

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, serta di atas permukaan air.

Transportasi merupakan sarana pendukung dalam perkembangan dan kemajuan Indonesia. Penyediaan sarana dan prasarana transportasi darat dalam hal ini adalah jalan raya, sangat dibutuhkan untuk menunjang kebutuhan bangsa. Jalan memegang peran penting dalam kehidupan, oleh karena itu pembangunan dan pemeliharanya harus benar-benar diperhatikan. Kerusakan jalan di Indonesia umumnya disebabkan oleh kendaraan yang melintas memiliki beban yang berlebihan (*overload*), atau disebabkan faktor fisik lainnya. Tingginya tingkat kebutuhan sarana transportasi disebabkan oleh pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat dan pertumbuhan wilayah yang semakin meluas.

Mutu dari bahan lapisan perkerasan kaku maupun perkerasan lentur pada konstruksi perencanaan jalan raya sangat perlu diperhatikan, hal ini bertujuan agar memberikan kualitas pelayanan lalu lintas pengguna jalan tersebut. Kekesatan merupakan kondisi tahanan, gesek antara permukaan jalan dan ban kendaraan sehingga tidak mengalami slip atau tergelincir, baik pada kondisi basah (waktu hujan) ataupun kering. Syarat utama lapis pekerjaan jalan adalah aman, nyaman, dan ekonomis (Sukirman,1992).

Banyak penelitian yang dilakukan terhadap aspal agar mendapatkan campuran yang memiliki viskositas yang baik dan daya tahan lama. Penulis dalam penelitian ini menggunakan pasir pantai sebagai bahan campuran agregat halus dalam pembuatan aspal. Alasan peneliti menggunakan pasir pantai yang berada di Kabupaten Serdang Bedagai menjadi alternatif bahan kombinasi (*mixing*) dengan pasir normal sebagai agregat halus, karena pasir pantai memenuhi standar untuk menjadi campuran dalam pembuatan aspal. Selain itu, pasir pantai dapat dimanfaatkan / digunakan dengan maksimal karena terdapat di setiap pantai di Indonesia dan pasir pantai dapat dikatakan bahan yang mudah ditemui

Dari beberapa hal di atas, penulis membuat tugas akhir dengan judul, “Pengaruh Pemakaian Pasir Pantai Sebagai Bahan Agregat Halus Dalam Pembuatan Aspal AC-BC”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana efek dari penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus pada lapisan aspal (AC-BC) ?
2. Apakah pasir pantai cermin dapat memenuhi spesifikasi agregat halus yang disyaratkan dalam campuran aspal dan berapa variasi campuran yang digunakan?
3. Berapa besar nilai stabilitas dan karakteristik marshall pada campuran perkerasan (AC-BC) menggunakan pasir pantai?

1.3 Pembatasan Masalah

Mengenai perencanaan penelitian ini diperlukan adanya pembatasan permasalahan agar tercapainya tujuan penelitian dengan batasan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada efek dari penggunaan pasir pantai sebagai agregat halus dalam pembuatan aspal (AC-BC) dan nilai stabilitas marshall dengan Aspal Penetrasi 60/70.
2. Pengujian ini berfokus pada spesifikasi agregat halus pasir pantai dan Variasi campuran agregat halus Pasir Pantai yang digunakan yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dengan tiap variasi dibuat 2 sampel.
3. Pengujian nilai stabilitas dan karakteristik aspal dan agregat serta komposisi campuran menggunakan acuan spesifikasi umum Bina Marga 2018, Divisi 6 Perkerasan Aspal, Seksi 6.4. SNI, ASTM dan AASHTO.

1.4 Tujuan Penelitian

Berkaitan dengan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dijelaskan, maka tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui efek pemakaian pasir pantai sebagai agregat halus pada campuran aspal panas (AC-BC) dengan pengujian marshall.
2. Untuk mengetahui besarnya nilai stabilitas dan karakteristik marshall pada campuran perkerasan (AC-BC) dengan menggunakan pasir pantai.
3. Memperoleh hasil nilai karakteristik *marshall* dengan menggunakan pasir pantai pada campuran Aspal Concrete – Binder Course (AC – BC) pada uji marshall.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat diantaranya sebagai berikut :

1. Agar masyarakat dapat memanfaatkan pasir pantai sebagai bahan campuran atau sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan aspal.
2. Memperdalam pengetahuan mengenai perkerasan lentur aspal.
3. Mengetahui pengaruh penggunaan pasir pantai sebagai bahan agregat halus pada campuran aspal (AC-BC) terhadap uji Marshall Test

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab yaitu: Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metode Penelitian, Hasil Penelitian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Kesimpulan dan Saran adapun sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan

Dalam bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, ruang lingkup penelitian, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika pembahasan

Bab 2 Tinjauan pustaka

Bab ini menguraikan dan membahas kerangka teori mengenai penelitian secara singkat, sebagai dasar dalam mengkaji permasalahan yang ada dan mempersiapkan landasan teori.

Bab 3 Metode Penelitian

Dalam bab ini diuraikan tentang tahapan penelitian, metode pelaksanaan penelitian, teknik pengumpulan data, variabel penelitian, jenis dan sumber data

yang diperlukan, serta teknik analisis data.

Bab 4 Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Bab ini menguraikan hasil yang diperoleh dari penelitian serta pembahasan analisis perhitungan dan pemecahan permasalahan dari hasil yang didapatkan.

Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini akan dipaparkan beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil dan pembahasan serta berisikan beberapa saran dari penulis.

Bagian akhir terdiri dari lampiran dan daftar pustaka.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai efek pemakaian pasir pantai sebagai agregat halus pada campuran aspal panas (AC-BC) dengan pengujian marshall telah dilakukan sebelumnya, salah satunya diteliti oleh Ramadhan,S,P. (2020). Pada penelitian ini pasir pantai yang digunakan pasir pantai yang bersumber dari pantai pasir panjang. Agregat halus pasir pantai dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 kadar aspal optimum yang dihasilkan : 6% dengan variasi agregat halus 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengujian ini mendapatkan hasil dengan uji marshall yang meliputi : nilai Density (gr/cc) : 2,29% > 2 VMA (%) : 17,06 > 15, VFWA (%) : 78,73 > 65, VITM : 3,63 > 3-5, Flow (mm) : 3,10 > 2-4 , MQ (kg/mm) : 348,60 > 250, Stabilitas (kg) : 1078,17 > 800.

Arabiah (2021) melakukan penelitian tentang Efek Pemakaian Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall. Penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 4%, 4,5 %, 5%, 5,5% dan 6% dengan variasi campuran agregat halus 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengujian ini mendapatkan hasil bahwa stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFB dapat memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2010 Revisi 3. Hasil penelitian menunjukkan nilai stabilitas sebesar 1652 kg, Flow sebesar 5,22 mm, VIM sebesar 5,663%, VMA sebesar 18,181%, dan VFB sebesar 66,627%, perhitungan perkiraan awal Kadar Aspal Tengah (Pb) didapat perkiraan awal kadar aspal tengah (Pb) sebesar 5,2%. Pada Hasil Analisa Marshall Kadar Aspal Rencana

diperoleh kadar 5,8%.

Bagus Hutriadi (2024) melakukan penelitian tentang Analisis Pengaruh Rendaman Air Laut Dan Air Tawar Pada Campuran Aspal (AC-WC) Dengan Uji Marshall Test, aspal pen 60/70. Penelitian ini menggunakan kadar aspal 5%, 6%, 7% dengan jumlah sampel tiap variasinya sebanyak 3 sampel dengan melakukan rendaman menggunakan air laut dan air tawar dengan durasi selama 24 jam dan 48 jam. Pengujian perbandingan ini memperoleh hasil rendaman air tawar dan air laut bahwa, stabilitas dengan rendaman air tawar selama 24 jam yaitu 5547,93 Kg dan rendaman air laut selama 24 jam sebesar 4791,65 Kg sehingga nilai tersebut memiliki deviasi sebesar 13,63%. Perbandingan dengan rendaman air tawar selama 48 jam yaitu 4065,49 Kg dan rendaman air laut selama 48 jam sebesar 3495,91 Kg. Sehingga nilai tersebut memiliki deviasi sebesar 14,01%. Berdasarkan hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh atau akibat dari rendaman air laut dan air tawar dapat mengurangi tingkat kekuatan, keawetan dan kelelahan pada aspal, semakin lama durasi rendaman pada aspal maka semakin berkurang tingkat kualitas jalan.

2.2 Konstruksi Jalan Raya

Perkerasan jalan raya adalah segala jenis material konstruksi yang dihampar dan dipadatkan di atas lapisan tanah dasar. Permukaan tanah pada umumnya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda berulang. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan maka penelitian ini

dicoba menggunakan metode kepadatan mutlak. (Marwan Lubis, M. Husni Malik Hasibuan, Priandi Lamhot Sianipar, 2024)

Perkerasan jalan raya merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam memenuhi kelancaran pergerakan lalu lintas. Perkerasan jalan yang digunakan pada umumnya terdiri atas tiga jenis yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Diantara ketiga jenis perkerasan tersebut yang paling dominan di gunakan adalah jenis perkerasan lentur (Flexible Pavement).

Untuk menunjang fungsinya sebagai konstruksi jalan perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi tetap ekonomis, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis – lapis. Lapis paling atas disebut sebagai lapis permukaan, merupakan lapisan yang paling baik mutunya. Dibawahnya terdapat lapis pondasi, yang diletakkan diatas tanah dasar yang sudah dipadatkan (Suprpto,2004).

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan Permukaan adalah lapisan paling atas jalan atau lapisan aus (Wearing Course) yang berfungsi untuk menahan beban roda kendaraan dan melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca yang buruk.

2. Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapisan Pondasi adalah lapisan yang terletak diantara lapis paling atas dan lapisan pondasi bawah atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah. Lapisan pondasi berfungsi sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda kendaraan dan sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

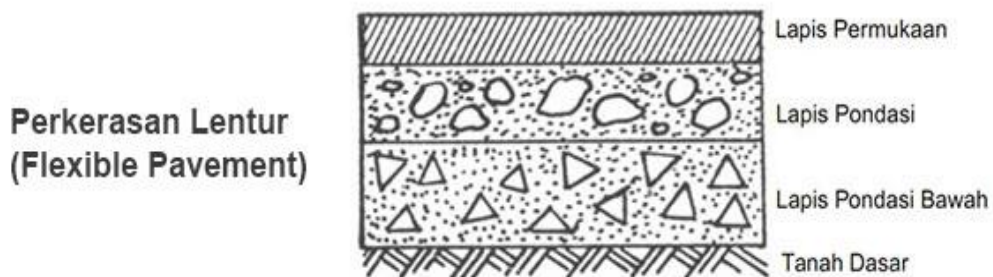
3. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis Pondasi Bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis

pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis pondasi bawah sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda kendaraan, untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi.

4. Tanah Dasar (*Sub Grade*)

Tanah dasar adalah permukaan tanah yang dipadatkan dengan kedalaman tertentu umumnya berfungsi sebagai permukaan galian atau permukaan timbunan, yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keaetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Semakin bagus kualitas tanah dasar maka semakin bagus daya dukung tanah terhadap beban roda kendaraan. Semua lapis perkerasan tersebut memiliki spesifikasi tersendiri untuk menunjang fungsinya masing-masing sebagai lapis perkerasan jalan (Suprpto,2004)



Gambar 2.1 Susunan Perkerasan Lentur Jalan Raya

Sumber : (Suprpto,2004)

2.3 AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Concrete*)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (wearing course) dan di atas lapis pondasi (base course). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan

kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu base dan sub grade (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. (Marwan Lubis, M. Husni Malik Hasibuan, Priandi Lamhot Sianipar, 2024)

2.4 Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton (Laston) merupakan salah satu lapisan struktur jalan raya yang terdiri atas gabungan agregat dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu, agar mendapatkan mutu pekerjaan yang baik, sesuai dengan spesifikasi, dalam hal ini fleksibel, kedap air dan mampu melayani arus lalu lintas yang melewatinya. (Sukirman, 2012).

Menurut Bina Marga Departemen Umum, campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang digunakan, sedangkan yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butir yang merata mulai dari ukuran yang terbesar sampai dengan ukuran yang terkecil. Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki komposisi yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (bitumen) sebagai pengikat. Ciri lainnya mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi. Berdasarkan fungsinya aspal beton laston pada campuran beraspal panas dapat diklasifikasikan sebagai berikut : (Departemen Pekerjaan Umum, 1999).

1. Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) adalah lapis permukaan (lapis aus), yang berfungsi sebagai pendukung beban lalu lintas, pelindung dari kerusakan akibat pengaruh air, cuaca, dan mempunyai nilai struktural tinggi.
2. Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC) adalah lapis pengikat antara Asphalt Concrete – Wearing Course dengan Asphalt Concrete – Base.
3. Asphalt Concrete – Base (AC-Base) adalah lapis pondasi, biasanya dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan.

Berdasarkan spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018, setiap jenis lapisan memiliki ketebalan tersendiri yang ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Tebal Nominal Minimum Campuran Aspal Laston

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Nominal Minimum (cm)
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-BASE	7,5

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018

Selain itu Bina Marga 2018 juga memberikan ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas untuk lapisan aspal laston (AC) bergradasi kasar dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus (WC)	Lapis Antara (BC)	Pondasi (Base)
Penyerapan Aspal (%)	Maks	1,2		
Jumlah Tumbukan Per Bidang		75		112
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 ⁽¹⁾

	Maks	-	-
Kelelehan	Min	2	3
	Maks	4	6 ⁽³⁾
Marshall Quotient (Kg/mm)	Min	250	300
Stabilitas Marshall sisa (%) Setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90	
Rongga Dalam Campuran (%) Kepadatan membal (refusal)	Min	2	

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018

2.5 Aspal

Aspal merupakan material perekat (*Cementitious Material*) berwarna hitam atau coklat tua, yang dimana unsur utamanya adalah bitumen. Aspal bisa diperoleh dari alam ataupun residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat dan mempunyai sifat termoplastis. Jadi aspal akan mencair jika dipanaskan sampai suhu tertentu dan bisa kembali membeku jika suhunya turun. Bersama agregat, aspal adalah material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman 2003).

Umumnya aspal dapat dihasilkan dari penyulingan minyak bumi yang disebut aspal keras. Pada proses penyulingan tingkat pengontrolan yang dilakukan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian pembuatan campuran beraspal, pelindung atap dan penggunaan khusus lainnya dan disamping itu pula mulai banyak juga dipergunakan aspal alam yang berasal dari Pulau Buton.

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. Bersama

dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran. Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi 2 macam yaitu:

1. Aspal alam

Aspal alam adalah aspal yang didapat di suatu tempat di alam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam yang diperoleh di gunung-gunung seperti aspal di Pulau Buton yang disebut dengan Asbuton. Asbuton merupakan batu yang mengandung aspal. Asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Untuk mengatasi hal ini, maka asbuton mulai diproduksi dalam berbagai bentuk di pabrik pengolahan asbuton.

2. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah aspal yang merupakan residu destilasi minyak bumi. Setiap minyak bumi dapat menghasilkan residu jenis asphaltic base crude oil yang banyak mengandung aspal, paraffin base crude oil yang banyak mengandung banyak paraffin, atau mixed base crude oil yang mengandung campuran antara parafin dan aspal. Untuk perkerasan jalan umumnya digunakan aspal minyak jenis asphaltic base crude oil. Residu aspal berbentuk padat, tetapi melalui pengolahan hasil residu ini dapat pula berbentuk cair atau emulsi pada suhu ruang. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semipadat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat

dikenal dengan nama semen aspal (*asphalt cement*). Aspal cair (*cutback asphalt*) yaitu aspal yang berbentuk cair pada suhu ruang. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi lebih cair dari pada aspal cair. (Sukirman,2003).

2.4.1 Jenis Aspal

Aspal yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan terdiri dari aspal alam dan aspal buatan, berikut ini jenis-jenis aspal dalam perkerasan jalan :

1. Aspal Alam

Aspal alam merupakan aspal yang berasal dari proses alamiah, terdiri dari aspal danau (aspal dari Bermudez, Trinidad) dan aspal gunung (aspal pulau Buton).

2. Aspal Buatan

Aspal buatan dibuat dari minyak bumi, sebagai bahan baku pada umumnya minyak bumi yang banyak mengandung aspal dan sedikit parafin. Aspal buatan terdiri dari aspal minyak.

3. Aspal Keras (Asphalt Cement)

Jenis aspal minyak yang mengandung residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat. Aspal keras dikelompokkan berdasarkan kekerasan yang disebut penetrasi. Adapun jenis aspal berdasarkan nilai penetrasinya adalah sebagai berikut:

1. Aspal penetrasi 40/50, yaitu AC dengan penetrasi antara 40-50.
2. Aspal penetrasi 60/70, yaitu AC dengan penetrasi antara 60-70.

3. Aspal penetrasi 80/100, yaitu AC dengan penetrasi antara 80-100.
4. Aspal penetrasi 120/150, yaitu AC dengan penetrasi antara 120-150.
5. Aspal penetrasi 200/300, yaitu AC dengan penetrasi antara 200-300.

Di Indonesia umumnya digunakan Aspal dengan penetrasi 60/70. Berikut ini adalah Tabel 2.3 yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70 sesuai aturan Bina Marga 2018.

Tabel 2.3 Ketentuan Aspal Penetrasi 60-70

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen. 60-70
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456-2011	60-70
2	Viskositas kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥300
3	Titik Lembek (°C)	SNI 243-2011	≥48
4	Daktilitas pada 25°C ;(cm)	SNI 2432-2011	≥100
5	Titik nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥232
6	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-14	≥99
7	Berat Jenis	SNI 2441-2011	≥1,0
8	Stabilitas Penyimpanan : perbedan titik lembek (°C)	ASTM D 5976-00 part 6.1 dan SNI 2434-2011	-

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018

Kandungan aspal terdiri dari 80% karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya Oksigen, Nitrogen serta sejumlah renik besi, nikel dan vanadium. Aspal mempunyai banyak fungsi khususnya sebagai bahan konstruksi jalan, antara lain:

- a) Aspal Beton, jenis aspal yang paling umum digunakan untuk pembangunan jalan raya.
- b) Aspal Pracetak, aspal yang diproduksi di pabrik dan dipasang dalam bentuk panel atau pagar prefabrikasi.
- c) Aspal Emulsi, jenis aspal yang dicampur dengan air untuk digunakan pada permukaan jalan yang lebih ringan.
- d) Aspal Modifikasi, Aspal dengan bahan tambahan seperti polymer, serat, atau karet untuk meningkatkan kualitas.

2.4.2 Proses Produksi Aspal

Terdapat proses ataupun tahapan dalam memproduksi aspal, antara lain:

1. Pengolahan Bitumen, Bitumen bahan dasar aspal, dipanaskan dan diperlakukan secara kimia untuk mendapatkan kualitas yang baik.
2. Pencampuran Agregat, Pencampuran agregat seperti batu pecah dan pasir dicampur dengan bitumen yang sudah siap.
3. Pengaspalan Jalan, campuran aspal yang telah siap digunakan ditebarkan dan dipadatkan menjadi lapisan jalan yang kokoh.

2.4.3 Komposisi Aspal dan Fungsinya

Kandungan aspal terdiri dari 80% karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya Oksigen, Nitrogen serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium.

Aspal mempunyai fungsi sebagai bahan konstruksi jalan, antara lain:

1. Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas.
2. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
3. Lapis resap pengikat (prime coat) adalah lapisan tipis aspal cair yang

diletakkan diatas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.

4. Lapis pengikat (tack coat) adalah lapis aspal cair yang diletakkan diatas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat diantara keduanya.
5. Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler.

2.6 Pasir Pantai

Pasir pantai adalah pasir yang diambil dari tepian pantai, bentuk butirannya halus dan bulat akibat gesekan dengan sesamanya. Pasir ini merupakan pasir yang paling jelek karena mengandung banyak garam. Garam ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Akan tetapi pasir pantai dapat digunakan pada campuran beton atau aspal dengan perlakuan khusus, yaitu dengan cara dicuci sehingga kandungan garamnya berkurang atau hilang (Mangerongkonda, 2007).



Gambar 2.2 Pasir Pantai
Sumber : Pasir Pantai Cermin (2024)

2.7 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain berupa hasil alam atau buatan berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton dan aspal. Menurut ukurannya agregat terbagi menjadi dua yaitu agregat kasar dan agregat halus.

Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi dan lain-lain. (Harold N. Atkins, PE 1997).

Selain itu agregat juga dibagi berdasarkan ukuran butirannya menurut Bina Marga Tahun 2018 yaitu :

1. Agregat Kasar yaitu yang tertahan saringan No. 4 (4,75mm).
2. Agregat Halus yaitu yang lolos saringan No. 4 (4,75mm) dan tertahan saringan No.200.
3. Bahan Pengisi atau filler termasuk agregat halus yang sebagian besar lolos saringan No.200.

2.6.1 Agregat Kasar

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018 Agregat kasar untuk rancangan campuran Lapisan Aspal Laston (AC-BC) adalah Agregat yang lolos saringan No.¾ (19mm) dan tertahan ayakan No.4 (4,75mm) yang dilakukan secara kering dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan sesuai dengan ketentuan yang di syaratkan.



Gambar 2.3 Agregat Kasar (Batu Pecah, Krikil)

Sumber : *Laboratorium Jalan Raya Uisu (2024)*

Adapun ketentuan agregat kasar sesuai Bina Marga 2018 dapat dilihat pada

Tabel 2.4

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium sulfat	Maks. 12%
		Magnesium sulfat	Maks. 18%
Abrasi Dengan mesin los Angeles	Campuran AC 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%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 239-2011	Min. 95%
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	100/90 ^{*)}
		Lainnya	95/90 ^{**)}
Partikel Pipih dan lonjong		SMA	Maks. 5%
		Lainnya	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5 Maks. 10%

Material lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117-2012	Maks. 1%
------------------------------	-----------------------	----------

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018

2.6.2 Agregat Halus

Menurut persyaratan Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018, Agregat halus dari sumber bahan manapun harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36mm) dan tertahan di saringan No.200 (0,075mm). Selain itu agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas, dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.



Gambar 2.4 Agregat Halus (Pasir)
Sumber : Laboratorium Jalan Raya UISU (2024)

Komposisi agregat halus yang ideal dipakai di Indonesia berdasarkan Bina Marga 2018 dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%

Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No.200	SNI ASTM C117-2012	Maks. 10%

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018

2.6.3 Bahan Pengisi Filler

Bahan pengisi filler terdiri dari batu kapur, debu dolomite, semen portland, abu terbang, debu tanur tunggi pembuat semen atau bahkan mineral tidak plastis lainnya. *Filler* merupakan salah satu komponen dalam campuran aspal yang mempunyai peranan yang dapat mempengaruhi karakteristik campuran pada aspal. *Filler* merupakan material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan memiliki fungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran (Sukirman, 2007). Namun jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang sudah ditentukan oleh spesifikasi. Apabila kadar *filler* di dalam campuran aspal terlalu tinggi maka akan menyebabkan aspal menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat beban lalu lintas (Hatherlay, 1967). Sementara itu kadar *filler* yang terlampau rendah akan menyebabkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi (Hatherlay,1967).

Adapun ketentuan *filler* menurut spesifikasi umum bina marga 2018 :

1. *Filler* yang digunakan adalah debu batu kapur, debu kapur magnesium, semen sesuai pada AASHTO M303-89 (2014).
2. *Filler* yang ditambahkan sebagai bahan pengisi pada laston hanya diperbolehkan (1-3)%, untuk bahan semen (1-2)% dari berat total.
3. *Filler* harus dilakukan penyaringan dengan saringan No.200 (0,075 mm) dengan persentase lolos minimal 75% dari beratnya.

Tabel 2.6 Ketentuan Filler

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-6723-2002	Min 75%

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018

2.6.4 Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan ukuran butir agregat. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisa saringan. Analisa saringan dapat dilakukan secara basah atau kering (saringan basah atau saringan kering).

Menurut Sukirman (2007), gradasi agregat menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran. Agregat campuran yang terdiri dari agregat berukuran sama akan berongga atau berpori banyak karena tidak terdapat agregat berukuran kecil yang dapat mengisi rongga antar butiran. Sebaliknya, bila gabungan agregat terdistribusi dari agregat yang kecil sampai besar secara merata, maka rongga yang terbentuk oleh susunan agregat akan kecil.

Berdasarkan spesifikasi umum yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018, gradasi agregat untuk campuran aspal beton Laston berbeda-beda sesuai dengan jenis perkerasannya. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan. Gradasi agregat untuk campuran aspal dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

No Saringan	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran		
		Laston (AC)		
		WC	BC	Base
No. 1 ^{1/2}	37,5			100
No. 1	25		100	90-100
No. 3/4''	19	100	90-100	76-90
No. 1/2''	12,5	90-100	75-90	60-78

No. 3/8''	9,5	77-90	66-82	52-71
No. 4	4,75	53-69	46-64	33-54
No. 8	2,36	33-53	30-49	23-41
No. 16	1,18	21-40	18-38	13-30
No. 30	0,600	14-30	12-28	10-22
No. 50	0,300	9-22	7-20	6-15
No. 100	0,150	6-15	5-13	4-10
No. 200	0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018

2.8 Air

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan makhluk hidup terutama manusia. Hampir semua kegiatan yang dilakukan manusia membutuhkan air, mulai dari membersihkan diri, makan dan minum sampai aktivitas-aktivitas lainnya. Tubuh manusia terdiri dari 60-70% air. Transportasi zat-zat makanan dalam tubuh semuanya dalam larutan dengan bentuk larutan dengan pelarut air (Achamd,2004).

Air merupakan sumber daya yang mutlak diperlukan untuk kehidupan. Berdasarkan kegunaannya, diharapkan kualitas air yang digunakan masih memenuhi batas-batas toleransi kriteria kualitas air yang layak untuk digunakan (Effendi,2013).

2.9 Suhu atau Temperatur

Aspal mempunyai kepekaan terhadap perubahan suhu / temperatur, karena aspal adalah material yang termoplastis. Aspal akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau cair bila temperatur berbeda-beda, karena kepekaan tersebut dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspalnya, alaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Pemeriksaan sifat kepekaan aspal terhadap perubahan

temperatur perlu dilakukan sehingga diperoleh informasi tentang rentang temperatur yang baik untuk pelaksanaan pekerjaan. Pada Tabel 2.8 ini memperlihatkan viskositas aspal dan batasan suhu selama pencampuran, penghamparan, dan pemadatan pada proses pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan.

Tabel 2.8 Ketentuan Viskositas dan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pemadatan

No	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal (PA.S)	Suhu Campuran (°C) Pen 60/70
1	Pencampuran benda uji Marshall	0,2	155 ± 1
2	Pemadatan benda uji Marshall	0,	140 ± 1
3	Pencampuran rentang temperatur sasaran	0,2 - 0,5	145 – 155
4	Menuangkan campuran dari AMP ke dalam truk	± 0,5	135 – 150
5	Pasokan ke alat penghamparan (<i>paver</i>)	0,5 - 1,0	130 – 150
6	Penggilasan awal (roda baja)	1 – 2	125 – 145
7	Penggilasan kedua (roda karet)	2 – 20	100 – 125
8	Penggilasan akhir (roda baja)	< 20	> 95

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2018

2.10 Karakteristik Campuran Beraspal

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

1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan 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. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan pun rendah. 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)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air, dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah : (Bina Marga 2018).

- 1) VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh.
- 2) VMA besar sehingga film (selimut) aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya bleeding cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar ini digunakan agregat bergradasi senjang.
- 3) Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi besar.

3. Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan perkerasan

untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan: (Bina Marga, 2018)

- 1) Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
 - 2) Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
 - 3) Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.
4. Kekesatan (*Skid Resistance*)

Tahanan geser 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. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh :

- 1) Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
 - 2) Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding.
 - 3) Penggunaan agregat kasar yang cukup.
5. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah : (Bina Marga, 2010)

- 1) VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
- 2) VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

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.

7. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihamparkan dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh gradasi agregat.

2.11 Rancangan Campuran Aspal (Design Mix Formula)

Rancangan campuran dilaksanakan setelah pemeriksaan apakah agregat dan aspal yang akan digunakan memenuhi spesifikasi material campuran. Di Indonesia terdapat dua metode rancangan campuran, yaitu Metode CQCMU yang dikembangkan oleh *The Asphalt Institute* dan Metode QCMU yang dikembangkan di Indonesia mengacu pada British Standard (Sukirman,2007).

1. Metode Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76 atau AASHTO T-245-90.

Langkah-langkah kerja campuran metode marshall (Sukirman,2007) adalah :

- a. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.
- b. Merancang proporsi dari masing-masing agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir.
- c. Menentukan kadar aspal total dalam campuran.

- d. Membuat benda uji atau briket beton aspal.
- e. Melakukan uji Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) benda uji.
- f. Menghitung parameter Marshall yaitu VIM, VMA, VFA, berat volume campuran, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran.
- g. Menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall setelah itu didapatkan nilai kadar aspal optimum.
- h. Membuat Job Mix Formula.

2. Metode CQCMU (*Central Quality Control and Monitoring Unit*)

Perencanaan campuran awal di laboratorium berdasarkan metode CQMU dikembangkan dari BS 594 oleh CP Corne pada awal tahun 1980 di Indonesia. Metode ini kemudian dikembangkan oleh Central Quality Control and Monitoring Unit (*CQCMU*), Bina Marga sehingga lebih dikenal sebagai metode CQCMU. Langkah-langkah kerja campuran metode CQCMU adalah sebagai berikut : (Sukirman,2007)

- a. Pemilihan agregat dan penentuan sifat yang harus sesuai spesifikasi material.
- b. Penentuan kadar aspal total.
- c. Penentuan campuran nominal berdasarkan sifat dan kadar aspal efektif yang ditentukan dalam spesifikasi.
- d. Pembuatan benda uji.
- e. Pengujian Marshall.
- f. Perhitungan parameter Marshall.

- g. Penggambaran hubungan proporsi agregat kasar dan parameter Marshall.
- h. Diperoleh proporsi agregat kasar dan ratio pasir/abu batu terbaik lalu pembuatan benda uji lagi untuk ratio pasir/abu batu terbaik dengan kadar aspal a%, a± 2%. Lalu dilanjutkan pengujian Marshall.
- i. Perhitungan parameter Marshall lalu digambar hubungan antara kadar aspal optimum dan parameter Marshall sehingga diperoleh KAO
- j. Pembuatan Job Mix Formula.

Perbedaan mendasar antara metode Marshall dan metode CQCMU dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Perbedaan metode Marshall dan metode CQCMU

No	Metode Marshall	Metode CQCMU
1	Untuk beton aspal bergradasi baik	Untuk beton aspal bergradasi senjang
2	Dimulai dari gradasi yang dipilih Kadar aspal ditentukan	Dimulai dari rancangan campuran nominal. Menentukan proporsi agregat kasar dan
3	Berdasarkan sifat campuran yang diinginkan.	Ratio pasir dan abu batu.

Sumber : Sukirman, 2007

Dalam mendapatkan campuran aspal beton yang baik maka harus diperhatikan penggabungan agregatnya. Penggabungan agregat tersebut sangat berpengaruh pada resep komposisi campuran agar didapatkan suatu campuran yang homogen dan butir agregat yang sesuai standar spesifikasi. Baik metode Marshall ataupun CQCMU dapat menggunakan ke empat alternative metode penggabungan seperti berikut ini :

- a. Cara *Trial* dan *Error*

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

- 1) Memahami batas gradasi yang disyaratkan.

- 2) Memasukkan data spesifikasi gradasi pada kolom spesifikasi unit.
- 3) Memasukkan presentase lolos saringan, masing-masing jenis batuan kedalam presentase *passing*
- 4) Memasukkan spesifikasi ideal pada kolom target *value*, yaitu nilai salah satu dari spesifikasi ideal yang disyaratkan.
- 5) Mengambil dari salah satu spesifikasi ideal dengan jenis yang ada, dalam hal ini agregat kasar, sedangkan yang halus kemudian dicampur ketiganya dengan jumlah 100% dan nilai gabungannya mendekati nilai spesifikasi ideal yang kita ambil tadi.
- 6) Jika sudah mendekati salah satu nilai spesifikasi ideal dari ketiga agregat tadi, yang lain dihitungkan atau combined dengan presentase yang sama. Sehingga dapat digunakan sebagai gradasi untuk campuran aspal panas sebagai perkerasan jalan.

b. Cara Diagonal

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

- 1) Mengetahui gradasi yang diminta
- 2) Buat gambar persegi panjang, ukuran (10x20cm) pada kertas milimeter block.
- 3) Buat garis diagonal dari sisi kiri bawah sisi kanan atas, sisi vertical (10cm) merupakan persen lolos saringan. Dengan melihat spesifikasi ideal, letakkan tiap-tiap nilai spesifikasi ideal pada garis tiap-tiap yang diwujudkan berupa titik. Dari titik-titik pada diagonal tersebut ditarik garis vertical untuk tempat menuliskan nomor-nomor saringan. Dengan menggunakan grafik persen lolos saringan masing-masing fraksi batuan dapat dilihat dengan

jarak antara fraksi 2 terhadap garis-garis tepi bawah dan atas jarak antara grafik 1 terhadap garis tepi atas yang mana merupakan garis lurus. Pada kedua jarak itu tariklah garis vertical yang memotong garis diagonal pada satu titik. Dari titik potong tersebut, Tarik garis mendatar ke kanan sampai memotong garis tepi empat persegi panjang pada bagian sebelah kanan sehingga diperoleh titik yang merupakan titik persen agregat 2 yang diperlukan. Buatlah garis potong dengan jarak sama antara jarak terhadap agregat 3 (harus sama dengan jumlah jarak terhadap agregat 1 dan 2). Dari titik potong ini ditarik garis mendatar ke samping kanan, sehingga diperoleh titik dimana didapatkan persen agregat 1,2, dan 3 dengan demikian kita telah memperoleh agregat dalam bentuk % (1,2, dan 3). Dari presentase ini, fraksi-fraksi yang diperoleh dapat dihitung (sehingga memenuhi syarat) atau dengan spesifikasi yang dipakai.

c. Cara Grafis (Bujur Sangkar)

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

- 1) Buat kotak dengan ukuran bujur sangkar (10x10) cm sebanyak dua buah.
- 2) Untuk sisi kiri merupakan agregat kasar. Plot pada garis paling tepi titik-titik dari masing-masing nomor saringan untuk agregat sedang. Gabungan masing-masing titik atau nomor saringan yang sama. Pada garis-garis penghubung tersebut ditentukan batas spesifikasi. Tentukan batas maksimum dan minimum yang paling dekat. Dari batas maksimum dan minimum tersebut ditarik garis vertical. Tarik yang membagi membatasi dua daerah maksimum dan minimum sehingga dari garis ini dapat ditentukan presentase agregat kasar dan halus. Pada bujur sangkar yang ke dua garis

mendatar untuk memindahkan nomor-nomor saringan. Pada garis sisi kanan sebagai agregat halus, tentukan titik-titik pada garis tersebut sesuai dengan ukuran saringan. Hubungkan kedua titik pada garis agregat kasar dan agregat halus serta agregat sedang. Cari harga maksimum dan minimum yang mempunyai jarak terdekat. Tarik garis vertical dari masing-masing titik maksimum dan minimum tersebut. Tarik garis pembagi dua, sehingga dapat ditentukan presentase agregat kasar, agregat sedang, dan agregat halus.

d. Cara Analitis

Prinsip kerja dari metode ini adalah :

- 1) Tentukan gradasi agregat yang digunakan.
- 2) Tentukan campuran agregat dan filler. Hitung butiran agregat yang lewat saringan sesuai gradasi lapisan dengan mengalihkan presentase agregat.
- 3) Tentukan spesifikasi ideal terhadap butiran yang lewat saringan nomor 200. Hitung kekurangan butiran yang lewat saringan nomor 200 dengan mengurangkan spesifikasi ideal dengan total butiran yang lewat saringan No.200
- 4) Tentukan komposisi campuran.

2.12 Pengujian Marshall

Pengujian kinerja beton aspal padat dilakukan melalui pengujian Marshall, dikembangkan pertama kali oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh U.S Corps Engineer (Sukirman,2007).

Pengujian Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000lbf) dengan *flowmeter*. *Proving*

ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelehan plastik atau flow. Alat uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 (6,35 cm). Menurut Sukirman tahun 2007, secara umum pengujian Marshall meliputi enam butir pengujian :

1. Pengujian nilai stabilitas, yaitu kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelehan plastis.
2. Pengujian kelelehan (*flow*) yaitu besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
3. Perhitungan Marshall Quotient yaitu perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*
4. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat
 - a. Volume pori dalam beton aspal padat (VIM)
 - b. Volume pori dalam agregat campuran (VMA)
 - c. Rongga udara yang terisi aspal *Voids Filled with Bitumen* (VFB)

2.13 Kadar Aspal Rencana

Perkiraan awal kadar aspal optimum dapat direncanakan setelah dilakukan pemilihan dan penggabungan pada tiga fraksi agregat. Sedangkan perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA + 0,18(\%FF) + K \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

P_b : Perkiraan kadar aspal optimum

CA : Nilai persentase agregat kasar

FA : Nilai presentase agregat halus

FF : Nilai presentase *Filler*

K : Konstanta (kira-kira 0,5-1,0)

Hasil perhitungan Pb dibulatkan ke 0,5% keatas terdekat.

2.14 Berat Jenis Bulk dan Apparent Total Agregat

Agregat total terdiri dari fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi/filler yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent gravity*). Setelah didapatkan kedua macam berat jenis pada masing-masing agregat pada pengujian material agregat maka berat jenis dari total agregat tersebut dapat dihitung dalam persamaan berikut :

1. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat

$$G_{sb_{tot}} \text{ agregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

$G_{sb_{tot}}$ agregat : Berat jenis kering agregat gabungan (gr/cc)

$G_{sb1}, G_{sb2} \dots G_{sbn}$: Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1,2,3...n,
(gr/cc)

P_1, P_2, P_3, \dots : Prosentase berat dari masing-masing agregat (%).

2. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat

$$G_{sa_{tot}} \text{ agregat} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$G_{sa_{tot}}$ agregat : Berat jenis semua agregat gabungan (gr/cc)

$G_{sa1}, G_{sa2}, \dots G_{san}$: Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1,2,3...n
(gr/cc)

P_1, P_2, P_3 : Prosentase berat dari masing-masing agregat (%)

2.15 Berat Jenis Efektifitas Agregat

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) diukur dengan AASHTO T.209-90, maka berat jenis efektif campuran (Gse), kecuali rongga udara dalam partikel agregat yang menyerap aspal dapat dihitung dengan rumus berikut yang biasanya digunakan berdasarkan hasil pengujian kepadatan maksimum teoritis.

$$G_{se\text{ tot agregat}} = \frac{pmm - pb}{\frac{pmm}{Gmm} + \frac{pb}{Gb}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

Gse : Berat jenis efektif/ efektif specific gravity (gr/cc)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

Pmm : Persen berat total campuran (=100)

Pb : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

Gb : Berat jenis aspal

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan juga dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

Gse : Berat jenis efektif/ efektif specific gravity (gr/cc)

Gsb : Berat jenis kering agregat/ bulk specific gravity (gr/cc)

Gsa : Berat jenis semu agregat/ apparent specific gravity (gr/cc)

2.16 Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran, Gmm pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat

jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTO T.209-90. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Sebaliknya pengujian berat jenis maksimum dilakukan dengan benda uji sebanyak minimum dua buah (duplikat) atau tiga buah (tripikat).

Selanjutnya Berat jenis maksimum (Gmm) campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung menggunakan berat jenis efektif (Gse) rata-rata sebagai berikut :

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Gmm : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

Pmm : Persen berat total campuran (=100)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

Pb : Prosentase kadar aspal terhadap total campuran (%)

Gse : Berat jenis efektif/ *efektive spesific gravity* (gr/cc)

Gb : Berat jenis aspal (gr/cc)

2.17 Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Perhitungan berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (Gmb) dinyatakan dalam gram/cc dengan rumus sebagai berikut :

$$Gmb = \frac{Wa}{Vbulk} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Vbulk : Volume campuran setelah pemadatan (cc)

Wa : Berat di udara (gr)

2.18 Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total, tidak terhadap berat campuran. Perhitungan penyerapan aspal (P_{ba}) adalah sebagai berikut :

$$P_{ba} = 100 - \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{se} \times G_{sb}} G_b \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat (%)

G_{sb} : Berat jenis *bulk* agregat (gr/cc)

G_{se} : Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

G_b : Berat jenis aspal (gr/cc)

2.19 Kadar Aspal Efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Rumus kadar aspal efektif adalah :
dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya akan menentukan kinerja perkerasan beraspal. Rumus kadar aspal efektif adalah :

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} P_s \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

P_{be} : Kadar aspal efektif, persen total campuran (%)

P_b : Kadar aspal, persen total campuran (%)

P_{ba} : Penyerapan aspal, persen total agregat (%)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%).

2.20 Rongga di antara mineral *void in the mineral Agregat (VMA)*

Rongga antara mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan berat jenis bulk (Gsb) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk campuran yang di padatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran adalah dengan rumus berikut :

1. Terhadap Berat Campuran Total

$$V_{ma} = 100 - \left[\frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right] \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

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

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis *bulk* agregat (gr/cc)

Ps : Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%)

2. Terhadap Berat Agregat Total

$$V_{MA} = 100 - \left[\frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100+P_b)} \times 100 \right] \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

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

Gmb : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis *bulk* agregat (gr/cc)

Pb : Kadar aspal, persen total campuran (%).

2.21 Rongga Didalam Campuran *Voids In The Compacted Mixture* (VIM)

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

$$VIM = 100 - \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total (%).

G_{mb} : Berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc).

G_{mm} : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc).

2.22 Rongga udara yang terisi aspal *Voids Filled with Bitumen* (VFB)

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

$$VFB = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

VFB : Rongga udara yang terisi aspal, prosentase dari VMA (%)

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

VIM : Rongga udara pada campuran setelah pemadatan, prosentase dari volume total (%).

2.23 Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat *Marshall*. Selain itu pada umumnya alat *Marshall* yang digunakan bersatuan Lbf (pound force), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap kilogram. Selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji.

2.24 Flow

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas Nilai *flow* berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial *flow* biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut.

2.25 Hasil Bagi *Marshall Quotient (MQ)*

Hasil bagi *Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelahan. Sifat *Marshall* tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(2.14)$$

Keterangan :

MQ : *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS : *Marshall Stability* (kg)

MF : *Flow Marshall* (mm)