

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini peneliti mencampurkan 2 jenis plastik yaitu *Polypropylene* (PP) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang didasari oleh literatur atau referensi yang berhubungan dengan obyek pembahasan. Referensi bertujuan untuk memberikan batasan-batasan terhadap pembahasan dari penelitian yang akan dikembangkan serta agar dapat menghasilkan hasil yang lebih baik dari referensi penelitian sebelumnya. Referensi penelitian terdahulu yang peneliti dapatkan dapat dilihat pada uraian berikut.

Menurut Arif (2018) apabila menggunakan kadar plastik *Polypropylene* dengan persentase yang digunakan adalah 2 % dan 4 %, dan hasil pengujian yang didapatkan ialah pada nilai stabilitas tertinggi yaitu pada penambahan plastik PP 4% yaitu sebesar 1614 kg, sedangkan nilai stabilitas terendah yaitu pada laston normal yaitu 1136 kg, tetapi masih memenuhi spesifikasi bina marga > 800 kg. Nilai rata-rata flow baik laston normal lebih rendah dibanding penambahan PP tetapi tetap memenuhi spesifikasi bina marga >3. Nilai *marshall Quotient* pada laston normal lebih rendah dibanding penambahan PP tetapi masih memenuhi spesifikasi bina marga > 250, dapat disimpulkan penambahan plastik pp menunjukkan hasil yang lebih baik dibanding laston normal dilihat dari hasil yang sudah dijelaskan diatas.

Menurut Tan dan Pahlevi (2019) Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* yang menggunakan kadar plastik *Polypropylene* dengan persentase 0%, 2,5%, 3,5%, 4,5% dan nilai kadar aspal optimum (KAO) yang digunakan yaitu 6,2%. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan campuran AC–WC *non polypropylene* dengan kadar aspal optimum menghasilkan nilai VMA 17,632%; VIM 73,796%; VFA 71,423%; stabilitas 1408,593 kg; dan pelelehan 3,79 mm, sedangkan Campuran AC-WC dengan kadar aspal optimum serta penambahan 2,5% *Polypropylene* menghasilkan nilai VMA 17,162%; VIM 4,498%; VFA 73,796%; stabilitas 1466,936 kg; dan pelelehan 3,71 mm, Penambahan 3,5% *Polypropylene* menghasilkan nilai VMA 16,797%; VIM 4,076%; VFA 75,734%; stabilitas 1533,616 kg; dan pelelehan

3,5 mm, Penambahan 4,5% *Polypropylene* menghasilkan nilai VMA 16,432%; VIM 3,655%; VFA 77,774%; stabilitas 1653,591 kg; dan pelelehan 3,21 mm, Penambahan 5,5% *Polypropylene* menghasilkan nilai VMA 15,688%; VIM 2,798%; VFA 82,166%; stabilitas 1699,854 kg; dan pelelehan 2,83 mm. Penambahan plastik *Polypropylene* yang dapat digunakan pada kadar 2,5% *Polypropylene* sampai dengan 4,5% *Polypropylene*. Jika dilihat dari nilai stabilitas tertinggi dan pelelehan terendah, maka kadar plastik *Polypropylene* yang dapat digunakan adalah 4,5% dari berat aspal.

Menurut Taringan dan Nurdiana (2017) Penggunaan kadar plastik *Polypropylene* dengan persentase 2%, 3% dan 5%, menghasilkan nilai stabilitas semua variasi baik yang laston normal maupun yang menggunakan campuran *Polypropylene* memenuhi spesifikasi sesuai dengan standar SNI 03- 1737-1989 untuk lalu lintas berat yaitu 800 kg dari hasil penelitian diperoleh stabilitas tertinggi dicapai oleh campuran dengan komposisi polipropilena 2 %, yakni sebesar 1341,667 kg, sedangkan nilai stabilitas terendah pada campuran dengan komposisi *Polypropylene* 3 % sebesar 980 kg. Nilai *flow* semua variasi baik yang laston normal maupun yang menggunakan campuran *Polypropylene* memenuhi spesifikasi sesuai dengan standar SNI 03- 1737-1989 untuk lalu lintas berat yaitu 2 – 4 mm, Nilai kelelehan tertinggi terjadi pada campuran yang menggunakan 5% PP yakni sebesar 2,5 mm Semakin banyak PP yang digunakan sebagai pengganti agregat, maka kelelehan campuran tersebut semakin tinggi. Nilai *Marshall Quotient* meningkat dengan penambahan *Polypropylene* dengan *Asphalt Concrete Wearing Coarse* (AC-WC) pada laston normal yaitu 300 kg/mm sedangkan dengan menggunakan campuran *Polypropylene* nilai tertinggi ialah pada kadar 2% yaitu 600 kg/mm berdasarkan SNI 03-1737-1989 nilai MQ yaitu antara 200-350 kg/mm maka campuran *Polypropylene* tidak memenuhi standar, tetapi berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 3 menyatakan bahwa nilai minimum MQ adalah 250 (Kg/mm) maka semua variasi memenuhi.

Menurut Hilda Nur Hidayati *et al* (2021) Pengaruh penambahan plastik LDPE pada campuran aspal beton lapis AC-BC. Perancangan campuran dilakukan secara kering (*dry process*) dengan menggunakan variasi kadar plastik 0%, 2%, 3%, dan 4%

dengan masing-masing kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6,0% dan 6,5 %, jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 75 benda uji. Dari hasil pengujian *Marshall* didapatkan nilai KAO sebesar 6,5% dengan variasi kandungan plastik LDPE sebesar 3%. Dengan nilai stabilitas 1878,40 kg, nilai alir 3,81 mm, nilai MQ 472,5 kg/mm, nilai VFB/VFA 72,55%, nilai VIM 4,29%, dan nilai VMA 17,74%. Pengaruh penambahan plastik LDPE mempengaruhi nilai stabilitas dan flow yang semakin tinggi, sedangkan pada nilai VIM, VMA, VFA/VFB yang dihasilkan semakin rendah

Menurut Erdiansa dan Asik (2020) Penambahan plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dengan persentase kadar plastik yang digunakan yaitu 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan KAO yang digunakan sebesar 6,65% ke dalam campuran (AC-WC+Asbuton) menghasilkan nilai VIM, VMA, dan Flow semakin menurun seiring penambahan kadar plastik pada campuran. Sedangkan nilai VFB dari kadar plastik 0% hingga 2% menurun, dan meningkat pada kadar 4% hingga 8%, serta nilai stabilitas dari kadar plastik 0% hingga 4% meningkat, dan menurun pada kadar 6% hingga 8%. Dengan demikian, nilai *marshall* campuran AC – WC asbuton dengan bahan tambah plastik LDPE yang paling berpengaruh signifikan pada nilai stabilitas maksimum terletak pada kadar plastik 4%.

Menurut Situngkir dan Amin (2020) Pengaruh penambahan limbah plastik LDPE sebagai bahan perkerasan aspal pada perkerasan lentur landasan pacu yang dilakukan dengan metode *asphalt institute*. Dengan persentase variasi kadar plastik 4%, 8%, 12% dan 16% dan nilai KAO yang digunakan sebesar 6, 48%, menghasilkan nilai stabilitas 1531 kg, *flow* 3, 21 mm, rongga dalam campuran 3, 62%, rongga terisi aspal 80, 2%, serta berat isi 2,331 gram/cm³. Hasil evaluasi karakteristik *Marshall* dari tahap ke-2 kadar plastik 8% dan 12% memenuhi untuk semua spesifikasi yang ditentukan. Dari hasil pengujian yang dilakukan maka diperoleh kadar substitusi plastik optimum sebesar 8, 90% menghasilkan nilai stabilitas turun sebesar 531 kg, nilai flow naik 0, 6 mm, rongga dalam campuran (VIM) turun 0, 12%, rongga terisi aspal (VFB) turun 0, 6%, dan berat isi naik 0, 01 gram/cm³.

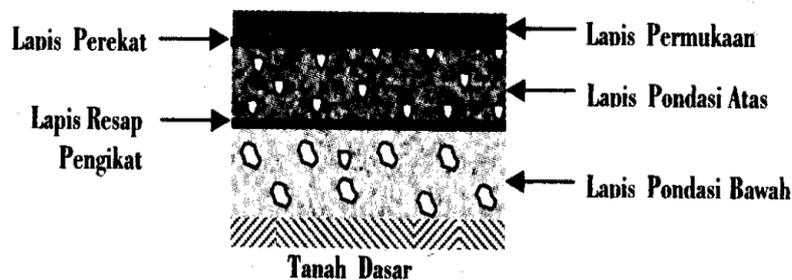
2.2 Perkerasan Jalan

Menurut Saodang (2005) Perkerasan jalan adalah lapisan konstruksi yang dipasang diatas tanah dasar badan jalan pada jalur lalu lintas yang bertujuan untuk menerima dan menahan beban langsung dari lalu lintas. Menurut Sukirman (1999) Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan atas :

1. Konstruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan permukaan (*surface course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan pondasi bawah (*sub base course*), lapisan tanah dasar(*subgrade*).
2. Konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*), yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan di atas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.
3. Konstruksi perkerasan komposit (*composite pavement*), yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur di atas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku di atas perkerasan lentur.

2.2.1 Struktur Perkerasan Lentur

Struktur dari perkerasan lentur ini terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan itu sendiri terdiri dari yang paling atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapis aus dan lapis antara, setelah dilanjutkan dengan lapisan pondasi yaitu lapis pondasi atas (*base course*) dan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Serta yang paling bawah yaitu tanah dasar (*subgrade*). Setiap lapisan mempunyai peran untuk memikul beban lalu lintas dimana beban lalu lintas yang terpusat disalurkan ke lapisan dibawahnya dengan menyebarkan dari beban itu sendiri.



Gambar 2.1 Lapisan Peverasan Lentur

(Sumber: Saodang, 2005)

1. Lapis Permukaan (*surface course*)

Menurut Sukirman (1999) Lapis permukaan merupakan lapisan yang paling atas dari struktur perkerasan lentur, yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas yang tinggi.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan.
- c. Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.
- d. Lapis aus (*wearing course*) lapisan yang langsung berhubungan dengan roda kendaraan sehingga menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan hingga mudah menjadi aus.

Menurut Sukirman (2010) Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. Lapis permukaan ini terdiri dari lapis aus dan antara, perbedaan dari kedua lapis ini yaitu dikarenakan lapis aus (*wearing course*) berada dipaling atas maka mengakibatkan kontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, dingin, dan panas sehingga lapis paling atas ini cepat menjadi rusak dan aus. Sedangkan lapis antara (*binder course*) berfungsi untuk memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas (*Base Course*). Lapis pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi bawah dan lapisan permukaan. Mempunyai fungsi sebagai :

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya dari beban roda dan menyebarkan ke lapisan bawahnya.
- b. Sebagai lapisan peresapan untuk pondasi bawah.
- c. Memberikan bantalan terhadap lapisan permukaan (pemikul beban horizontal dan vertikal).

3. Lapisan pondasi bawah (*Subbase*) Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Mempunyai fungsi sebagai :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- c. Efisiensi penggunaan material. Material pondasi bawah lebih relatif murah dibandingkan yang berada di atas.
- d. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar ke lapis atas.
- e. Sebagai lapisan peresapan agar air tanah tidak mengumpul di pondasi maupun di tanah dasar.
- f. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar.

4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setebal 50-100 cm yang terletak di bawah ketiga lapisan diatas merupakan lapis tanah dasar (*subgrade*). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan. Jika tanah aslinya baik, tanah yang didatangkan dari daerah lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapis tanah dasar

dibedakan atas:

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
- b. Lapisan tanah dasar, tanah timbunan.
- c. Lapisan tanah dasar, tanah asli.

2.3 Agregat

Agregat adalah material granular misalnya pasir, batu pecah, dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu beton semen hidraulik atau adukan (SNI 03-4804-1998). Menurut Sukirman (2003) agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan yaitu 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

2.3.1 Jenis-Jenis Agregat

Menurut Sukirman (2016) Agregat dapat dibedakan berdasarkan proses terjadinya, pengolahan, dan ukuran butirannya.

1. Berdasarkan Proses Terjadinya

a. Agregat Beku (*Igneous Rock*)

Agregat beku (*igneous rock*) adalah agregat yang berasal dari magma yang mendingin dan membeku. Agregat beku dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- 1) Agregat beku luar (*extusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang keluar ke permukaan bumi di saat gunung berapi meletus, dan akibat pengaruh cuaca mengalami pendinginan dan membeku. Pada umumnya agregat beku luar berbutir halus seperti batu apung, *andesit, basalt, obsidian, pumice*.
- 2) Agregat beku dalam (*intrusive igneous rock*) dibentuk dari magma yang tak dapat keluar ke permukaan bumi, mengalami pendinginan dan membeku secara perlahan-lahan di dalam bumi, dapat ditemui di permukaan bumi karena proses erosi dan

atau gerakan bumi. Agregat beku dalam umumnya bertekstur kasar seperti *gabbro*, *diorite*, *syenit*.

b. Agregat Sedimen (*Sedimentary Rock*)

Agregat sedimen (*sedimentary rock*) dapat berasal dari campuran partikel mineral, sisa-sisa hewan dan tanaman yang mengalami pengendapan dan pembekuan. Pada umumnya merupakan lapisan-lapisan pada kulit bumi, hasil endapan di danau, laut dan sebagainya. ses mekanik, organis, dan kimiawi.

c. Agregat Metamorfik (*Metamorphic Rock*)

Agregat metamorfik (*metamorphic rock*) adalah agregat sedimen ataupun agregat beku yang mengalami proses perubahan bentuk akibat adanya perubahan tekanan dan temperature kulit bumi. Berdasarkan strukturnya dapat dibedakan atas agregat metamorf yang massif seperti marmer, kwarsit dan agregat metamorf yang berfoliasi, berlapis seperti batu sabak, *filit*, *sekis*.

2. Berdasarkan Pengolahannya

Berdasarkan pengolahannya agregat dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

a. Agregat Siap Pakai

Agregat siap pakai adalah agregat yang dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan dengan bentuk dan ukuran sebagaimana diperoleh di lokasi asalnya, atau dengan sedikit proses pengolahan. Agregat ini terbentuk melalui proses erosi dan degradasi. Agregat ini juga sering disebut sebagai agregat alam. Dua bentuk dan ukuran agregat alam yang sering dipergunakan sebagai material perkerasan jalan yaitu kerikil dan pasir.

b. Agregat yang Perlu Diolah Terlebih Dahulu Sebelum Dipakai

Agregat ini merupakan agregat yang diperoleh di bukit-bukit, di gunung-gunung, ataupun di sungai-sungai. Agregat yang berasal dari gunung, bukit, sungai yang perlu melalui proses pengolahan terlebih dahulu di mesin pemecah batu, umumnya lebih baik sebagai material perkerasan jalan, karena mempunyai bidang

pecahan, bertekstur kasar dan ukuran agregat sesuai yang diinginkan. Di samping itu terdapat pula agregat yang merupakan hasil olahan pabrik seperti semen dan kapur, atau limbah, atau limbah industri seperti abu terbang.

3. Berdasarkan Ukuran Butirnya

Berdasarkan ukuran butirannya membedakan agregat menjadi :

- a. Agregat Kasar, adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No. 4 (4,75 mm)
- b. Agregat Halus, adalah agregat dengan ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (4,75 mm)

2.3.2 Sifat Agregat Sebagai Material Perkerasan Jalan

Sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan memikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Menurut Saodang (2005) Agregat di Indonesia umumnya mempunyai daya serap yang tinggi (misal absorpsi bitumen rata-rata sekitar 2% terhadap berat campuran aspal), demikian juga pasir bervariasi mulai dari pasir vulkanis yang sangat bear friksinya, pasir yang sukar dipadatkan dan pasir laut yang lembut mudah dipadatkan tapi campuran aspalnya relatif rendah kekuatannya.

Untuk memastikan bahwa campuran aspal dapat dibuat baik diperlukan serangkaian test untuk agregat dan campurannya, oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum diputuskan suatu agregat dapat dipergunakan sebagai material perkerasan jalan. Menurut Sukirman (2016) Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

1. Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan sifat yang sangat luas pengaruhnya terhadap kualitas perkerasan secara keseluruhan. Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu set saringan umumnya terdiri dari beberapa ukuran saringan. Ukuran saringan dalam ukuran panjang menunjukkan ukuran bukaan, sedangkan nomor saringan menunjukkan

banyaknya bukaan dalam 1 inci panjang, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1 Ukuran Bukaan Saringan

Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Ukuran Saringan	Bukaan (mm)
4 inch	100	3/8 inch	9,5
3 ½ inch	90	No. 4	4,75
3 inch	75	No. 8	2,36
2 ½ inch	63	No. 16	1,18
2 inch	50	No. 30	0,6
1 ½ inch	37,5	No. 50	0,3
1 inch	25	No. 100	0,15
¾ inch	19	No. 200	0,075
½ inch	12,5		

(Sumber :SNI 03-1968-1990)

Gradasi agregat dapat diperiksa dengan melakukan pengujian analisa saringan berdasarkan SNI ASTM C 1360-06-2012.

2. Ukuran Maksimum Agregat

Ukuran maksimum agregat adalah satu saringan atau ayakan yang lebih besar dari ukuran nominal maksimum, dapat dinyatakan dengan :

- a. Ukuran Maksimum Agregat, menunjukkan ukuran saringan terkecil bilamana agregat yang lolos saringan tersebut sebanyak 100%.
- b. Ukuran Nominal Maksimum Agregat, menunjukkan ukuran saringan terbesar bilamana agregat tertahan tidak lebih dari 10%.

3. Kebersihan Agregat (*Cleanliness*)

Kebersihan agregat ditentukan dari banyaknya butir-butir halus yang lolos saringan No.200, seperti seperti adanya lempung, lanau, ataupun adanya tumbuh-tumbuhan pada campuran agregat.

4. Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat merupakan ketahanan agregat terhadap adanya penurunan mutu akibat proses mekanis dan kimiawi. Agregat dapat

mengalami degradasi yaitu perubahan gradasi akibat pecahnya butir-butir agregat. Kehancuran agregat dapat disebabkan oleh proses mekanis, seperti gaya-gaya yang terjadi selama proses pelaksanaan jalan, pelayanan terhadap beban lalu lintas, dan proses kimiawi, seperti pengaruh kelembaban, kepanasan dan perubahan suhu sepanjang hari. Ketahanan agregat terhadap degradasi diperiksa dengan pengujian abrasi menggunakan alat abrasi Los Angeles, sesuai dengan SNI- 2417-2008.

5. Bentuk dan Tekstur Agregat

Berdasarkan bentuknya, partikel atau butir agregat dikelompokkan menjadi berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, tak beraturan, atau mempunyai bidang pecahan.

6. Berat Jenis Agregat dan Penyerapan

Di dalam perhitungan rancangan campuran dibutuhkan parameter penunjuk berat yaitu berat jenis agregat. Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat volume agregat dan berat volume air. Agregat dengan berat jenis kecil, mempunyai volume yang besar atau berat yang ringan. Terdapat beberapa jenis berat jenis agregat (*specific gravity*) yaitu sebagai berikut :

a. Berat Jenis Curah Kering (S_d)

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk rongga yang *ermeable e* dan *ermeable* didalam butir partikel, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

b. Berat Jenis Curah Jenuh Kering Permukaan (S_s)

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume agregat (termasuk berat air yang terdapat di dalam rongga akibat perendaman selama (24 ± 4) jam, tetapi tidak termasuk rongga antara butiran partikel) pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

c. Berat jenis semu /*apparent* (S_a)

Berat jenis yang merupakan perbandingan antara berat dari satuan volume suatu bagian agregat yang impermiabel pada suatu temperatur tertentu terhadap berat di udara dari air suling bebas gelembung dalam volume yang sama pada suatu temperatur tertentu.

d. Penyerapan Air (S_w)

Penyerapan air adalah penambahan berat dari suatu agregat akibat air yang meresap ke dalam pori-pori, tetapi belum termasuk air yang tertahan pada permukaan luar partikel, dinyatakan sebagai persentase dari berat keringnya; agregat dikatakan "kering" ketika telah dijaga pada suatu temperatur $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ dalam rentang waktu yang cukup untuk menghilangkan seluruh kandungan air yang ada (sampai beratnya tetap).

2.4 Pencampuran Agregat

Menurut *Clarkson* dan *Hicks* (1996) Beberapa gradasi agregat yang berlainan menghasilkan pekerasan beton aspal yang baik. Gradasi agregat gabungan untuk campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang mempunyai gradasi menerus tersebut ditunjukkan dalam persen berat agregat harus memenuhi batas-batas dan harus berada di luar daerah larangan (*restriction zone*) yang diberikan dalam tabel di bawah ini dengan membandingkan dengan *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC) yang mempunyai ukuran butir agregat maksimum 25 mm atau 1" dan *Asphalt Concrete Base* (AC-Base) 37,5 mm atau 1½". Sedangkan AC-WC mempunyai ukuran butir agregat maksimum 19 mm atau ¾".

Tabel 2.2 Persyaratan Gradasi Agregat Campuran Beton Aspal

Ukuran Saringan	% Berat Lolos		
	AC-WC	AC-BC	AC-BASE
mm			
37,5			100
25,0		100	90-100
19,0	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78

9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,600	14-30	12-28	10-22
0,300	9-22	7-20	6-15
0,150	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

(Sumber : Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018).

2.5 Filler

Menurut Risky Aynin Hamzah *et all* (2016) *Filler* merupakan material pengisi dalam lapisan aspal. *Filler* dalam campuran beton aspal adalah bahan yang 100% lolos saringan No. #100 dan paling kurang 75% lolos saringan No. #200. Fungsi *filler* yaitu untuk mengisi rongga antar agregat halus dan kasar yang dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Macam bahan pengisi yang dapat digunakan ialah abu batu, kapur padam, portland cement (PC), debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen atau bahan mineral tidak plastis lainnya.

Bahan pengisi bertujuan untuk meningkatkan kekentalan bahan bitumen dan untuk mengurangi sifat rentan terhadap temperatur. Keuntungan lain dengan adanya bahan pengisi adalah karena banyak terserap dalam bahan bitumen maka akan menaikkan volumenya. Selain itu bahan pengisi (*filler*) dapat mengurangi volume pori-pori atau rongga sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan dapat menurunkan permeabilitas campuran aspal.

2.6 Aspal

Menurut Hardiyatmo (2013) aspal didefinisikan material hasil penyaringan minyak mentah dan merupakan hasil dari industri perminyakan. Aspal merupakan

material untuk perekat, yang berwarna coklat gelap sampai hitam dengan unsur pokok yang dominan adalah bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun.

2.6.1 Jenis Aspal

Menurut Sukirman (2016) Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapatkan di suatu tempat di alam dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi.

1. Aspal Alam

Aspal alam ada yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton, dan ada pula yang diperoleh di danau seperti di Trinidad. Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad, berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphalt*). Indonesia memiliki aspal alam yaitu di Pulau Buton, yang berupa aspal gunung, terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Batu Buton). Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan mineral yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi.

Produk asbuton dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu:

- a. Produk asbuton yang masih mengandung material *filler*, seperti asbuton kasar, asbuton halus, asbuton mikro, dan *butonite mastic asphalt*.
- b. Produk asbuton yang telah dimurnikan menjadi aspal murni melalui proses ekstraksi atau proses kimiawi.

2. Aspal Minyak

Setiap minyak bumi yang menghasilkan residu jenis *asphaltic base crude*

oil yang banyak mengandung aspal, *parafin base crude oil* yang banyak mengandung parafin atau *mix base crude* yang banyak mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis *asphaltic base crude oil*. Jika di lihat bentuknya pada temperatur ruang, aspal minyak di bedakan atas:

a. Aspal padat

Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*).

b. Aspal cair

Aspal cair (*cutback asphalt*) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar.

c. Aspal emulsi

Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air atau bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair daripada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir-butir aspal larut dalam air. Untuk menghindari butiran aspal saling menarik membentuk butir-butir yang lebih besar maka butiran tersebut diberi muatan listrik.

2.6.2 Sifat Aspal

Menurut Sukirman (2003) Aspal atau dalam istilah baku asphalt bitumen terdiri dari unsur carbon (C) sebagai komponen utama yaitu $\pm 80\%$. Aspal yang dipergunakan pada konstruksi perkerasan jalan berfungsi sebagai;

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Dalam artian lain berarti aspal haruslah mempunyai daya tahan (tidak cepat rapuh),

tahan terhadap cuaca, mempunyai adhesi dan kohesi yang baik serta kekerasan aspal yang memberikan sifat elastis yang baik.

1. Daya tahan (durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat aslinya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sift agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan, dan lain sebagainya. Meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan *Thin Film Ovenest* (TFOT).

2. Adhesi dan Kohesi

Adhesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur. Kepekaan terhadap temperatur dari setiap hail produksi aspal berbeda-beda tergantung dari asalnya walaupun aspal tersebut mempunyai jenis yang sama.

4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat dilapisi aspal atau aspa panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi gas (viskositas bertambah tinggi). Peristiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Jadi selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi juga oleh ketebalan aspal yang meliputi agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

2.6.3 Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Pemeriksaan aspal perlu dilakukan untuk menentukan sifat fisik dan

kimiawi aspal. Secara garis besar sesuai tujuannya pemeriksaan aspal dapat dikelompokkan menjadi 6 bagian pengujian, antara lain:

1. Pengujian untuk menentukan komposisi aspal.
2. Pengujian untuk mendapatkan data yang berguna bagi keselamatan bekerja.
3. Pengujian konsistensi aspal.
4. Pengujian durabilitas aspal.
5. Pengujian kemampuan aspal untuk mengikat agregat.
6. Pengujian berat jenis aspal yang dibutuhkan untuk merencanakan campuran aspal dengan agregat.

Dari pengelompokan tersebut maka dapat dilakukan beberapa pemeriksaan karakteristik aspal antara lain adalah sebagai berikut:

1. Berat Jenis Aspal

Salah satu jenis pengujian yang terdapat dalam persyaratan mutu aspal adalah berat jenis. Selain untuk memenuhi persyaratan aspal, berat jenis juga diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya. Pengujian berat jenis aspal dilakukan dengan cara membandingkan massa suatu bahan dengan massa air pada isi dan temperatur yang sama.

2. Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada aspal yang mengacu dari kedalaman masuknya jarum penetrasi secara vertikal yang dinyatakan dalam satuan 0,1 mm pada kondisi beban, waktu dan temperatur yang diketahui.

3. Daktilitas Aspal

Daktilitas aspal adalah sifat pemuluran aspal yang diukur pada saat putus. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dan plastisitas aspal dengan cara memasukkan benda uji ke dalam bak perendam selama 85 menit sampai dengan 95 menit, lepaskan benda uji dari pelat dasar dan langsung pasang ke mesin uji dengan cara memasukkan lubang cetakan ke pemegang di mesin lalu jalankan mesin dan ukur pemuluran benda uji pada

saat putus.

4. Titik Lembek Aspal

Penujian titik lembek dengan alat cincin dan bola bertujuan untuk menentukan angka titik lembek yang berkisar dari 30°C sampai dengan 157°C.

5. Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal ini bertujuan untuk mengetahui temperatur dimana aspal mulai menyala dan temperatur dimana aspal mulai terbakar. Informasi ini sangat penting diperlukan serta dibutuhkan untuk proses pencampuran demi keselamatan dalam bekerja

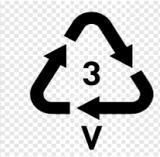
2.7 Plastik

Menurut Arwizet (2017) Plastik adalah senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi (monomer) hidrokarbon yang membentuk rantai yang panjang dengan struktur yang kaku. Plastik juga disebut dengan senyawa sintesis dari minyak bumi yang dibuat dengan reaksi polimerisasi (monomer) yang sama, sehingga membentuk rantai panjang dan kaku yang akan menjadi padat setelah temperatur pembentukannya. Setiap sektor dari kehidupan manusia banyak menggunakan plastik mulai dari kemasan, mobil, elektronik, listrik, konstruksi bangunan, komunikasi, dll. Plastik bersifat *non-biodegradable* sehingga limbah plastik tidak dapat terdegradasi selama 4500 tahun. Akibatnya lingkungan menjadi tercemar apabila limbah plastik tersebut tidak ditangani secara benar

Menurut Dani dan Johar (2012) polimer banyak diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari, salah satu contohnya adalah polimer dalam bentuk plastik. Plastik merupakan material polimer yang banyak digunakan sebagai bahan kemasan atau kantong pembungkus, saat ini plastik menjadi bahan baku yang lebih murah dan efektif. Salah satu modifier yang banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas campuran beraspal adalah polimer, sementara plastik merupakan bahan yang mengandung senyawa polimer. Sehingga limbah plastik berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan tambah pada campuran beraspal. Adapun jenis-jenis kode plastik

yang dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.3 Jenis-jenis kode plastik

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET atau PETE)		Jernih, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80 °C	Botol minuman, minyak goreng, selai <i>peanut butter</i> , kecap dan sambal, <i>try biscuit</i>
<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)		Keras hingga semi fleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, permeabel terhadap gas, permukaan berkilin (<i>waxy</i>), buram (<i>opaque</i>), mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75 °C	Botol susu cair dan <i>juice</i> , tutup plastik, kantong belanja dan wadah es krim
<i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC atau V)		Kuat, keras, bisa jernih, bentuk bisa diubah dengan pelarut, melunak pada suhu 80 °C	Botol <i>juice</i> , air mineral, minyak sayur, kecap sambal, pembungkus makanan

<p><i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)</p>		<p>Mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, melunak pada suhu 70 °C</p>	<p><i>Pot yoghurt</i>, kantong belanja (kresek), kantong roti dan makanan segar, botol yang dapat ditekan</p>
<p><i>Polypropylene</i> (PP)</p>		<p>Keras tapi fleksibel, kuat, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140°C</p>	<p>Pembungkus biskuit, kantong <i>chips</i> kentang, <i>krat sereal</i>, pita perekat kemasan dan sedotan</p>
<p><i>Polystyrene</i> (PS)</p>		<p>Jernih seperti kaca, kaku, getas, buram, terpengaruh lemak dan pelarut, mudah dibentuk, melunak pada suhu 95°C</p>	<p>Wadah makanan beku, sendok dan garpu</p>
<p>Polistiren Busa (<i>EPS- 'Stryofoam'</i>)</p>		<p>Bentuk busa, ringan, getas, kaku, biasanya berwarna putih</p>	<p>Wadah makanan siap saji dan cupkopi</p>
<p><i>Other – Lainnya</i> (Misalnya Polikarbonat)</p>		<p>Keras, jernih, tahan panas</p>	<p>Galon air mineral, botol susu bayi</p>

<i>Melamin- Formadehid (MF)</i>	Tidak dapat didaur ulang (Termoset)	Keras, kuat, mudah diwarnai, bebas rasa dan bau, tahan terhadap pelarut dan noda, kurang tahan terhadap asam dan alkali	Peralatan makan: gelas mangkok sendok dan piring
---	-------------------------------------	---	--

(Sumber : Badan Pengawas Obat dan Minuman, 2016).

Menurut Suroso (2008) Dalam pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan perkerasan jalan, pencampuran plastik untuk menaikkan kinerja campuran beraspal dilakukan dengan 2 (dua) cara, yaitu :

1. Cara Basah (*Wet Process*)

Cara basah (*wet process*) adalah suatu cara pencampuran dimana limbah plastik digunakan sebagai bahan tambah untuk memodifikasi aspal sehingga kualitas aspalnya menjadi lebih baik, dimana plastik dimasukkan ke dalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai menjadi homogen.

2. Cara Kering (*Dry Process*)

Cara kering (*dry process*) adalah suatu cara pencampuran dimana plastik digunakan sebagai bahan modifikasi agregat, dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian ditambahkan aspal panas.

2.8 Beton Aspal Campuran Panas (*Hot Mix*)

Menurut Sukirman (1999), aspal beton campuran panas merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada suhu tertentu. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Karena dicampur dalam keadaan panas maka sering kali disebut sebagai *hotmix*. Ada beberapa Jenis beton aspal

campuran panas yang saat ini diterapkan di Indonesia salah satunya adalah laston (lapisan aspal beton), adalah beton aspal yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas 1 – 10 juta ESA karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

2.8.1 Karakteristik Beton Aspal

Menurut Sukirman (2016) Terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal antara lain adalah stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan mudah untuk dilaksanakan.

1. Stabilitas

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 diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai nilai stabilitas yang tinggi.

2. Durabilitas

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur. Durabilitas beton aspal dipengaruhi oleh tebalnya film atau selimut aspal, banyaknya pori dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran.

3. Fleksibilitas

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan (*konsolidasi/settlement*) dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak. Penurunan

terjadi akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat diatas tanah asli. Fleksibilitas dapat ditingkatkan dengan mempergunakan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi.

4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar aspal yang tinggi.

5. Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan/tahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir, ataupun *slip*. Berikut adalah faktor-faktor yang mempengaruhi kekesatan jalan yaitu:

- a. Kekasaran permukaan dari butir-butir. Dalam hal ini agregat yang digunakan tidak hanya mempunyai permukaan yang kasar, tetapi juga mempunyai daya tahan
- b. Luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir
- c. Gradasi agregat
- d. Kepadatan campuran
- e. Tebal film aspal
- f. Ukuran maksimum butir agregat

6. Kedap air

Kedap air adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal, dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah pori yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indikator kedap air campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*workability*)

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi pekerjaan. Faktor yang mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah :

- a. Viscositas aspal
- b. Kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur

Gradasi dan kondisi agregat Revisi atau koreksi terhadap rancangan campuran dapat dilakukan jika ditemukan kesukaran dalam pelaksanaan.

2.8.2 Persyaratan Campuran Aspal Beton

Aspal yang digunakan untuk campuran beton aspal haruslah memenuhi persyaratan seperti yang diberikan dalam spesifikasi pekerjaan. Berikut adalah persyaratannya:

Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-BASE
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	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 C	Min	90		

Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2
--	-----	---

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018)

2.9 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi merupakan aspal keras yang dicampur dengan suatu bahan tambah yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja aspal yang diinginkan. Menurut Muhammad Hadid *et al* (2020) Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai stabilitas pada campuran aspal sekaligus mengurangi kadar aspal dalam campuran antara lain dengan menambahkan bahan aditif pada campuran Aspal, salah satu bahan aditif yang dapat ditambahkan adalah polimer. Plastik merupakan salah satu polimer yang didapat dari turunan minyak bumi sama halnya seperti aspal maka dari itu keduanya menjadi satu kesatuan. Adapun ketentuan campuran aspal modifikasi pada campuran laston yang dijelaskan dalam tabel 2.6 berikut ini.

Tabel 2.5 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal Modifikasi

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		AC-WC	AC-BC	AC-BASE
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3		
	Maks	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	1000		2250
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam 60 C	Min	90		

Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2
Stabilitas dinamis, lintasan/mm	Min	2500

(Sumber: Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan 2018)

2.10 Karakteristik *Marshall*

Pengujian *Marshall* pada campuran AC-WC ini digunakan untuk mencari data dari persyaratan campuran dan memperoleh hasil perhitungan akhir dari sifat-sifat *Marshall*, seperti :

1. Volume Pori Beton Aspal Padat (*Void In Mix = VIM*)

VIM adalah volume pori yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM juga mempunyai arti banyak pori di antara butir-butir agregat yang diselimuti aspal. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat, akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temperatur. VIM yang terlalu besar mengakibatkan beton aspal padat kurang kedapannya, sehingga berakibat meningkatnya proses oksidasi aspal yang dapat mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas beton aspal. VIM yang terlalu kecil akan mengakibatkan perkerasan mengalami *bleeding* jika temperatur meningkat. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan VIM akan terus menurun dengan bertambahnya kadar aspal sampai secara ultimit mencapai nilai minimum.

2. Volume Pori Di Antara Butir Agregat Campuran (*Void In The Mineral Aggregate = VMA*)

VMA merupakan volume pori di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. Tidak termasuk di dalam VMA volume pori di dalam pori masing-masing butir agregat. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal

dan VMA akan turun sampai mencapai minimum dan kemudian kembali bertambah dengan bertambahnya kadar aspal.

3. Volume Pori Beton Aspal Padat Yang Terisi Oleh Aspal (*Volume Of Voids Filled With Asphalt = VFA*)

Banyaknya pori di antara butir agregat di dalam beton aspal padat, yang terisi oleh aspal dinyatakan sebagai VMA. Persentase pori antara butir agregat yang terisi aspal dinamakan VFA. Jadi, VFA adalah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tidak termasuk di dalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Dengan demikian, aspal yang mengisi VFA adalah aspal yang berfungsi untuk menyelimuti butir-butir agregat di dalam beton aspal padat atau dengan kata lain VFA inilah yang merupakan persentase volume beton aspal padat yang menjadi film atau selimut aspal.

4. Stabilitas

Pengujian nilai stabilitas adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis. Pemeriksaan stabilitas diperlukan untuk mengukur ketahanan benda uji terhadap beban. Nilai stabilitas merupakan nilai arloji pengukuran yang dikalikan dengan nilai kalibrasi *proving ring* dan dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian benda uji. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan stabilitas akan meningkat jika kadar aspal bertambah, sampai mencapai nilai maksimum dan setelah itu nilai stabilitas akan menurun.

5. Kelelahan (*flow*)

Pengujian kelelahan adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan. *Flowmeter* mengukur besarnya deformasi yang terjadi akibat beban. Kecenderungan bentuk lengkung hubungan antara kadar aspal dan *flow* akan terus meningkat dengan meningkatnya kadar aspal.

6. *Marshall Quotient*

Marshall Quotient merupakan hasil bagi *Marshall* dengan *flow*. Nilai

flow menggambarkan nilai fleksibilitas dari campuran. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai MQ, maka campuran semakin lentur. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil bagi Marshall yaitu nilai stabilitas dan *flow*, penetrasi, viscositas aspal, kadar aspal campuran, bentuk dan tekstur permukaan agregat, gradasi agregat.

2.11 Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall yang dikembangkan pertama kali oleh *Burce Marshall* dan dilanjutkan oleh *U.S. Corps Engineer*. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN(=5000lbf) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, sedangkan *flowmeter* digunakan untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji untuk pengujian Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (=6,35 cm). Secara garis besar pengujian Marshall meliputi persiapan benda uji, penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji.