	>250
VTIM	4,62	4,59	4,37	4,33	4,81	4,31	3>5
VTMA	15,15	15,34	15,28	15,26	15,19	15,16	>15
VFA	69,09	70,6	70,61	71,18	71,81	72,09	>65

3. Penelitian oleh Bahruddin, dkk (2020), *Karakteristik Marshall dari aspal termodifikasi crepe rubber*, Teknik sipil, Fakultas Teknik. Universitas Riau, Riau. Penelitian ini menggunakan bahan utama, yaitu aspal penetrasi 60/70, produksi PT. Pertamina (Persero). Bahan aditif yang digunakan untuk penelitian ini menggunakan karet alam yang diolah sendiri dari bahan dasar cup lump menjadi crepe rubber. Terjadinya Kelebihan beban dapat merusak kontruksi jalan (Paisetal, 2013). Kinerja aspal yang menurun adalah akibat dari iklim, genangan air di permukaan jalan, kelembapan udara, radiasi ultraviolet, oksidasi, dan kualitas aspal yang buruk. Faktor-faktor lain yang menyebabkan kerusakan pada kontruksi jalan beraspal juga berkontribusi pada penurunan kinerja aspal. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk

meninjau daya tahan aspal di lapangan setelah penambahan karet alam yang di fokuskan pada karakteristik *Marshall* dan *rutting*. Penelitian ini untuk mempelajari pengaruh penambahan *crepe rubber* dan antioksidan 1,2-dihydro-2,2,4-trimethyl-quinoline (TMQ) terhadap nilai karakteristik *Marshall*. Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu pembuatan *crepe rubber* serta pencampuran dan karakterisasi aspal *crepe rubber*. Pembuatan *crepe rubber* diawali dengan penggilingan cup lump pada mesin creeper hingga diperoleh kadar karet kering (KKK) >70%. Selanjutnya, *crepe rubber* setengah jadi dikeringkan tanpa terkena sinar matahari langsung hingga berubah warna menjadi kecoklatan dan diperoleh (KKK)>95%. Setelah *crepe rubber* mencapai (KKK) >95%, selanjutnya *crepe rubber* dimastikasi untuk melunakkan karet dan membentuk *crepe rubber* dengan ketebalan 2 mm. Hasil pengujian ini menunjukkan penambahan *crepe rubber* meningkatkan stabilitas aspal dalam menahan beban. Hasil optimum diperoleh dengan perlakuan 10% *crepe rubber*, 2% TMQ, dan 5,50% aspal, dimana memiliki stabilitas Marshall 1.403,96 kg, VFA 75,90%, VIM 3,07%, VMA 15,34%, flow 3,370 mm, dan MQ 416,605 kg/mm.

4. Penelitian Oleh Rasyid Ridha, Dkk (2021). *Analisis Karakteristik Marshall Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (Hrs-Wc) Menggunakan Bahan Tambah Karet Padat*. Teknik Sipil, Fakultas Teknik. Universitas Palangkaraya. Infrastruktur jalan merupakan pusat mobilitas masyarakat; sebagai penunjang transportasi darat, pemerintah diharapkan untuk memprioritaskan pembangunan dan pemeliharaan infrastruktur jalan. Untuk membuat jalan lebih nyaman dan aman bagi orang yang menggunakannya, konstruksi jalan yang baik harus dilakukan. Karet padat jenis lump adalah bahan tambahan untuk campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*. Bahan ini berasal dari karet alam yang telah dicetak dalam bentuk gumpalan. Diharapkan bahwa menambahkan campuran ini ke dalam konstruksi perkerasan jalan akan membuat permukaan perkerasan lebih tahan lama dan lebih tahan terhadap retakan yang disebabkan oleh lendutan yang berlebihan dan retakan yang disebabkan oleh kelelahan bahan. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik agregat, kadar bahan tambah optimum dari campuran, dan nilai karakteristik *Marshall* yang dihasilkan dengan menggunakan bahan tambah karet padat dengan variasi kadar bahan tambah yang direncanakan pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*. Penelitian ini menggunakan metode uji laboratorium, yaitu untuk menganalisis penggunaan karet alam padat sebagai bahan tambah pada aspal dalam lapisan Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*). Dalam penelitian dilakukan pengamatan pada laboratorium dan pemeriksaan terhadap proporsi campuran Lataston Lapis Aus (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*) yang memenuhi spesifikasi.

Data yang dihasilkan digunakan untuk perancangan campuran, selanjutnya dibuat benda uji (briket) untuk dilakukan uji Marshall sehingga diketahui karakteristik campuran tersebut. Pengambilan data dilakukan dengan membuat benda uji sebanyak 30 buah. Benda uji tersebut dibagi dalam 2 kali percobaan. Percobaan pertama dibuat 15 benda uji yang terdiri dari 1 macam komposisi terbaik yang mendekati spesifikasi dengan 5 variasi kadar aspal. Tiap variasi kadar aspal dibuat 3 buah benda uji yang kemudian hasilnya dirata-ratakan untuk kemudian didapatkan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), yang didapat pada percobaan pertama dipergunakan sebagai kadar aspal untuk membuat 15 buah benda uji, yang terdiri dari 5 variasi persentase berat karet padat terhadap berat aspal yang diperoleh dari Kadar Aspal Optimum (KAO), yaitu berat karet padat sebagai bahan tambah persentase 2%, 4%, 6%, 8% dan 10%. Tiap variasi persentase berat karet dibuat 3 benda uji. Pembuatan dan pengujian benda uji ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Hasil analisis penelitian didapatkan nilai yang terdapat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Hasil Pengujian Oleh Rasyid Ridha Dkk.

Kadar Karet Terhadap berat aspal %	Parameter Karakteristik Marshall					Keterangan
	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VFB (%)	MQ (kN/mm)	
0,0	932,000	3,15	4,9	76,20	293,000	-
2,0	968,639	3,22	4,92	76,74	301,032	Memenuhi
4,0	995,092	3,27	4,53	78,28	303,645	Memenuhi
6,0	998,409	3,38	4,09	80,06	294,698	Memenuhi
8,0	1034,066	3,38	3,88	80,91	306,013	VIM Tidak Memenuhi
10,0	1041,198	3,48	3,93	80,64	299,51	VIM Tidak Memenuhi
Spek	>600	>3,0	3>5	>68	>250	

5. Penelitian Oleh fillia indah kumala dewi (2020). *pengaruh substitusi lateks (getah karet) terhadap kinerja karakteristik lapis aspal beton (laston) dengan kombinasi filler abu arang tempurung kelapa*. teknik sipil, fakultas teknik. universitas bhayangkara. Aspal beton merupakan gabungan dari agregat, aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lateks dan abu arang tempurung kelapa dipilih sebagai bahan aditif karena melimpah ketersediaan dan mudah didapat. Penelitian ini menggunakan prosentase lateks sebesar 1%; 2%; dan 3%, serta *filler* dari arang tempurung kelapa sebesar 1%; 1,5%, dan 2%. Tujuan Penelitian untuk mendapatkan pengaruh substitusi lateks (getah karet) dan *filler* dari arang tempurung kelapa terhadap kinerja karakteristik aspal beton (laston). Metode pengujian material dan pengujian *marshall* berpedoman pada Bina Marga 2018. Untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) diujikan dengan tiga variasi prosentase kadar aspal dan di dapatkan sebesar 5%. Nilai ini selanjutnya digunakan pengujian stabilitas marshall dengan bahan aditif. Hasil pengujian menunjukkan bahwa substitusi lateks dan *filler* arang tempurung kelapa dapat menambah nilai stabilitas marshall dan fleksibilitas campuran pada kadar lateks dan abu arang 3%. Hasil tersebut sesuai dengan karakteristik laston dalam Spesifikasi Bina Marga 2018.

1.2 Aspal

Aspal adalah suatu bahan bangunan yang umum digunakan untuk konstruksi jalan. Aspal memiliki kandungan karbon 80%, 10% *hydrogen*, 6% belerang, dan 4% oksigen, nitrogen serta sejumlah renik besi, nikel dan vanadium, aspal terbuat dari campuran bitumen (asphalt cement) dan agregat

(seperti pasir, kerikil, atau batu pecah) yang dicampur menjadi satu untuk membentuk lapisan permukaan yang kuat dan tahan lama. Bitumen, yang juga dikenal sebagai aspal cair, adalah komponen utama dalam campuran aspal. Ini adalah produk minyak bumi yang kental, lengket, dan berwarna hitam. Bitumen berfungsi sebagai ikatan yang mengikat agregat bersama-sama, memberikan fleksibilitas, dan melindungi permukaan jalan dari air dan kerusakan akibat cuaca. Agregat digunakan untuk memberikan kekuatan mekanis pada lapisan permukaan, dan ukurannya bervariasi tergantung pada jenis jalan yang dibangun. Campuran aspal ini kemudian ditempatkan dan dipadatkan pada permukaan jalan, serta membentuk lapisan yang kokoh dan rata. Aspal banyak digunakan karena sifatnya yang tahan terhadap beban lalu lintas, perlindungan dari air, serta kemampuannya untuk menyesuaikan diri dengan pergerakan tanah yang disebabkan oleh perubahan suhu dan musim.

1.3 Aspal Keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras atau AC ini digunakan dalam keadaan cair dan juga panas, serta penyimpanannya dalam temperatur ruangan yang rendah, aspal kerqs terdiri dari beberapa jenis tergantung dari proses pembuatannya dan jenis minyak bumi asalnya. Pengelompokkan pada aspal keras dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada suhu 25°C - 30°C atau berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia AC dibedakan berdasarkan :

AC 40/50 : AC dengan penetrasi antara 40 -50

AC 60/70 : AC dengan penetrasi 60 -70

AC 85/100 : AC dengan penetrasi 85 – 100

AC 120/150 : AC dengan penetrasi 120 – 150

AC 200/300 : AC dengan penetrasi 200 – 300

Terdapat dua jenis AC yang sering digunakan di Indonesia yaitu aspal PEN 60/70 dan 80/100. Perbedaan keduanya hanya pada temperatur ketika pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Perbedaan temperatur tersebut berkaitan dengan viskositas (kekentalan) yang dapat mempermudah ketika pada pelaksanaan pekerjaan tersebut. AC dengan penetrasi rendah dipakai untuk daerah yang memiliki cuaca panas atau volume lalu lintas tinggi, sedangkan AC penetrasi tinggi dipakai untuk daerah dingin atau untuk volume lalu lintas rendah. Di Indonesia aspal yang dipakai yaitu aspal dengan PEN 60/70 adapun batas-batas temperatur untuk penyemprotan adalah berkisar antara 150°C – 210°C, pada penelitian ini aspal yang digunakan yaitu aspal keras dengan penetrasi 60/70 yang di dapatkan dari AMP (*Asphalt Mix Process*), PT. Rabana Aspal Indo.

1.3.1 Jenis-Jenis Aspal

Adapun jenis-jenis aspal yang sering digunakan pada jalan raya khususnya sering digunakan di Indonesia.

a. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah bahan tersisa yang dianggap sudah sudah tidak lagi bisa diproses secara ekonomi dari proses destilasi minyak bumi di pabrik kilang minyak. Bahan tersebut kita kenal dalam tiga kelas penetrasi yaitu diklat penggunaan bahan & alat untuk pekerjaan jalan & jembatan modul bahan aspal ntuk perkerasan lentur 2 PEN 40/50, PEN 80/70 dan PEN 80/100. Semakin rendah angka penetrasi maka akan semakin keras wujud aspal, semakin susah cara penanganannya karena diperlukan suhu lebih tinggi agar aspal menjadi

lunak atau cair. Sebaliknya semakin tinggi angka penetrasi maka aspal akan mudah encer, mudah dikerjakan tetapi terancam sulit untuk mencapai kestabilan campuran aspal, terutama pada iklim panas seperti di Indonesia, karena aspal cenderung melunak pada suhu udara tinggi. Pengerjaan aspal umumnya memerlukan pemanasan pada suhu sekitar 1100 – 1700 °C supaya aspal menjadi encer sehingga mudah untuk dipompa, dipindahkan dan dicampur dengan agregat ataupun dipadatkan. Jika aspal dipanaskan berkali-kali dan dalam waktu lama, maka banyak minyak aromatik yang menguap sehingga aspal mengeras, sehingga angka penetrasinya menurun. Aspal dengan penetrasi rendah akan gampang terkena oksidasi sehingga aspal menjadi getas, kehilangan daya lengketnya, akibatnya lapis aspal akan terburai atau lepas butir.

b. Aspal Emulsi

Aspal emulsi adalah campuran aspal (60–70%) dengan air dalam bentuk emulsi yang memungkinkan molekul aspal melayang di dalam air. Hal ini dimungkinkan karena adanya bahan tambah bersifat katalis. Mesin *colloid mill* mencampur aspal dengan air dan katalis. Saat aspal emulsi disimpan selama sekitar tiga bulan, emulsi dapat terlepas dan aspal mengendap ke dasar drum atau kontainer. Agar ikatan emulsi terbentuk lagi, cukup digoyangkan atau digelindingkan. Penggunaan aspal emulsi yang paling baik adalah sudah digunakan sebelum terlepas ikatan emulsinya.

c. Aspal Busa

Aspal Busa merupakan jenis aspal panas yang dicampurkan dengan air secara langsung ketika aspal masih panas sehingga aspal berbusa dan seketika menjadi semacam emulsi yang dapat dimanfaatkan keencerannya untuk membentuk lapis tipis aspal yang menyelimuti agregat. Aspal busa ini kita kenal sebagai bagian dari proses *Recycling* beton aspal.

d. Aspal Modifikasi (Polimer)

Nama lain dari jenis Aspal Modifikasi adalah *Polymer Modified Asphalt* (PMA) atau *Polymer Modified Bitumen* (PMB), ini adalah aspal minyak ditambah dengan bahan tambah (*additive*) agar meningkatkan kinerjanya, yaitu aspal yang tahan beban dan tahan lama (awet).

1.3.2 Sifat Kimia Aspal

Aspal terdiri dari senyawa hidrokarbon, nitrogen dan logam lain. Sesuai jenis minyak bumi dan proses pengolahannya. Mutu kimiawi aspal digunakan dari komponen pembentuk aspal. Saat ini telah banyak metode yang digunakan untuk meneliti komponen-komponen pembentuk aspal. Komponen fraksional pembentuk aspal dikelompokan berdasarkan karakteristik reaksi yang sama. Metode *rostler* menentukan komponen fraksional aspal melalui daya larut asam belerang (*Sulfruit Acid*).

1.3.3 Bahan Campuran Beraspal

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Bahan Aspal untuk Campuran Beraspal adalah :

a. Bahan aspal berikut yang sesuai dengan Tabel 2.1 dapat digunakan bahan pengikat ini dicampur dengan agregat sehingga menghasilkan campuran

beraspal sebagaimana mestinya sesuai dengan yang disyaratkan yang disebutkan dalam tabel 2.2 mana yang relevan, sebagaimana yang disebutkan dalam gambar atau yang di perintahkan oleh pengawas pekerjaan Pengambilan contoh bahan aspal harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 06-6399-2000 dan pengujian sesuai sifat-sifat (*properties*) yang disyaratkan dalam tabel 2.1 harus dilakukan. Bilamana jenis aspal modifikasi tidak disebutkan dalam gambar maka penyedia jasa dapat memilih aspal Tipe II jenis PG 70 dalam tabel 2.1 dibawah ini.

b. Contoh bahan aspal harus diekstraksi dari benda uji sesuai dengan cara SNI 03-3640-1994 (metoda soklet) atau SNI 03-6894-2002 (metoda sentrifus) atau AASHTO T164-14 (metoda tungku pengapian). Jika metoda sentrifitus digunakan, setelah konsentrasi larutan aspal yang terekstraksi mencapai 200 mm, partikel mineral yang terkandung harus di pindahkan kedalam suatu alat sentrifugal. Pemindahan ini dianggap memenuhi bila mana kadar abu dalam bahan aspal yang diperoleh kembali tidak melebihi 1% (dengan pengapian). Jika bahan aspal diperlukan untuk pengujian lebih lanjut maka bahan aspal itu harus diperoleh kembali dalam larutan sesuai dengan prosedur SNI 03-6894-2002.

c. Aspal tipe I harus diuji pada setiap kedatangan dan sebelum dituangkan ke tangki penyimpanan AMP untuk penetrasi pada 25°C (SNI 2456:2011). Tipe II harus diuji untuk stabilitas penyimpanan sesuai dengan ASTM D5976-00 Part 6.1. Semua tipe aspal yang baru datang harus ditempatkan dalam tangki sementara sampai hasil pengujian tersebut diketahui. Tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal tersebut diuji dan disetujui.

Tabel 2.4 Ketentuan Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metoda Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Aspal Modifikasi	
				Elastomer Sintesis	
				PG70	PG76
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70	Dilaporkan ⁽¹⁾	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 red/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽²⁾	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232	≥ 230	
7.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASTHO T44-14	≥ 99	≥ 99	
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	$\geq 1,0$	-	
9.	Stabilitas penyimpanan perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	$\leq 2,2$	
10.	Kadar paraffin lilin (%)	SNI 03-3639-2002	2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002)					
11.	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 red/detik 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456-2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Catatan :

1. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah ± 4 (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi < 50 adalah ± 2 (0,1 mm), masing-masing dari nilai penetrasi yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
2. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan titik lembek diterima adalah $\pm 1^\circ\text{C}$ dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
3. Viskositas diuji juga pada temperatur 100°C dan 160°C untuk tipe I, untuk tipe II pada temperatur 100°C dan 170°C untuk menetapkan temperatur yang akan diterapkan.

4. Jika untuk pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTOT201-15 maka hasil pengujian harus dikonversikan ke satuan SI

(Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018)

Tabel 2.5 Sifat-Sifat Campuran Laston (AC).

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6 ⁽³⁾
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min	2		

Catatan :

1. Penentuan VCA mix dan VCA dre sesuai AASHTO R46-08 (2012). VCAmix : *Voids in coarse aggregate within compacted mixture*. VCA dre : *Voids in coarse aggregate fraction in dry-rodded condition*.
2. Pengujian draindown sesuai AASHTO T305-14
3. Modifikasi Marshall.
4. Rongga dalam campuran dihitung berdasarkan pengujian berat jenis Maksimum Agregat (Gmm test, SNI 03-6893-2002).
5. Pengawas pekerjaan dapat atau menyetujui AASHTO T283-14 sebagai alternatif pengujian kepekaan terhadap kadar air. Pengondisian beku cair (*freeze thaw conditioning*) tidak diperlukan. Nilai Indirect Tensile Strength Retained (ITSR) minimum 80% pada VIM (Rongga dalam Campuran) $7\% \pm 0,5\%$. Untuk mendapatkan VIM $7\% \pm 0,5\%$, buatlah benda uji Marshall dengan variasi tumbukan pada kadar aspal optimum, misal 2x40, 2x50, 2x60 dan 2x75 tumbukan. Kemudian dari setiap benda uji tersebut, hitung nilai VIM dan buat hubungan antara jumlah tumbukan dan VIM. Dari grafik tersebut dapat diketahui jumlah tumbukan yang memiliki nilai VIM $7\% \pm 0,5\%$, kemudian lakukan pengujian ITSR untuk mendapatkan *Indirect Tensile Strength Ratio* (ITSR) sesuai SNI 6753 : 2008 atau AASTHO T283-14 tanpa pengondisian $-18 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

(Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018)

1.4 Bahan Pengisi (*Filler*)

Menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 Bahan Pengisi (*Filler*) adalah:

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 abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh pengawas pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hana 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 diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 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.

1.4.1 Getah Karet (*Lateks*)

Getah karet adalah suatu cairan atau zat kental, lengket, elastis dan berwarna putih susu yang diperoleh dari pohon karet (*hevea brasiliensis*). Pohon karet menghasilkan getah karet sebagai suatu bentuk pertahanan alami untuk melindungi diri dari luka atau serangan hama, getah karet mengandung 90-95% karet murni, 2-3% protein, 1-2% asam lemak, 0,2% gula, 0,5% jenis garam Na, K, Mg, Ca, Cu, Mn dan Fe yang terkandung dalam getah karet. Getah karet juga dikenal dengan sebutan lateks karet. Pemanfaatan getah karet di Indonesia sangat baik, sehingga

dapat di olah menjadi bahan dasar pembuatan berbagai macam produk menggunakan getah karet, seperti ban kendaraan, selang, sarung tangan karet, sepatu, dan banyak lagi. Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas jalan yaitu menggunakan aspal modifikasi atau polimer. Getah karet alam digunakan karena harganya relatif murah dan perlu pemanfaatan lebih lanjut terhadap getah karet pada penelitian ini getah karet didapat dari pengepul getah karet yang berada di daerah Kali papan, Tulung Buyut. Kab. Way Kanan, penelitian ini terdapat 3 jenis sampel aspal karet dengan variasi penambahan getah karet 0%, 5%, 12%.

Tabel 2.6 Spesifikasi Karet Alam (SNI 06-2047-2002).

No.	Spesifikasi	Karet Alam SIR-20
1.	Kadar kotoran maksimum	0,20%
2.	Kadar abu maksimum	1,0%
3.	Kadar zat atsiri maksimum	1,0%
4.	<i>Plasticity Retention Index</i> minimum	40
5.	Plastisitas- P_0 minimum	30

1.5 Agregat Umum

Agregat didefinisikan secara umum adalah suatu mineral alam yang bersifat keras dan padat, ASTM mendefinisikan agregat sebagai salah satu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun fragmen, fragmen agregat merupakan komponen utama dari sektor perkerasan jalan yaitu 90.95% agregat berdasarkan persentase berat sisa 75-83% agregat dari persentase volume dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

1.5.1 Agregat Kasar

Menurut SNI-03-2847-2002, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu PT. Wahana Mitra Perdana Lampung, Kab. Way Kanan, yang mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm. Menurut Tjokrodimuljo (1996), sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan ukuran maksimumnya. Pada agregat dengan permukaan kasar akan terjadi ikatan yang baik antara pasta semen dengan agregat tersebut. Pada agregat berukuran besar luas permukaannya menjadi lebih sempit sehingga lekatan dengan pasta semen menjadi berkurang.

Tabel 2.7 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12%
	magnesium sulfat		Maks 18%
Abrasi Dangan Mesin Los Angeles	Campuran Aspal Modifikasi Dan SMA	100 Putaran	Maks 6%
		500 Putaran	Maks 30%
	Semua Jenis Campuran Beraspal Bergradasi Lainnya	100 Putaran	Maks 8%
		500 Putaran	Maks 40%
Kekuatan Agregat Terhadap Aspal		SNI 2439:2011	Min 95%
Butir Pecah Pada Agregat Kasar	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	Max 1%

Catatan :

*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih

***) 90/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018)

1.5.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam atau mineral sebagai hasil disintregasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 3/16 inci atau 5 mm (lolos saringan no.4). Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam. Pada penelitian ini jenis agregat yang digunakan yaitu Abu batu yang di dapat dari PT. Wahana Mitra Perdana Lampung, Kab. Way Kanan. Penggunaan abu batu sangat berguna karena mengurangi penggunaan pasir dan memanfaatkan limbah batu pecah yang digunakan sebagai bahan konstruksi.

Tabel 2.8 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	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 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan REVISI 2)

1.5.3 Jenis Agregat Berdasarkan Terjadinya, Dikelompokkan Menjadi Dua

Yaitu :

1. Agregat beku (*igneous rock*), yaitu agregat yang berasal dari magma yang membeku
2. Agregat sedimen (*sedimentary rocks*, yaitu agregat sedimen atau agre beku yang mengalami perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan tekanan dan temperatur kulit bumi)

1.5.4 Keutamaan Agregat Dalam Peranannya Di Dalam Aspal :

1. Menghasilkan kekuatan besar yang berperan dalam lapisan aspal,
2. Mengurangi pemuaian dan pteakan pada lapisan aspal
3. Dengan gradasi agregat yang baik dapat tercapai aspal yang padat dan sesuai dengan ketebalan aspal yang ditentukan

1.5.5 Jenis Agregat Dikelompokkan Menjadi 3 Berdasarkan Ukurannya Yaitu:

1. Agregat kasar yaitu agregat dengan ukuran butir lebih besaar dari saringan no. 4 (diameter 4,75mm)
2. Agregat halus yaitu agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan no. 4 (diameter 4,75mm)
3. Bahan pengisi (*filler*) yaitu bagian dari agregat halus yang minimum 75 % lolos saringan no. 200 (diameter 0,075 mm)

1.5.6 Gradasi Agregat Gabungan

Menurut SNI spesifikasi umum 2018 gradasi agregat gabungan adalah campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan. 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). Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan pengawas pekerjaan dapat menerima gradasi tersebut asalkan sifat-sifat campurannya memenuhi ketentuan.

Tabel 2.9 Amplop Gradasi Agregat Gabungan

Ukuran Ayakan		Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat %							
		Stone Matrix Aspal (SMA)			Lastaston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	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	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
⅜"	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	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

(Sumber : Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan REVISI 2)

1.6 Pengujian Terhadap Material :

1.6.1 Pengujian Gradasi Agregat

Pengujian ini merupakan salah satu cara untuk mendapatkan nilai variasi butiran suatu agregat Yang bertujuan untuk mendapatkan distribusi besaran atau jumlah persentase butiran agregat halus dan agregat kasar. Mengacu pada ASTM C33-03 Agregat halus harus memiliki tidak lebih dari 45% melewati saringan apa pun perhitungan analisis gradasi.

1.6.2 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Kasar (*Specific Gravity And Water Absorption Of Fine Aggregate*)

Menurut SNI 1970:2016, pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar bertujuan untuk mengukur berat jenis agregat kasar untuk kondisi SSD (*surface saturated dry*), kondisi kering (*bulk specific gravity dry*), kondisi semu (*apparent*

specific gravity) dan kondisi penyerapan (*absorption*). Berat jenis kering (*bulk specific gravity dry*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berat jenis permukaan (*bulk specific gravity SSD*) adalah perbandingan antara berat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat pada kondisi jenuh tertentu. jenis semu (*apparent specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu. Persentase penyerapan (*absorption percentage*) adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap agregat kering.

Perhitungan :

1. Berat Jenis Kering

$$\frac{Bk}{Bj - Ba}$$

2. Berat Jenis Kondisi SSD

$$\frac{Bj}{Bj - Ba}$$

3. Berat Jenis Semu

$$\frac{Bk}{Bk - Ba}$$

4. Presentase Penyerapan

$$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$$

Keterangan :

Bk : Benda Uji Dalam Kondisi Kering

Bj : Benda Uji dalam Kondisi SSD

Ba : Benda Uji dalam Kondisi Jenuh

1.6.3 Berat Volume Agregat

Pengujian berat volume agregat atau berat isi dan rongga udara dalam agregat pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat kasar yang didefinisikan sebagai perbandingan antara berat material kering dengan volumenya. berdasarkan spesifikasi agregat kasar standard SNI 03-4080-1998.

Berat volume/isi agregat :

1. Lepas V1 : B3-B1

2. Padat V2 : B3-B1

Keterangan :

V1 : Berat Lepas

V2 : Berat Padat

B1 : Berat Bejana kondisi kosong (kg)

B2 : Berat Agregat Kondisi Gembur (kg)

B3 : Berat agregat Kondisi Padat (kg)

1.6.4 Berat Jenis Dan Penyerapan Agregat Halus (*Specific Gravity And Water Absorption Of Fine Aggregate*)

Tujuan pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus untuk menentukan berat jenis pada agregat halus untuk kondisi SSD (*Surface Saturated Dry*), untuk kondisi kering (*bulk specific gravity dry*), untuk kondisi semu (*apparent specific gravity*) dan penyerapan (*absorption*) dan agregat halus. Berat jenis kering (*bulk specific gravity dry*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berat jenis permukaan (*bulk specific gravity SSD*) adalah perbandingan antara berat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) adalah perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu. Persentase penyerapan (*absorption percentage*) adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap agregat kering.

Perhitungan :

1. Berat Jenis Kering (*Bulk Specific Gravity Dry*).

$$\text{BJ Kering} : \frac{Bk}{B+A-Bt}$$

2. Berat Jenis Kondisi SSD (*Bulk Specific Gravity SSD*)

$$\text{BJ SSD} : \frac{A}{B+A-Bt}$$

3. Berat Jenis Semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$\text{BJ Semu} : \frac{Bk}{B+Bk-Bt}$$

4. Presentasi Abrasi (*Absorption Precentage*)

$$\text{Presentasi Abrasi} = \frac{A-Bk}{Bk} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Benda Uji Dalam Kondisi SSD

B : Picnometer + Air

Bk : Benda Uji Dalam Kondisi Kering.

Bt : Piknometer + Benda Uji + Air

1.6.5 Pengujian Kadar Air Pada Agregat Halus

Pengujian kadar air agregat didasari pada SNI 1971:2011 tentang Metode Pengujian Kadar Air Total Agregat. Kadar air agregat adalah perbandingan antara berat agregat dalam kondisi kering terhadap berat semula yang dinyatakan dalam persen dan berfungsi sebagai koreksi terhadap pemakaian air untuk campuran Aspal yang disesuaikan dengan kondisi agregat dilapangan. standard kadar air yaitu antara 2.0%-5.0%. Perhitungan kadar air agregat dapat dihitung menggunakan rumus.

Perhitungan :

$$\text{Kadar air} = \frac{W1 - W2}{W2} \times 100 \%$$

Keterangan :

W1 : berat awal benda uji (gr)

W2 : berat benda uji kering oven (gr)

1.6.6 Pengujian Kadar Lumpur Pada Agregat Halus Abu Batu

Kandungan lumpur yang berlebihan pada agregat akan mengurangi daya lekat agregat dengan material pengikat aspal lainnya. Pemeriksaan kadar lumpur dengan bertujuan untuk mengetahui besarnya kadar lumpur dalam agregat halus jenis abu batu tersebut. Berdasarkan spesifikasi karakteristik agregat halus standard SNI 03-4142-1996, interval untuk kadar lumpur yaitu maksimal 5%.

Perhitungan :

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

Keterangan :

A : Tinggi Abu Batu + Tinggi lumpur (mm)

B : Tinggi Abu Batu (mm)

1.6.7 Pengujian Kehausan Agregat Dengan Menggunakan Alat Abrasi *Los Angeles (Los Angeles Abrasion Test)*

Menurut SNI 2417:2008, tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan atau agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan alat mesin *los angeles*. Kehausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lolos saringan No. 12 (1,70 mm) terhadap berat semula dalam persen.

Perhitungan :

$$\frac{A-B}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Berat Benda Uji Awal

B : Berat Benda Uji Kering Tertahan saringan No. 12 (1,70 mm)

Tabel 2.10 Data Berat Penentuan Jumlah Bola Baja.

Ukuran Saringan		Berat dan Gradasi Benda Uji (gram)						
Lewat (mm)	Tertahan (mm)	A	B	C	D	E	F	G
76,20	63,50	-	-	-	-	2500	-	-
63,50	50,80	-	-	-	-	2500	-	-
50,80	37,50	-	-	-	-	5000	5000	-
37,50	25,40	1250	-	-	-	-	5000	5000
25,40	19,00	1250	-	-	-	-	-	5000
19,00	12,50	1250	2500	-	-	-	-	-
12,50	9,50	1250	2500	2500	-	-	-	-
9,50	6,30	-	-	2500	-	-	-	-
6,30	4,75	-	-	-	-	-	-	-
4,75	2,38	-	-	-	5000	-	-	-
Jumlah Bola		12	11	8	6	12	12	12
Berat Bola (gram)		5000 ± 25	4584 ± 25	3330 ± 25	2500 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25	5000 ± 25

1.6.8 Pengujian Aspal Dengan Alat Marshall Test

Uji *Marshall* (*Marshall Test*) bertujuan untuk menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*), Kepadatan (*Density*) yang dialami suatu campuran aspal. Ketahanan (*stability*) adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelehan plastis yang dinyatakan dalam Kilo Pound.