

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET PADA CAMPURAN AC -
BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL
(Studi Penelitian)**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat

*Memperoleh Gelar Sarjana Pada Fakultas Teknik Sipil Universitas
Sangga Buana Ypkp Bandung*



DISUSUN OLEH:

AVELINO AMARAL MOREIRA

2112197013

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SANGGA BUANA YPKP

BANDUNG

2024

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET PADA CAMPURAN AC-
BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK *MARSHALL***

Disusun Oleh :

AVELINO AMARAL MOREIRA

2112197013

Naskah tugas akhir ini di periksa dan disetujui sebagai kelengkapan persyaratan kelulusan dan guna memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.

Disetujui di Bandung, tanggal 05 oktober 2023 oleh :

Pembimbing

Muhammad Syukri, ST., MT.

NIK.432.200.200

Menyetujui,

Ketua Prodi Teknik Sipil

Muhammad Syukri, ST., MT.

NIK.432.200.200

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN GETAH KARET PADA CAMPURAN AC – BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan adalah dengan menggunakan aspal modifikasi polimer. Karet alam merupakan polimer jenis elastomer dengan harga yang relatif murah. Sebagai produsen karet alam, Indonesia perlu mencari alternatif pemanfaatan karet tersebut, termasuk memanfaatkannya sebagai bahan modifikasi aspal. Penelitian ini dilakukan dengan membuat 4 jenis aspal yang dimodifikasi Lateks Alam, yang masing – masing dengan variasi lateks terbesar 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, dan 5% dengan kadar aspal optimum 5,95%. Pada hasil penelitian yang dilakukan hasil dari penambahan getah karet sebagai bahan tambah pada lapis *Asphalt Concrete – Binder Course (AC - BC)*. Nilai stabilitas mengalami kenaikan dengan nilai terbesar 1224,1 kg berada pada variasi getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, dan 5% nilai *Bulk Density* juga mengalami kenaikan nilai 2,196 gr yaitu pada variasi lateks 3%, 3,50%, 4%,4,50% dan 5% nilai kelelahan (*flow*) memenuhi spesifikasi dengan rentang 2 mm sampai 4 mm, nilai *Void In Mineral Agregat (VMA)* memenuhi standar yaitu sebesar 7,29% dengan nilai batas >15%, nilai *Void In the Mix (VIM)* yang memenuhi standar spesifikasi hanya terdapat pada variasi lateks 5% *Void Filled with Asphalt (VFB)* pada campuran getah karet 3% = 17,40%, 3,50% = 17,23, 4% = 17,77, 4,50% = 19,10, dan 5% = 20,63%, seluruhnya sudah memenuhi spesifikasi bina marga 2018 dengan ketentuan minimum 65% *Voids Filled*.

Kata Kunci : Asphalt Concrete – Binder Course (AC – BC), Perkerasan Jalan, Getah Karet.

ABSTRACT
THE EFFECT OF WOOD FIBER ADDITION IN AC – BC 60/70
PENETRATION OF MARSHALL CHARACTERISTICS

One way to improve the quality of road pavement is to use polymer modified asphalt. Natural rubber is an elastomeric type polymer with a relatively low price. As a natural rubber producer, Indonesia needs to find alternative uses for this natural rubber, including using it as an asphalt modification material. This research was conducted by making 4 types of asphalt modified Natural Latex, each with a latex variation of 3%, 3,50%, 4% 4,50% and 5% with an optimum asphalt content of 5,95%. In the results of the research carried out the results of adding rubber latex as an added ingredient to the *Asphalt Concrete – Binder Course (AC - BC)* layer. The stability value increased with the largest value of 1224,1 kg in the 3%, 3,50%, 4%, 4,50% and 5% wood fiber variation, the Bulk Density value also increased with a value of 2,196 gr, namely in the 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% latex variation, the flow value met specifications with a range of 2 mm to 4 mm, the value Void In Mineral Aggregate (VMA) meets the standard, namely 7,29% with a limit value of > 15%, Void In the total Mix (VIM) value that meets the specification standard is only found in the 5% latex variation with a Void Filled with Asphalt value (VFB) in a rubber latex mixture of 3% = 17,40, 3,50% = 17,23, 4% = 17,77, 4,50% = 19,10 and 5% = 20,63%, all of which meet the 2018 Highways Specifications with a minimum requirement of 65 % Voids Faileds.

Keywords: Asphalt Concrete – Binder Course (AC - BC), Pavement

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran atas berkat rahmat serta karunia-Nya, Sehingga penulis dapat memenuhi kewajibannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir pada program studi S1 Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP, yang berjudul “Pengaruh Penambahan Getah Karet Pada Campuran AC-BC Penetrasi 60-70 Terhadap Karakteristik Marshall”.

Penulis menyadari bahwa dalam memenuhi kewajiban ini masih terdapat kekurangan yang di sebabkan oleh keterbatasan kemampuan serta pengetahuan yang dimiliki penulis. Dalam hal ini, penulis tentunya tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dan melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
2. Dr. Teguh Nurhadi SuharsoPno, ST., M.T selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
3. Bambang Susanto, SE., M.Si selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana Bandung.
4. Nurhaeni Sikki, S. AP., M.AP selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana Bandung.
5. Slamet Risnanto, ST., M.Kom, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Sangga Buana Bandung.
6. Muhammad Syukri, ST., M. T Selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil sekaligus pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, bimbingan, kritik yang juga saran yang sangat bermanfaat bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Didin Kusdian ST., MT selaku pembimbing yang juga telah memberikan arahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

8. Kedua orang tua yang tak henti-hentinya memberikan dukungan, semangat dan do'a sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Juga teman sejawat dan semua pihak di lingkungan Program Studi Teknik Sipil YPKP Bandung yang juga membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu pada kesempatan ini penulis mengharapkan adanya masukan dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.



Bandung, 05 Oktober 2023

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | ix |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Ruang Lingkup Penelitian | 2 |
| 1.4. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.6. Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB II KAJIAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1. Jenis Perkerasan..... | 5 |
| 2.2. Aspal | 6 |
| 2.2.1. Pengenalan Perkerasan Aspal | 7 |
| 2.2.2. Fungsi Perkerasan Aspal..... | 9 |
| 2.2.3. Proses Konstruksi Perkerasan Aspal..... | 10 |
| 2.2.4. Asphalt Treated Base (ATB) | 12 |
| 2.2.5. Aspal Polimer | 12 |
| 2.2.6. Pembagian Laston..... | 13 |
| 2.3. Agregat..... | 14 |
| 2.3.1. Agregat Umum | 15 |
| 2.3.2. Agregat Kasar | 16 |

| | |
|---|----|
| 2.3.3. Agregat Halus | 17 |
| 2.4. Filler..... | 19 |
| 2.4.1. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>) Untuk Campuran Beraspal | 20 |
| 2.5. Getah Karet | 21 |
| 2.6. Gradasi | 23 |
| 2.6.1 Gradasi Agregat Gabungan..... | 24 |
| 2.7. Karakteristik Campuran | 25 |
| 2.7.1. Bahan Aspal Untuk Campuran Beraspal | 27 |
| 2.8. Marshall | 32 |
| 2.9. Metode Pengujian | 34 |
| 2.10. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat ... | 35 |
| Kasar (SNI 03-1968-1990) | 35 |
| 2.10.1. Ruang Lingkup | 35 |
| 2.10.2. Pengertian | 35 |
| 2.10.3. Peralatan..... | 36 |
| 2.10.4. Benda Uji | 36 |
| 2.10.5. Cara Pengujian | 37 |
| 2.11. Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat <i>Marshall</i> (SNI 062489-1991) | 37 |
| 2.11.1. Ruang Lingkup | 37 |
| 2.11.2. Pengertian | 37 |
| 2.11.3. Cara Uji..... | 38 |
| 2.11.4. Perhitungan | 39 |
| 2.11.5. Tabel dan Grafik Koreksi <i>Marshall</i> | 39 |

| | |
|--|----|
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 42 |
| 3.1. Metode Penelitian | 42 |
| 3.1.1 Data Primer | 44 |
| 3.1.2 Data Sekunder | 45 |
| 3.2. Tempat dan Waktu Penelitian | 45 |
| 3.3. Bahan dan Peralatan | 45 |
| 3.3.1. Bahan | 45 |
| 3.3.2. Peralatan | 45 |
| 3.4. Persiapan Material | 47 |
| 3.5. Pemeriksaan Agregat | 47 |
| 3.6. Pembuatan Benda Uji | 48 |
| 3.7. Pengujian dengan Alat <i>Marshall</i> | 49 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 70 |
| 4.1 Hasil Penelitian | 70 |
| 4.1.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat | 70 |
| 4.2 Data Hasil Penelitian | 71 |
| 4.2.1 Hasil Pengujian Agregat Halus | 71 |
| 4.2.2 Hasil Berat Jenis Agregat | 74 |
| 4.3 Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji | 75 |
| 4.4 Pembahasan Dan Analisis | 77 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 85 |
| 5.1 Kesimpulan | 85 |
| 5.2 Saran | 86 |
| DAFTAR PUSTAKA | 87 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)..... | 17 |
| Tabel 2. 2 Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)..... | 19 |
| Tabel 2. 3 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018) | 24 |
| Tabel 2. 4 Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang” (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)..... | 25 |
| Tabel 2. 5 Ketentuan Untuk Aspal Keras (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018) | 28 |
| Tabel 2. 6 Lanjutan..... | 28 |
| Tabel 2. 7 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)..... | 30 |
| Tabel 2. 8 Tabel Koreksi Marshall (Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall SNI 06-2489-1991) | 39 |
| | |
| Tabel 3. 1 Acuan Pengujian Karakteristik Aspal | 56 |
| Tabel 3. 2 Acuan Pengujian Berat Jenis Material | 58 |
| Tabel 3. 3 Acuan Pengujian Karakteristik Agregat..... | 60 |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Campuran Laston (AC) | 64 |
| Tabel 3. 5 Angka koreksi tebal benda uji..... | 68 |
| | |
| Tabel 4. 2 Hasil Kombinasi Gradasi | 70 |
| Tabel 4. 3 Pengujian Analisa Saringan Agregat HALus | 71 |
| Tabel 4. 4 Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji standar. | 74 |
| Tabel 4. 5 Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%, pada KAO. | 74 |
| Tabel 4. 6 Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran Normal. | 76 |
| Tabel 4. 7 Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran dengan menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% pada keadaan KAO. | 77 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur..... | 13 |
| Gambar 2. 2 Grafik Angka Koreksi Marshall | 41 |
| | |
| Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian yang dilaksanakan. | 44 |
| Gambar 3. 2 Neraca Ohaus | 50 |
| Gambar 3. 3 Picnometer Labu..... | 50 |
| Gambar 3. 4 Stopwatch | 51 |
| Gambar 3. 5 Penetrometer..... | 51 |
| Gambar 3. 6 Cawan..... | 51 |
| Gambar 3. 7 Termometer | 52 |
| Gambar 3. 8 Cincin Kuningan..... | 52 |
| Gambar 3. 9 Bola Baja | 52 |
| Gambar 3. 10 Gelas Ukur..... | 53 |
| Gambar 3. 11 Dudukan Benda Uji..... | 53 |
| Gambar 3. 12 Kawat Kassa..... | 53 |
| Gambar 3. 13 Kompor Listrik..... | 54 |
| Gambar 3. 14 Penjepit Termometer | 54 |
| Gambar 3. 15 Satu Set Ayakan Agregat | 55 |
| Gambar 3. 16 Moulding | 56 |
| Gambar 3. 17 Alat Penumbuk dan alas | 56 |
| | |
| Gambar 4. 1 Grafik KAO..... | 77 |
| Gambar 4. 2 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Bulk Density</i> (gr/cc) campuran normal..... | 78 |
| Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Bulk Density</i> (gr/cc) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%..... | 78 |
| Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Stability</i> (Kg) campuran normal. | 79 |
| Gambar 4. 5 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Stability</i> (Kg) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%..... | 79 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Air Voids (VIM) (%) Campuran normal..... | 80 |
| Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Air Voids</i> (VIM) (%) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%..... | 80 |
| Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Voids Filleds (%) Campuran Normal..... | 81 |
| Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Voids Filleds</i> (%) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%..... | 81 |
| Gambar 4. 10 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran normal. | 82 |
| Gambar 4. 11 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3, 50%, 4%, 4,50%, 5%..... | 82 |
| Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan flow Campuran normal. | 83 |
| Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Flow</i> (mm) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%..... | 83 |
| | |
| Gambar L. 1 Tabel data Marshall campuran normal. | 90 |
| Gambar L. 2 Tabel Data Marshall Campuran Getah Karet..... | 90 |
| Gambar L. 3 Aspal penetrasi 60/70..... | 91 |
| Gambar L. 4 Bahan tambah getah karet (Latex) | 91 |
| Gambar L. 5 Agregat halus | 92 |
| Gambar L. 6 Agregat halus pasir (Sand)..... | 92 |
| Gambar L. 7 Proses penyaringan agregat..... | 93 |
| Gambar L. 8 Proses penimbangan agregat..... | 94 |
| Gambar L. 9 Pembuatan benda uji. | 95 |
| Gambar L. 10 Pembuatan benda uji. | 96 |
| Gambar L. 11 Pencampuran bahan tambah getah karet pada campuran beraspal. .. | 96 |
| Gambar L. 12 Benda uji. | 97 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Aspal merupakan material yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana pada temperatur ruang berbentuk padat sampai semi padat. Jika temperatur tinggi aspal akan mencair dan pada saat temperatur menurun aspal akan kembali menjadi keras (padat) sehingga aspal merupakan material yang termoplastis. Berdasarkan cara memperolehnya aspal dapat dibedakan atas aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam adalah aspal yang tersedia di alam seperti aspal danau di Trinidad dan aspal gunung seperti di Pulau Buton. Aspal buatan adalah aspal yang diperoleh dari proses destilasi minyak bumi (aspal minyak) dan batu bara. Jenis aspal yang umum digunakan pada campuran aspal panas adalah aspal minyak. Aspal minyak dapat dibedakan atas aspal keras (aspal semen), aspal dingin/cair dan aspal emulsi. (Mashuri, 2010)

Di Indonesia saat ini sebagai bahan pengikat didalam perkerasan jalan digunakan aspal minyak penetrasi 60 dan penetrasi 80 atau biasa disebut dengan AC 60/70 dan AC 80/90. Dari hasil pengamatan selama ini dilapangan penggunaan AC 60/70 kurang tahan lama atau cepat mengeras dengan manifestasi perkerasan jalan relative cepat retak, sedangkan penggunaan AC 80/90 kurang keras dengan manifestasi permukaan jalan relative cepat bergelombang. Masalah ini timbul karena iklim di Indonesia yang tropis, yaitu sinar matahari sepanjang tahun, curah hujan yang tinggi dan kondisi perkerasan di Indonesia pada umumnya kurang mantap. Untuk kondisi iklim dan kondisi perkerasan jalan di Indonesia tersebut sangat diperlukan bahan pengikat yang bersifat keras, titik lembek yang tinggi, elastis, pelekatan yang baik dan tahan lama. Untuk meningkatkan masing-masing mutu aspal minyak penetrasi 60 dan aspal minyak penetrasi 80 agar menjadi lebih keras, titik lembek yang tinggi, lebih elastis, pelekatan baik dan lebih tahan lama, maka perlu penambahan bahan lain dan pada penelitian ini dicoba mencampur aspal dengan (getah karet).

Agar pembuatan aspal dengan getah karet dapat digunakan secara efektif, maka bahan tambah harus memenuhi persyaratan. Bahan yang ditambahkan dengan aspal harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a) Sifat baik dari aspal semula harus dipertahankan, termasuk pada saat penyimpanan, pengeringan dan masa pelayanan.
- b) Mudah diproses meskipun dengan peralatan konvensional
- c) Secara fisik dan kimia tetap baik pada saat penyimpanan, pengerjaan, maupun masa pelayanan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Berapa besar pengaruh Getah Karet terhadap karakteristik *Marshall* pada aspal penetrasi 60/70 ?
2. Berapa nilai karakteristik *Marshall* yang menggunakan bahan tambah Getah Karet pada campuran AC - BC penetrasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018?

1.3. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini, yaitu:

1. Bagaimana penelitian ini meminjau karakteristik *Marshall* terhadap campuran dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70?
2. Bagaimana penelitian ini meninjau pengaruh penambahan getah karet terhadap campuran pada lapisan antara (AC - BC)?
3. Bagaimana penelitian ini meminjau penambahan getah karet terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran Aspal?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini untuk:

1. Mengetahui pengaruh penambahan getah karet pada campuran AC - BC penetrasi 60/70 terhadap karakteristik *Marshall*.
2. Penambahan getah karet pada campuran aspal (AC - BC) penetrasi 60/70 dapat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik Marshall dari campuran tersebut.
3. Mengetahui nilai karakteristik Marshall yang menggunakan bahan tambah getah karet pada campuran AC - BC penetrasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Secara akademis penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan penggunaan getah karet sebagai bahan penambahan pada campuran aspal penetrasi 60/70.
2. Secara teoritis dapat meningkatkan pemahaman dalam menganalisa data untuk mengetahui nilai Marshall dari hasil yang dikaji secara umum.
3. Secara praktis dapat mengetahui pengaruh penambahan getah karet terhadap aspal penetrasi 60/70.

1.6. Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN : Bab ini menyajikan pendahuluan yang meliputi latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 KAJIAN PUSTAKA : Bab ini membahas tentang landasan teori yang mencakup pengertian aspal, dan getah karet.

BAB 3 METODE PENELITIAN : Bab ini membahas mengenai penentuan obyek penelitian, metode pengumpulan data, kerangka penelitian dan analisis data.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN : Bab ini membahas mengenai hasil penelitian, pemeriksaan gradasi agregat, data hasil penelitian, hasil pengujian agregat

halus, hasil pemeriksaan berat jenis agregat, pemeriksaan terhadap parameter benda uji, pembahasan dan analisis.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN : Bab ini membahas mengenai kesimpulan dan saran.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Jenis Perkerasan

Perkerasan adalah lapisan luar dari jalan atau permukaan yang digunakan untuk mendukung lalu lintas kendaraan dan pejalan kaki. Jenis perkerasan dapat bervariasi tergantung pada tujuan, lalu lintas, dan kondisi lingkungan. Berikut adalah beberapa jenis perkerasan yang umum digunakan:

1. **Perkerasan Aspal (Asphalt Concrete):** Perkerasan aspal adalah jenis perkerasan yang paling umum digunakan di banyak negara. Ini terbuat dari campuran aspal, agregat, dan bahan pengisi. Perkerasan aspal memberikan permukaan yang halus dan tahan lama.
2. **Perkerasan Beton (Concrete):** Perkerasan beton terbuat dari campuran semen portland, air, agregat kasar, dan agregat halus. Ini biasanya digunakan di jalan-jalan dengan lalu lintas berat seperti jalan tol. Perkerasan beton cenderung lebih tahan terhadap tekanan daripada aspal.
3. **Perkerasan Batu Koral (Gravel):** Perkerasan batu koral menggunakan agregat kasar dalam bentuk batu koral atau kerikil. Ini biasanya digunakan di jalan-jalan pedesaan atau jalan yang kurang sering dilalui. Meskipun lebih murah, perkerasan ini memerlukan pemeliharaan yang lebih sering.
4. **Perkerasan Beton Aspal (Asphalt Concrete Overlay):** Ini adalah jenis perkerasan yang terbuat dari lapisan aspal yang ditempatkan di atas perkerasan beton yang sudah ada. Ini digunakan untuk memperbaiki jalan beton yang rusak atau meratakan permukaannya.
5. **Perkerasan Khusus (Specialized Pavements):** Beberapa jenis perkerasan dirancang khusus untuk keperluan tertentu, seperti perkerasan karet daur ulang, perkerasan berbahan dasar beton polimer, atau perkerasan khusus untuk bandara.

6. **Perkerasan Semi-Keras (Semi-Rigid Pavements):** Ini adalah jenis perkerasan yang menggabungkan sifat-sifat perkerasan beton dan aspal. Biasanya digunakan di jalan raya dengan lalu lintas berat.
7. **Perkerasan Keras (Rigid Pavements):** Perkerasan keras adalah tipe perkerasan yang terutama terbuat dari beton dan digunakan untuk menahan beban berat seperti lalu lintas truk dan pesawat terbang di landasan pacu bandara.
8. **Perkerasan Fleksibel (Flexible Pavements):** Perkerasan fleksibel seperti perkerasan aspal memiliki kemampuan untuk sedikit merenggang di bawah tekanan, yang memungkinkannya lebih tahan terhadap pergerakan tanah di bawahnya. Ini biasanya digunakan di jalan-jalan dengan perubahan kondisi tanah yang signifikan.

2.2. Aspal

Aspal adalah bahan konstruksi yang sangat umum digunakan untuk perkerasan jalan dan berbagai jenis permukaan. Aspal juga dikenal dengan sebutan bitumen. Ini adalah bahan lengket, hitam, dan viscous yang terbuat dari fraksi berat minyak bumi. Aspal memiliki sifat-sifat tertentu yang membuatnya sangat cocok untuk berbagai aplikasi di dunia konstruksi. Berikut beberapa informasi tambahan tentang aspal:

1. **Komposisi:** Aspal terdiri dari campuran fraksi berat minyak bumi, termasuk hidrokarbon berat, yang dikenal sebagai bitumen. Bitumen ini dicampur dengan agregat (batu pecah, pasir, dan kerikil) serta bahan pengisi seperti serat atau aditif untuk menciptakan campuran aspal yang kuat dan tahan lama.
2. **Aplikasi Utama:** Aspal paling sering digunakan untuk perkerasan jalan, baik di jalan raya, jalan kota, atau jalan pedesaan. Ini juga digunakan untuk berbagai aplikasi lain, termasuk pembuatan atap, lapisan wassalam, pelapis jalan landasan pacu bandara, pelapisan lantai, dan banyak lagi.
3. **Keuntungan Aspal:** Beberapa keuntungan penggunaan aspal meliputi daya tahan terhadap beban berat, kemampuan meredam kejutan dan getaran, kemampuan untuk membentuk permukaan yang halus, daya tahan terhadap

air, dan kemampuan untuk mencampur dengan agregat dengan baik. Selain itu, aspal dapat digunakan dalam berbagai kondisi iklim dan dapat diperbaiki dengan relatif mudah.

4. **Proses Pembuatan Aspal:** Proses produksi aspal melibatkan penyulingan minyak bumi mentah. Bitumen diekstraksi dari minyak bumi, dan kemudian diolah dengan suhu dan tekanan tertentu untuk mencapai tingkat kualitas yang diinginkan.
5. **Perawatan Aspal:** Perawatan rutin seperti perbaikan retak, segel retak, dan penutupan ulang diperlukan untuk menjaga keberlanjutan kualitas perkerasan aspal. Pemeliharaan ini membantu mencegah kerusakan lebih lanjut dan memperpanjang umur jalan.

2.2.1. Pengenalan Perkerasan Aspal

Perkerasan aspal, juga dikenal sebagai lapisan aspal atau aspal beton, adalah salah satu komponen penting dalam infrastruktur jalan raya. Ini adalah lapisan atas jalan yang terbuat dari campuran aspal (bitumen) dan agregat (batu pecah, kerikil, pasir, dll.). Perkerasan aspal berperan sebagai pelapis permukaan jalan yang menahan lalu lintas dan beban yang dikenakan kepadanya. Berikut adalah pengenalan singkat tentang perkerasan aspal:

Komposisi Perkerasan Aspal

Perkerasan aspal adalah lapisan jalan yang terdiri dari berbagai komponen untuk memberikan daya tahan, keamanan, dan kenyamanan pada jalan. Komposisi perkerasan aspal umumnya terdiri dari beberapa lapisan yang masing-masing memiliki fungsi dan bahan yang berbeda. Berikut adalah komposisi umum perkerasan aspal:

1. Lapisan Permukaan (Surface Course):

- Campuran Aspal Panas (Hot Mix Asphalt) : Lapisan paling atas perkerasan aspal terbuat dari campuran aspal panas yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan aspal. Campuran ini harus tahan terhadap beban lalu lintas dan cuaca ekstrem.

2. Lapisan Pekerjaan (Binder Course):

- Campuran Aspal Panas (Hot Mix Asphalt): Lapisan di bawah permukaan umumnya juga terdiri dari campuran aspal panas dengan agregat yang berbeda. Ini membantu mendistribusikan beban lalu lintas ke lapisan di bawahnya.

3. Lapisan Dasar (Base Course):

- Agregat Kasar: Lapisan ini terdiri dari agregat kasar seperti batu pecah, kerikil, atau batu kapur yang dikompakkan dengan baik untuk mendukung lapisan di atasnya. Biasanya, ini adalah lapisan kedua dari bawah.

4. Lapisan Pondasi (Subbase Course):

- Agregat Kasar atau Campuran Tanah: Lapisan ini adalah lapisan terbawah dari perkerasan aspal dan berfungsi untuk mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah di bawahnya. Biasanya terdiri dari agregat kasar atau campuran tanah yang dikompakkan.

5. Tanah Dasar (Subgrade):

- Tanah Alami: Lapisan paling bawah perkerasan aspal adalah tanah alami atau tanah dasar. Ini adalah tanah asli di bawah jalan yang harus cukup kuat dan stabil untuk menopang beban lalu lintas.

2.2.2. Fungsi Perkerasan Aspal

Perkerasan aspal memiliki berbagai fungsi penting dalam sistem jalan dan infrastruktur transportasi. Fungsi utama dari perkerasan aspal adalah sebagai berikut:

1. **Distribusi Beban Lalu Lintas :** Perkerasan aspal mendistribusikan beban lalu lintas dari kendaraan ke lapisan bawahnya, termasuk lapisan dasar, lapisan subbase, dan tanah dasar. Ini membantu mencegah kerusakan pada lapisan bawah dan memastikan stabilitas struktur jalan.
2. **Penyokong Struktural:** Perkerasan aspal memberikan dukungan struktural kepada seluruh jalan. Ini berperan dalam menjaga integritas struktural jalan dan mencegah deformasi atau penurunan permukaan jalan.
3. **Penyediaan Permukaan yang Aman:** Permukaan perkerasan aspal yang halus dan rata membantu dalam memberikan kondisi berkendara yang aman bagi pengguna jalan. Permukaan yang baik juga membantu mengurangi risiko tergelincir atau kecelakaan lalu lintas.
4. **Pengaliran Air:** Perkerasan aspal dirancang dengan kemampuan pengaliran air yang baik. Ini membantu menghindari genangan air di permukaan jalan yang dapat mengganggu lalu lintas dan merusak perkerasan.
5. **Peningkatan Kenyamanan Berkendara:** Perkerasan aspal memberikan kenyamanan berkendara yang lebih baik dibandingkan dengan permukaan jalan yang kasar atau berlubang. Ini mengurangi getaran dan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan.
6. **Perlindungan terhadap Cuaca Ekstrem:** Perkerasan aspal yang baik dapat melindungi jalan dari kerusakan yang disebabkan oleh cuaca ekstrem seperti hujan berat, salju, es, dan panas berlebih. Ini membantu meningkatkan umur pakai jalan.
7. **Meningkatkan Kapasitas dan Efisiensi:** Dengan memberikan permukaan yang mulus dan kuat, perkerasan aspal memungkinkan kendaraan untuk bergerak dengan lancar, meningkatkan kapasitas jalan dan efisiensi transportasi.

8. Peningkatan Estetika: Perkerasan aspal yang baik juga dapat meningkatkan tampilan estetika jalan, yang merupakan faktor penting dalam lingkungan perkotaan dan lingkungan sekitarnya.
9. Reduksi Debu: Perkerasan aspal dapat mengurangi produksi debu dari permukaan jalan, yang dapat menjadi masalah kesehatan dan lingkungan.
10. Kemudahan Perawatan: Perkerasan aspal lebih mudah untuk diperbaiki dan dirawat dibandingkan dengan jenis perkerasan lainnya seperti beton. Pemeliharaan rutin seperti perbaikan lubang atau pengecatan ulang lebih mudah dilakukan.

2.2.3. Proses Konstruksi Perkerasan Aspal

Proses konstruksi perkerasan aspal melibatkan serangkaian langkah yang harus diikuti dengan cermat untuk memastikan bahwa jalan yang dibangun memiliki kekuatan, ketahanan, dan kenyamanan yang diperlukan untuk lalu lintas dan penggunaannya. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam proses konstruksi perkerasan aspal:

1. Persiapan dan Evaluasi Situasi:
 - Evaluasi Situasi: Pada tahap awal, dilakukan evaluasi kondisi dan kebutuhan jalan yang akan dibangun atau diperbaiki, termasuk lalu lintas yang akan dilalui, kondisi tanah dasar, dan iklim setempat.
 - Perencanaan: Proses perencanaan melibatkan perhitungan desain perkerasan yang sesuai dengan lalu lintas dan kondisi lingkungan. Ini termasuk pemilihan jenis perkerasan, ketebalan lapisan, dan jenis bahan yang akan digunakan.
2. Persiapan Lokasi:
 - Penggalan Tanah: Jika diperlukan, lapisan tanah di atas tanah dasar harus digali atau dihapus.

- Persiapan Tanah Dasar: Tanah dasar harus diratakan, dikompakkan, dan diperbaiki jika perlu untuk mencapai kekuatan dan stabilitas yang diperlukan.

3. Penyusunan Lapisan Perkerasan:

- Lapisan Subgrade: Tanah dasar yang sudah dipersiapkan.
- Lapisan Subbase: Agregat kasar atau campuran tanah yang ditempatkan di atas subgrade.
- Lapisan Base Course: Agregat kasar yang lebih halus dan kuat yang ditempatkan di atas subbase.
- Lapisan Binder Course: Campuran aspal panas yang ditempatkan di atas lapisan dasar.

4. Pemasangan Campuran Aspal:

- Persiapan Campuran: Campuran aspal panas yang sesuai dengan desain perkerasan harus diproduksi di pabrik aspal sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
- Pemasangan Campuran Aspal: Campuran aspal panas ditempatkan di atas lapisan binder course dengan menggunakan alat berat seperti paver aspal. Kemudian, campuran tersebut diratakan dan dikompakkan dengan roller aspal.

5. Penyelesaian Permukaan:

- Finishing: Setelah pemasangan campuran aspal, permukaan harus di-finishing untuk mencapai tingkat kehalusan yang diinginkan.
- Marka Jalan: Tanda-tanda jalan dan marka jalan harus diterapkan sesuai dengan peraturan lalu lintas.

6. Pengujian dan Inspeksi:

- Pengujian Kualitas: Proyek perkerasan aspal harus diuji untuk memastikan bahwa spesifikasi telah terpenuhi dalam hal kepadatan, ketebalan, dan sifat lainnya.

- Inspeksi: Proses konstruksi harus diawasi secara ketat oleh inspektur proyek untuk memastikan kualitas dan kesesuaian dengan rencana.

7. Perawatan dan Pemeliharaan :

Setelah konstruksi selesai, perkerasan aspal harus dirawat dan dipelihara secara berkala untuk memperpanjang umur pakainya.

2.2.4. Asphalt Treated Base (ATB)

Asphalt Treated Base merupakan salah satu jenis dari lapisan perkerasan konstruksi perkerasan lentur dan merupakan bagian dari aspal beton campuran panas. Jenis perkerasan ini merupakan campuran agregat dan pengikat yang telah dipadatkan yang diletakkan diatas lapisan pondasi bawah dan berfungsi untuk mendukung dan menyebarkan beban serta sebagai tempat meletakkan lapis permukaan. Selain itu diformulasikan juga untuk meningkatkan keawetan dan ketahanan kelelahan. (Amal, 2012)

2.2.5. Aspal Polimer

Aspal polimer adalah aspal keras yang dimodifikasi dengan polimer. Aspal polimer terdiri atas aspal plastomer dan elastomer. Contoh plastomer (plastik) antara lain polypropylene dan polyethylene, sedangkan elastomer antara lain aspal getah karet alam dan styrene butadiene styrene (SBS) (SNI 6749:2008). Penggunaan polimer sintetis telah dilakukan untuk meningkatkan mutu aspal. Namun bahan tersebut perlu diimpor, sehingga tidak memberi nilai tambah bagi produk dalam negeri dan sangat tergantung dari produsen di luar negeri. (Prastanto, 2014)

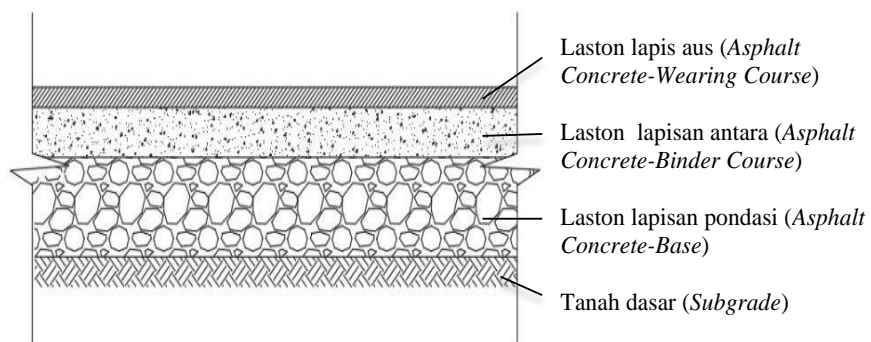
Aspal termodifikasi polimer merupakan salah satu jenis formula aspal dengan penambahan polimer untuk mendapatkan sifat perkerasan jalan yang lebih baik, yaitu mengurangi deformasi pada perkerasan, meningkatkan ketahanan terhadap retak dan kelekatan pada agregat. Penelitian ini telah dilakukan dengan menggunakan getah karet SIR 20 terdepolimerisasi sebagai aditif pada aspal dengan konsentrasi 3%, 5%, dan 7% b/b. (Prastanto, Cifriadi, & Ramadhan, 2015)

Dari hasil pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala, dan % kehilangan berat setelah pemanasan didapatkan konsentrasi terbaik, yaitu 5%. Data hasil uji Marshall yang terdiri dari stabilitas, pelepasan, stabilitas sisa setelah perendaman, dan hasil bagi Marshall berturut-turut adalah 1135,46 kg, 3,47 mm, 91,78%, dan 327,22 kg/mm. Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan SNI untuk aspal polimer (SNI 062489-91) dan memiliki sifat yang lebih baik daripada aspal tanpa penambahan aditif (kontrol). (Prastanto et al., 2015)

2.2.6. Pembagian Laston

Menurut spesifikasi Bina Marga Devisi 6 (2018) laston dibagi menjadi:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC - WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*), diameter butir maksimal 19,0 mm, bertekstur halus.
2. Laston sebagai lapisan antara/pengikat, dikenal dengan nama AC - BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), diameter butir maksimal 25,4 mm, bertekstur sedang.
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC - BC (*Asphalt Concrete-Base*), diameter butir maksimal 37,5 mm, bertekstur kasar.
 - a. Laston lapis aus (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)
 - b. Laston lapisan antara (*Asphalt Concrete-Binder Course*)
 - c. Laston lapisan pondasi (*Asphalt Concrete-Base*)
 - d. Tanah dasar (*Subgrade*)



Gambar 2. 1 Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur (Apriyanti, 2017)

Lapisan Beton Aspal adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan oleh *The Asphalt Institute* dengan nama *Asphalt Concrete* (AC). (Agustian & Ridha, 2018)

Laston lapis aus (AC - WC) merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan yang berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Lapisan ini juga berfungsi sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat air dan cuaca, sebagai lapisan aus dan menyediakan permukaan jalan rata dan tidak licin. (Razuardi, Saleh, & Isya, 2018)

2.3. Agregat

Agregat adalah istilah yang digunakan dalam konstruksi dan teknik sipil untuk merujuk pada bahan kasar yang digunakan dalam campuran beton, aspal, dan konstruksi jalan. Agregat terdiri dari batu pecah, kerikil, pasir, atau bahan alam lainnya yang memiliki ukuran dan tekstur tertentu. Agregat memiliki peran penting dalam struktur material seperti beton dan aspal karena mereka memberikan kekuatan, kekerasan, dan ketahanan terhadap beban.

Berikut adalah beberapa informasi lebih lanjut tentang agregat:

1. **Jenis Agregat:** Agregat dapat bervariasi dalam ukuran dan jenis. Jenis agregat yang umum digunakan termasuk batu pecah, kerikil alami, pasir, abu vulkanik, dan serpih.
2. **Ukuran Agregat:** Ukuran agregat sangat bervariasi, dari partikel yang sangat halus hingga batu yang lebih besar. Ukuran agregat biasanya dinyatakan dalam fraksi, seperti fraksi 3/8 inci atau fraksi 3/4 inci, yang menggambarkan ukuran partikel terbesar yang melewati ayakan tertentu.
3. **Fungsi Agregat:** Agregat berperan sebagai bahan pengisi dan penguat dalam campuran beton dan aspal. Mereka mengisi ruang antara partikel material lainnya dan memberikan struktur untuk konstruksi. Ukuran dan gradasi agregat memengaruhi sifat-sifat campuran, seperti kekuatan dan ketahanan terhadap deformasi.
4. **Kualitas Agregat:** Kualitas agregat sangat penting dalam konstruksi. Agregat harus memenuhi persyaratan spesifikasi tertentu untuk memastikan kualitas

dan kinerja yang baik dari campuran beton atau aspal. Ini mencakup sifat-sifat seperti kekuatan, ketahanan terhadap abrasi, dan ketahanan terhadap degradasi.

5. **Penggalian dan Pengolahan:** Agregat biasanya diperoleh dari tambang batu pecah atau sumber alam lainnya. Mereka kemudian dihancurkan, disaring, dan diolah sesuai dengan persyaratan spesifikasi sebelum digunakan dalam konstruksi.
6. **Distribusi Gradasi:** Distribusi gradasi agregat adalah distribusi ukuran partikel dalam campuran agregat. Gradasi yang baik penting untuk mencapai campuran yang kohesif dan kuat.
7. **Pemeliharaan:** Agregat harus disimpan dan diangkut dengan hati-hati untuk mencegah kontaminasi atau deformasi. Penanganan yang salah dapat merusak kualitas agregat.
8. **Pemilihan Agregat:** Pemilihan agregat yang tepat tergantung pada aplikasi konstruksi yang diinginkan. Misalnya, untuk jalan raya, agregat yang tahan terhadap abrasi mungkin lebih dipilih, sementara untuk beton struktural, agregat yang memiliki kekuatan tekan yang baik mungkin menjadi prioritas.

2.3.1. Agregat Umum

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Agregat Umum adalah:

- a) Agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus sedemikian rupa agar campuran beraspal, yang proporsinya dibuat sesuai dengan rumusan campuran kerja, memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan dalam Tabel 2.6.
- b) Agregat tidak boleh digunakan sebelum disetujui terlebih dahulu oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan harus ditumpuk sesuai dengan ketentuan.
- c) Sebelum memulai pekerjaan Penyedia Jasa harus sudah menumpuk setiap fraksi agregat pecah dan pasir untuk campuran beraspal, paling sedikit untuk kebutuhan satu bulan dan selanjutnya tumpukan persediaan harus dipertahankan paling sedikit untuk kebutuhan campuran beraspal satu bulan berikutnya.
- d) Dalam pemilihan sumber agregat, Penyediaan Jasa dianggap sudah memperhitungkan penyerapan aspal oleh agregat. Variasi kadar aspal akibat

tingkat penyerapan aspal yang berbeda, tidak dapat diterima sebagai alasan untuk negosiasi kembali harga satuan dari Campuran beraspal.

- e) Penyerapan air oleh agregat maksimum 2% untuk SMA dan 3% untuk yang lain.

2.3.2. Agregat Kasar

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Agregat Kasar adalah :

- a) Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.1.
- b) Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan.
- c) Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.1. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012.
- d) Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2. 1 Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

| Pengujian | | Metoda Pengujian | Nilai | |
|---|--|--------------------|---------------|-----------|
| Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan | Natrium Sulfat | SNI 3407:2008 | Maks 12 % | |
| | Magnesium Sulfat | | Maks 18 % | |
| Abrasi dengan mesin Los Angeles | Campuran AC Modifikasi dan SMA | 100 putaran | Maks 6 % | |
| | | 500 putaran | Maks 30 % | |
| | Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya | 100 putaran | SNI 2417:2008 | Maks 8 % |
| | | 500 putaran | | Maks 40 % |
| Kelekatan agregat terhadap aspal | - | SNI 2439:2011 | Min. 95 % | |
| Butir Pecah pada agregat kasar | SMA | SNI 7619:2012 | 100/90 *) | |
| | Lainnya | | 95/90 **) | |
| Partikel pipih dan lonjong | SMA | ASTM D4791-10 | Maks 5 % | |
| | Lainnya | Perbandingan 1:5 | Maks 10 % | |
| Material lolos ayakan No.200 | - | SNI ASTM C117 2012 | Maks 1 % | |

Catatan:

- *) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.
- **) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

2.3.3. Agregat Halus

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Agregat Halus adalah:

- a) Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).

- b) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- c) Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi campuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (*cold binfeeds*) yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan presentase pasir di dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- d) Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% terhadap berat total campuran.

Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu dalam.

Untuk memperoleh agregat halus yang memenuhi ketentuan diatas :

- a) Bahan baku untuk agregat halus dicuci terlebih dahulu secara mekanis sebelum dimasukkan ke dalam mesin pemecah batu, atau
- b) Digunakan *scalping screen* dengan proses berikut ini:
 - fraksi agregat halus yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) tidak boleh langsung digunakan
 - agregat yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama (*primary crusher*) harus dipisahkan dengan *vibro scalping screen* yang dipasang di antara *primary crusher* dan *secondary crusher*
 - material tertahan *vibro scalping screen* akan dipecah oleh *secondary crusher* hasil pengayakan dapat digunakan sebagai agregat halus
 - material lolos *vibro scalping screen* hanya boleh digunakan sebagai komponen material Lapis Fondasi Agregat.
- e) Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

| Pengujian | Metoda Pengujian | Nilai |
|---|--------------------|-----------|
| Nilai Setara Pasir | SNI 03-4428 -1997 | Min 50 % |
| Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan | SNI 03-6877-2002 | Min 45 % |
| Gumpalan Lempung dan Butirbutir Mudah Pecah dalam Agregat | SNI 03-4141-1996 | Maks 1 % |
| Agregat Lolos Ayakan No.200 | SNI ASTM C117 2012 | Maks 10 % |

2.4. Filler

Dalam konteks konstruksi dan bahan bangunan, "filler" adalah bahan yang digunakan untuk mengisi celah, retakan, atau lubang dalam struktur atau permukaan. Filler sering digunakan untuk meningkatkan kekuatan atau estetika suatu konstruksi. Berikut beberapa jenis filler yang umum digunakan:

1. **Filling Compound:** Ini adalah bahan campuran yang digunakan untuk mengisi retakan atau lubang pada permukaan dinding, langit-langit, atau bahan lainnya. Filling compound biasanya terdiri dari campuran serat dan bahan pengikat seperti semen, gypsum, atau plastik.
2. **Spakling Compound:** Biasanya digunakan dalam pekerjaan drywall (pemasangan papan gypsum), spakling compound digunakan untuk mengisi dan meratakan retakan dan sambungan antara lembaran gypsum. Ini menghasilkan permukaan yang halus sebelum finishing seperti pengecatan.
3. **Epoxy Filler:** Epoxy filler adalah jenis filler yang terbuat dari campuran resin epoksi dan pengeras. Ini digunakan untuk mengisi lubang, celah, atau kerusakan pada permukaan yang memerlukan kekuatan tambahan. Epoxy filler sering digunakan dalam perbaikan beton, kayu, atau logam.
4. **Caulk:** Caulk adalah bahan yang digunakan untuk mengisi celah atau sambungan di sekitar jendela, pintu, atau perangkat lainnya untuk mencegah

kebocoran udara atau air. Ini biasanya terbuat dari bahan elastis seperti silicone atau latex.

5. **Grout:** Grout adalah campuran semen atau bahan serupa yang digunakan untuk mengisi celah atau sambungan di antara ubin, batu, atau keramik. Ini digunakan untuk menjaga integritas struktural dan estetika permukaan.
6. **Filler pada Industri Plastik dan Karet:** Dalam industri manufaktur, filler juga digunakan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik bahan plastik dan karet. Filler seperti serbuk silika, serat kaca, atau serbuk logam dapat dicampur dengan plastik atau karet untuk meningkatkan kekuatan, kekakuan, atau tahan panasnya.

2.4.1. Bahan Pengisi (*Filler*) Untuk Campuran Beraspal

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Bahan Pengisi (*Filler*) adalah :

- a) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), atau debu kapur padam atau debu kapur magnesium atau dolomit yang sesuai dengan AASHTO M303-89(2014), atau semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi jenis semen hana diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan bahan pengikat jenis aspal keras Penetrasi 60/70.
- b) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalangumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.
- c) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya tetap tidak boleh menggunakan semen.

2.5. Getah Karet

Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan adalah dengan menggunakan aspal modifikasi polimer. Karet alam merupakan polimer jenis elastomer dengan harga yang relatif murah. Sebagai produsen getah karet alam, Indonesia perlu mencari alternatif pemanfaatan getah karet alam tersebut, sebagai bahan modifikasi aspal. Penelitian ini dilakukan dengan membuat 3 jenis aspal yang dimodifikasi Lateks Alam KKK 60, yang masing-masing dengan proporsi lateks yang ditambahkan 0 %, 1 %, 3 %, dan 5 %. Selanjutnya, sifat reologi aspal yang dimodifikasi tersebut diuji dengan menggunakan alat Dynamic Shear Rheometer (DSR) pada kondisi aspal fresh, setelah penuaan jangka pendek, dan setelah penuaan jangka panjang.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Lateks Alam KKK 60 dapat meningkatkan reologi aspal sehingga lebih elastis, lebih kaku, lebih tahan terhadap rutting, dan lebih tahan terhadap retak. Namun peningkatan sifat reologi setelah mengalami penuaan jangka pendek relatif lebih sedikit karena kemungkinan terjadi pemecahan rantai molekul polimer lateks alam. (Hermadi & Ronny, 2015)

2.5.1. Getah Karet Karakteristik Material

Getah karet yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam aspal untuk membuat campuran aspal-modifikasi karet memiliki karakteristik khusus yang dapat meningkatkan sifat-sifat aspal konvensional. Berikut adalah beberapa karakteristik material getah karet dalam campuran aspal :

1. Peningkatan Kekuatan dan Ketahanan

Getah karet dapat meningkatkan kekuatan dan ketahanan campuran aspal. Ini membantu dalam mengatasi beban lalu lintas yang berat dan meningkatkan umur layanan jalan.

2. Ketahanan Terhadap Retakan

Campuran aspal-modifikasi karet memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap pembentukan retakan permukaan, retakan lebar, dan retakan reflektif. Ini mengurangi perbaikan dan pemeliharaan yang diperlukan pada permukaan jalan.

3. Ketahanan Terhadap Deformasi Plastis

Getah karet membantu mengurangi deformasi plastis pada campuran aspal, yang terjadi ketika aspal mengalami deformasi permanen di bawah beban. Hal ini dapat mengurangi rutting atau cekungan pada permukaan jalan.

4. Ketahanan Terhadap Iklim Ekstrem

Getah karet membantu mengurangi deformasi plastis pada campuran aspal, yang terjadi ketika aspal mengalami deformasi permanen di bawah beban. Hal ini dapat mengurangi rutting atau cekungan pada permukaan jalan.

5. Reduksi Kebisingan

Getah karet dapat mengurangi kebisingan lalu lintas karena kemampuannya untuk menyerap getaran dan suara.

6. Peningkatan Daya Rekat

Getah karet meningkatkan daya rekat antara agregat dan aspal, mengurangi risiko terlepasnya agregat dari campuran.

7. Ketahanan Terhadap Oksidasi

Getah karet dapat menghambat oksidasi aspal, yang dapat menyebabkan perubahan warna dan kekerasan yang tidak diinginkan.

8. Peningkatan Kekuatan Adhesi

Getah karet meningkatkan kemampuan aspal untuk menempel pada agregat, sehingga menghasilkan campuran yang lebih kuat dan tahan lama.

9. Peningkatan Kemampuan Menyerap Air

Campuran aspal-modifikasi karet dapat memiliki kemampuan yang lebih baik untuk menahan penetrasi air, yang mengurangi potensi kerusakan akibat air dan pencairan aspal.

10. Pengurangan Biaya Pemeliharaan

Karena sifat-sifat yang lebih baik dalam menghadapi beban dan cuaca, campuran aspal-modifikasi karet dapat mengurangi biaya pemeliharaan jalan.

11. Pengurangan Dampak Lingkungan

Penggunaan getah karet dalam aspal dapat mengurangi limbah ban bekas dan membantu mengurangi dampak lingkungan.

12. Kemampuan Pencampuran

Getah karet dapat dicampur dengan aspal dengan relatif mudah, menghasilkan campuran yang konsisten.

2.6. Gradasi

Dalam konteks geologi, teknik sipil, ilmu tanah, dan bidang terkait, "gradasi" merujuk pada distribusi ukuran partikel dalam suatu sampel material. Ini adalah parameter penting dalam memahami sifat dan karakteristik material, terutama dalam bidang seperti pemilihan bahan konstruksi, rekayasa tanah, dan geologi.

Gradasi menggambarkan bagaimana partikel-partikel material tersebut didistribusikan dalam berbagai ukuran, mulai dari yang sangat halus hingga yang sangat besar. Distribusi ukuran partikel ini dapat memengaruhi berbagai properti material, seperti kepadatan, tekstur, kekuatan, permeabilitas, dan banyak lagi.

Biasanya, gradasi diukur dan digambarkan dalam bentuk kurva gradasi, yang menunjukkan persentase berat atau volume material dalam setiap ukuran partikel yang berbeda. Ada beberapa istilah yang digunakan dalam konteks gradasi :

1. **Kurva Gradasi Kumulatif** : Ini menunjukkan akumulasi persentase berat atau volume partikel yang kurang dari atau sama dengan ukuran partikel tertentu. Biasanya dimulai dengan partikel terkecil di sebelah kiri dan bergerak ke partikel terbesar di sebelah kanan.

2. **Kurva Gradasi Kumulatif Terbalik:** Sebaliknya, ini menunjukkan akumulasi persentase berat atau volume partikel yang lebih besar dari atau sama dengan ukuran partikel tertentu.
3. **Ukuran Tersebar (Diameter Nominal Tersebar):** Ukuran yang digunakan sebagai acuan dalam kurva gradasi. Ini bisa berupa diameter dalam mm atau fraksi tertentu, seperti diameter terbesar yang melewati 90% material.
4. **D10, D30, D60, dan D85:** Ini adalah persentase partikel yang lebih kecil dari ukuran tertentu dalam kurva gradasi. Misalnya, D10 adalah ukuran di mana 10% partikel lebih kecil daripada ukuran tersebut dalam kurva.

2.6.1 Gradasi Agregat Gabungan

Menurut spesifikasi umum bina marga 2018 Gradasi Agregat Gabungan adalah campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.3. Rancangan dan Perbandingan Campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.3. Untuk memperoleh gradasi HRS-WC atau HRS-Base yang senjang, maka paling sedikit 80% agregat lolos ayakan No.8 (2,36 mm) harus lolos ayakan No.30 (0,600 mm). Bilamana gradasi yang diperoleh tidak memenuhi kesenjangan yang disyaratkan Tabel 2.4 di bawah ini, Pengawas Pekerjaan dapat menerima gradasi tersebut asalkan sifat-sifat campurannya memenuhi ketentuan.

Tabel 2. 3 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

| Ukuran Ayakan | | % Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat | | | | | | | |
|---------------|------|---|-------|--------|----------------|------|-------------|--------|--------|
| | | Stone Matrix Aspal (SMA) | | | Lataston (HRS) | | Laston (AC) | | |
| ASTM | (mm) | Tipis | Halus | Kasar | WC | Base | WC | BC | Base |
| 1½" | 37,5 | | | | | | | | 100 |
| 1" | 25 | | | 100 | | | | 100 | 90-100 |
| ¾" | 19 | | 100 | 90-100 | 100 | 100 | 100 | 90-100 | 76-90 |

| | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|
| ½" | 12,5 | 100 | 90-100 | 50-88 | 90-100 | 90-100 | 90-100 | 75-90 | 60-78 |
| ¾" | 9,5 | 70-95 | 50-80 | 25-60 | 75-85 | 65-90 | 77-90 | 66-82 | 52-71 |
| No.4 | 4,75 | 30-50 | 20-35 | 20-28 | | | 53-69 | 46-64 | 35-54 |
| No.8 | 2,36 | 20-30 | 16-24 | 16-24 | 50-72 | 35-55 | 33-53 | 30-49 | 23-41 |
| No.16 | 1,18 | 14-21 | | | | | 21-40 | 18-38 | 13-30 |
| No.30 | 0,600 | 12-18 | | | 35-60 | 15-35 | 14-30 | 12-28 | 10-22 |
| No.50 | 0,300 | 10-15 | | | | | 9-22 | 7-20 | 6-15 |
| No.100 | 0,150 | | | | | | 6-15 | 5-13 | 4-10 |
| No.200 | 0,075 | 8-12 | 8-11 | 8-11 | 6-10 | 2-9 | 4-9 | 4-8 | 3-7 |

Tabel 2. 4 Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang” (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

| Ukuran Ayakan | Alternatif 1 | Alternatif 2 | Alternatif 3 | Alternatif 4 |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| % Lolos No.8 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| % Lolos No.30 | Paling sedikit 32 | Paling sedikit 40 | Paling sedikit 48 | Paling sedikit 56 |
| % Kesenjangan | 8 atau kurang | 10 atau kurang | 12 atau kurang | 14 atau kurang |

2.7. Karakteristik Campuran

Karakteristik campuran merujuk pada sifat-sifat fisik dan mekanik dari campuran material tertentu, terutama campuran beton, aspal, atau bahan konstruksi lainnya. Penilaian karakteristik campuran sangat penting dalam rekayasa sipil, konstruksi, dan industri terkait karena sifat-sifat ini memengaruhi performa material dalam aplikasi praktis. Berikut adalah beberapa karakteristik campuran yang umumnya dinilai:

1. **Kekuatan:** Kekuatan adalah salah satu karakteristik utama dalam banyak campuran konstruksi. Ini mengacu pada kemampuan campuran untuk menahan tekanan, tarikan, atau beban lainnya. Kekuatan dapat diukur dalam

berbagai cara, seperti kekuatan tekan, kekuatan tarik, atau kekuatan geser, tergantung pada jenis campuran dan aplikasinya.

2. **Durabilitas:** Durabilitas adalah kemampuan campuran untuk bertahan dalam jangka waktu yang lama dalam kondisi lingkungan yang keras. Faktor seperti tahan terhadap cuaca, resistensi terhadap korosi, dan ketahanan terhadap erosi dapat menjadi pertimbangan dalam mengukur durabilitas.
3. **Kepadatan:** Kepadatan merujuk pada seberapa padat atau berat campuran tersebut. Kepadatan yang baik penting dalam konstruksi jalan dan pondasi untuk mencapai stabilitas dan daya dukung yang baik.
4. **Permeabilitas:** Permeabilitas mengacu pada sejauh mana campuran memungkinkan air atau cairan lainnya untuk menembus melalui strukturnya. Permeabilitas yang tepat bisa penting dalam manajemen air tanah dan drainase.
5. **Viskositas:** Viskositas adalah sifat yang mengukur sejauh mana campuran mengalir atau mengalir. Ini adalah parameter penting dalam kasus aspal dan bahan cair lainnya yang digunakan dalam konstruksi.
6. **Tekstur:** Tekstur menggambarkan sejauh mana campuran memiliki permukaan yang kasar atau halus. Tekstur dapat memengaruhi daya tahan gesekan dan tampilan estetika.
7. **Reaktivitas:** Beberapa campuran, seperti campuran beton, dapat memiliki sifat reaktif yang dapat berubah seiring waktu. Penilaian reaktivitas mungkin diperlukan untuk memahami perubahan sifat material seiring waktu.
8. **Warna dan Estetika:** Dalam beberapa aplikasi, seperti pembuatan jalan, warna dan tampilan estetika campuran mungkin menjadi pertimbangan penting, terutama untuk aspek estetika.
9. **Ketahanan Terhadap Pencemaran Lingkungan:** Beberapa campuran konstruksi dapat dipengaruhi oleh pencemaran lingkungan atau dapat melepaskan polutan tertentu. Oleh karena itu, karakteristik terkait lingkungan seperti ketahanan terhadap zat kimia tertentu juga dapat dinilai.

2.7.1. Bahan Aspal Untuk Campuran Beraspal

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

- a) Bahan aspal berikut yang sesuai dengan Tabel 2.5 dapat digunakan.

Bahan pengikat ini dicampur dengan agregat sehingga menghasilkan campuran beraspal sebagaimana mestinya sesuai dengan yang disyaratkan yang disebutkan dalam tabel 2.6 mana yang relevan, sebagaimana yang disebutkan dalam gambar atau yang di perintahkan oleh pengawas pekerjaan.

Pengambilan contoh bahan aspal harus dilaksanakan sesuai dengan SNI 066399-2000 dan pengujian sesuai sifat-sifat (properties) yang disyaratkan dalam table 2.5 harus dilakukan. Bilamana jenis aspal modifikasi tidak disebutkan dalam gambar maka penyedia jasa dapat memilih aspal Tipe II jenis PG 70 dalam tabel 2.5 dibawah ini.

- b) Contoh bahan aspal harus diekstraksi dari benda uji sesuai dengan cara SNI 03-3640-1994 (metoda soklet) atau SNI 03-6894-2002 (metoda sentrifus) atau AASHTO T164-14 (metoda tungku pengapian). Jika metoda sentrifitus digunakan, setelah konsentrasi larutan aspal yang terekstraksi mencapai 200 mm, partiker mineral yang terkandung harus di pindahkan kedalam suatu alat sentrifugal. Pemindahan ini dianggap memenuhi bila mana kadar abu dalam bahan aspal yang diperoleh kembali tidak melebihi 1% (dengan pengapian). Jika bahan aspal diperlukan untuk pengujian lebih lanjut maka bahan aspal itu harus diperoleh kembali dalam larutan sesuai dengan prosedur SNI 03-68942002.
- c) Aspal tipe I harus diuji pada setiap kedatangan dan sebelum dituangkan ke tangki penyimpanan AMP untuk penetrasi pada 25°C (SNI 2456:2011). Tipe II harus diuji untuk stabilitas penyimpanan sesuai dengan ASTM D5976-00 Part 6.1. Semua tipe aspal yang baru datang harus ditempatkan dalam tangki sementara sampai hasil pengujian tersebut diketahui. Tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal tersebut telah diuji dan disetujui.

Tabel 2. 5 Ketentuan Untuk Aspal Keras (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

| No. | Jenis Pengujian | Metoda Pengujian | Tipe I Aspal Pen.60-70 | Aspal Modifikasi | |
|-----|--|------------------|------------------------|---------------------------|------|
| | | | | Elastomer Sintesis | |
| | | | | PG70 | PG76 |
| 1. | Penetrasi pada 25°C (0,1 mm) | SNI 2456:2011 | 60-70 | Dilaporkan ⁽¹⁾ | |
| 2. | Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 red/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C) | SNI 06-64422000 | - | 70 | 76 |
| 3. | Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾ | ASTM D2170-10 | ≥ 300 | ≤ 3000 | |
| 4. | Titik Lembek (°C) | SNI 2434:2011 | ≥ 48 | Dilaporkan ⁽²⁾ | |
| 5. | Daktilitas pada 25°C, (cm) | SNI 2432:2011 | ≥ 100 | - | |

Tabel 2. 6 Lanjutan

| | | | | |
|----|--|-----------------------------|------------|------------|
| 6. | Titik Nyala (°C) | SNI 2433:2011 | ≥ 232 | ≥ 230 |
| 7. | Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%) | AASTHO T44-14 | ≥ 99 | ≥ 99 |
| 8. | Berat Jenis | SNI 2441:2011 | $\geq 1,0$ | - |
| 9. | Stabilitas penyimpanan perbedaan titik lembek (°C) | ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan | - | $\leq 2,2$ |

| | | | | | |
|-----|--|---------------------|-------|-------|------|
| | | SNI 2434:2011 | | | |
| 10. | Kadar paraffin lilin (%) | SNI 03- 36392002 | 2 | | |
| | Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002) | | | | |
| 11. | Berat yang hilang (%) | SNI 06- 24411991 | ≤ 0,8 | ≤ 0,8 | |
| 12. | Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 red/detik 2,2 kPa, (°C) | SNI 06- 64422000 | - | 70 | 76 |
| 13. | Penetrasi pada 25°C (% semula) | SNI 2456- 2011 | ≥ 54 | ≥ 54 | ≥ 54 |
| 14. | Daktilitas pada 25°C (cm) | SNI 2432:2011 | ≥ 50 | ≥ 50 | ≥ 25 |
| | Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa | | | | |
| 15. | Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C) | SNI 06- 64422000 | - | 31 | 34 |

Catatan:

1. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah ± 4 (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi < 50 adalah

± 2 (0,1 mm), masing-masing dari nilai penetrasi yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.

2. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan titik lembek diterima adalah $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
3. Viskositas diuji juga pada temperatur 100°C dan 160°C untuk tipe I, untuk tipe II pada temperatur 100°C dan 170°C untuk menetapkan temperatur yang akan diterapkan.
4. Jika untuk pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTO T201-15 maka hasil pengujian harus dikonversikan ke satuan SI.

Tabel 2. 7 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

| Sifat-Sifat Campuran | | Laston | | |
|---|------|-----------|--------------|---------|
| | | Lapis Aus | Lapis Antara | Fondasi |
| Jumlah tumbukan per bidang | | 75 | | 112(3) |
| Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif | Min | 0,6 | | |
| | Maks | 1,2 | | |
| Rongga dalam campuran (%) | Min | 3,0 | | |
| | Maks | 5,0 | | |
| Rongga dalam agregat (VMA) (%) | Min | 15 | 14 | 13 |
| Rongga terisi aspal (%) | Min | 65 | 65 | 65 |
| Stabilitas Marshall (kg) | Min | 800 | | 1800(3) |
| Pelelehan (mm) | Min | 2 | | 3 |
| | Maks | 4 | | 6(3) |

| | | |
|--|-----|----|
| Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾ | Min | 90 |
| Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾ | Min | 2 |

Catatan:

1. Penentuan VCAmix dan VCAdre sesuai AASHTO R46-08 (2012).

VCAmix : *Voids in coarse aggregate within compacted mixture.*

VCAdre : *Voids in coarse aggregate fraction in dry-rodded condition.* 2.

Pengujian draindown sesuai AASHTO T305-14

3. Modifikasi Marshall.
4. Rongga dalam campuran dihitung berdasarkan pengujian berat jenis Maksimum Agregat (Gmm test, SNI 03-6893-2002).
5. Pengawas pekerjaan dapat atau menyetujui AASHTO T283-14 sebagai alternatif pengujian kepekaan terhadap kadar air. Pengondisian beku cair (*freeze thaw conditioning*) tidak diperlukan. Nilai Indirect Tensile Strength Retained (ITSR) minimum 80% pada VIM (Rongga dalam Campuran) $7\% \pm 0,5\%$. Untuk mendapatkan VIM $7\% \pm 0,5\%$, buatlah benda uji Marshall dengan variasi tumbukan pada kadar aspal optimum, misal 2x40, 2x50, 2x60 dan 2x75 tumbukan. Kemudian dari setiap benda uji tersebut, hitung nilai VIM dan buat hubungan antara jumlah tumbukan dan VIM. Dari grafik tersebut dapat diketahui jumlah tumbukan yang memiliki nilai VIM $7\% \pm 0,5\%$, kemudian lakukan pengujian ITSR untuk mendapatkan *Indirect Tensile Strength Ratio* (ITSR) sesuai SNI 6753 : 2008 atau AASTHO T283-14 tanpa pengondisian $-18 \pm 3^{\circ}\text{C}$.
6. Untuk menentukan kepadatan membal (*refusal*), disarankan menggunakan penumbuk bergetar (*vibratory hammer*) agar pecahnya butiran agregat dalam campuran dapat dihindari. Jika digunakan penumbukan manual jumlah tumbukan perbidang harus 600 untuk cetakan berdiameter 6 inch dan 400 untuk Jatakan berdiameter 4 inch.

7. Pengujian Wheel Tracking Machine (WTM) harus dilakukan pada temperatur 60°C . Prosedur pengujian harus mengikuti serti pada *Technical Guidline for Pavement Design and Construction*, Japan Road Association (JRA 2005).

2.8. Marshall

Sistem Marshall adalah metode uji yang digunakan untuk mengukur sifat-sifat mekanik dan karakteristik perkerasan aspal. Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Francis Hveem dan Jack Lord pada tahun 1930-an dan diperkenalkan oleh Bruce Marshall pada tahun 1939. Uji Marshall sering digunakan dalam industri jalan raya untuk mengontrol kualitas perkerasan aspal dan merancang campuran aspal yang optimal. Berikut adalah beberapa informasi lebih lanjut tentang uji Marshall:

1. **Tujuan Utama:** Uji Marshall bertujuan untuk menentukan komposisi campuran aspal yang optimal dengan mempertimbangkan kekuatan, kepadatan, dan ketahanan terhadap deformasi plastis (rutting) serta kondisi lingkungan tempat perkerasan aspal tersebut akan digunakan.
2. **Prosedur Uji:** Dalam uji Marshall, sampel campuran aspal dipanaskan hingga menjadi suhu yang sesuai (biasanya sekitar 135°C atau 275°F) untuk mencapai kondisi pengadukan yang baik. Kemudian, sampel campuran tersebut dicetak menjadi silinder dengan menggunakan kompaktor Marshall. Silinder tersebut kemudian diuji dengan menerapkan beban aksial terhadapnya hingga sampai pada kegagalan.
3. **Hasil Uji:** Hasil uji Marshall mencakup beberapa parameter kunci, seperti kekuatan kompresi Marshall (Marshall Stability), kekuatan marshall dinormalisasi (Marshall Flow), dan kepadatan marshall (Marshall Density). Hasil ini digunakan untuk merancang campuran aspal yang sesuai dengan kondisi proyek jalan yang sedang dikerjakan.
4. **Aplikasi:** Uji Marshall digunakan dalam pengembangan campuran aspal baru dan juga dalam pemeliharaan jalan yang ada. Ini membantu menentukan campuran aspal yang akan memiliki daya tahan yang baik terhadap beban lalu lintas, perubahan suhu, dan kondisi lingkungan lainnya.

5. **Kontrol Kualitas:** Selain merancang campuran aspal, uji Marshall juga digunakan untuk mengendalikan kualitas campuran aspal yang sedang diproduksi selama proyek konstruksi jalan. Hasil uji Marshall memungkinkan penyesuaian komposisi campuran aspal jika ditemukan perbedaan dengan spesifikasi yang diinginkan.

Dalam Metode Pengujian Marshall, terdapat lima parameter atau hasil pengujian utama yang dihasilkan untuk mengevaluasi campuran aspal. Berikut adalah kelima parameter tersebut:

1. **Marshall Stability (Kekuatan Marshall):** Marshall Stability mengukur kekuatan campuran aspal untuk menahan beban vertikal sebelum terjadi kegagalan. Ini adalah salah satu parameter paling penting dalam pengujian Marshall dan merupakan indikator daya tahan campuran terhadap deformasi dan retakan. Hasilnya biasanya dinyatakan dalam kilogram atau pound.
2. **Marshall Flow (Deformasi):** Marshall Flow mengukur jumlah deformasi atau peningkatan tinggi sampel campuran aspal saat mencapai kekuatan Marshall maksimum. Ini mengindikasikan sejauh mana campuran aspal akan mengalir saat dikenakan beban. Hasilnya biasanya dinyatakan dalam satuan millimeter atau inci.
3. **Deformasi Residu (Deformasi Sisa):** Deformasi Residu adalah jumlah deformasi yang tetap ada setelah campuran aspal mengalami pengujian Marshall. Ini mengindikasikan kemungkinan deformasi permanen dalam kondisi lapangan. Hasilnya biasanya dinyatakan dalam satuan millimeter atau inci.
4. **Stability to Flow Ratio (Rasio Kekuatan terhadap Deformasi):** Rasio Kekuatan terhadap Deformasi adalah perbandingan antara Marshall Stability dengan Marshall Flow. Ini memberikan gambaran tentang daya tahan campuran terhadap deformasi dan retakan dalam satu angka. Tidak ada satuan khusus untuk parameter ini karena itu hanya merupakan perbandingan.
5. **Indeks Kepadatan Marshall (Marshall Density):** Indeks Kepadatan Marshall adalah perbandingan antara berat sebenarnya campuran aspal dengan volume total campuran. Ini mengukur seberapa padat campuran aspal

dan merupakan indikator kepadatan campuran. Hasilnya biasanya dinyatakan dalam satuan persentase.

2.9. Metode Pengujian

Menurut (Dr. Francis H. Marshall, 1940). Metode Pengujian Marshall adalah prosedur standar yang digunakan untuk menguji sifat-sifat campuran aspal, khususnya campuran aspal panas yang digunakan dalam konstruksi jalan raya.. Metode Pengujian Marshall berguna untuk mengevaluasi kekuatan dan ketahanan campuran aspal terhadap berbagai beban dan kondisi lalu lintas. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam Metode Pengujian Marshall:

1. **Persiapan Sampel:** Sampel campuran aspal diambil dari proyek konstruksi atau pabrik aspal. Sampel ini kemudian dicetak dalam bentuk briket silinder berukuran standar yang memiliki diameter dan tinggi tertentu.
2. **Pemanasan Sampel:** Sampel silinder dipanaskan dalam oven pada suhu tertentu (biasanya sekitar 135°C atau 275°F) selama beberapa jam. Proses pemanasan ini menggambarkan kondisi campuran aspal saat aplikasi panas di lapangan.
3. **Pencetakan:** Setelah pemanasan, sampel silinder ditempatkan dalam alat cetakan Marshall yang memiliki diameter 4 inci (101,6 mm). Campuran aspal yang panas dicetak menjadi briket silinder dalam cetakan dengan tekanan tertentu.
4. **Pemadatan:** Sampel yang sudah dicetak kemudian dipadatkan dengan alat pemadatan Marshall khusus. Proses pemadatan ini menciptakan campuran aspal yang padat dan kohesif dalam briket silinder.
5. **Pengujian Kekuatan:** Briket silinder dipindahkan ke mesin uji Marshall, di mana mereka dikenakan beban vertikal hingga terjadi kegagalan. Hasil dari pengujian ini mencakup dua parameter utama: Marshall Stability (kekuatan Marshall) dan Marshall Flow (deformasi).

- **Marshall Stability:** Ini adalah kekuatan campuran aspal untuk menahan beban vertikal sebelum terjadi kegagalan. Ini mengukur daya tahan campuran terhadap deformasi dan retak.
 - **Marshall Flow:** Ini adalah jumlah deformasi (peningkatan tinggi sampel) yang terjadi pada saat tercapai kekuatan Marshall maksimum. Ini mengukur sejauh mana campuran aspal akan mengalir saat dikenakan beban.
6. **Perhitungan:** Hasil dari pengujian Marshall digunakan untuk menghitung nilai-nilai kinerja seperti kekuatan Marshall relatif, kepadatan Marshall, dan indeks stabilitas Marshall. Nilai-nilai ini membantu dalam merancang campuran aspal yang memenuhi persyaratan spesifikasi proyek jalan raya.

2.10. Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (SNI 03-1968-1990)

2.10.1. Ruang Lingkup

Metode pengujian jenis tanah ini mencakup jumlah dan jenis-jenis tanah baik agregat halus maupun agregat kasar. Hasil pengujian analisis saringan agregat halus dan kasar dapat digunakan antara lain:

- 1) Penyelidikan quarry agregat;
- 2) Perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton.

2.10.2. Pengertian

Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat yang lolos dari satu set saringan kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

2.10.3. Peralatan

Peralatan yang dipergunakan adalah sebagai berikut :

- 1) timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji;
- 2) satu set saringan; 37,5 mm (3"); 63,5 mm (2½"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½"); 9,5 mm (⅜"); No.4 (4,75 mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm); No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm);
- 3) oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai (110 + 5)°C;
- 4) alat pemisah contoh;
- 5) mesin pengguncang saringan;
- 6) talam-talam;
- 7) kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

2.10.4. Benda Uji

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempat banyak : benda uji disiapkan berdasarkan standar yang berlaku dan terkait kecuali apabila butiran yang melalui saringan No. 200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan bila syarat-syarat ketelitian tidak menghendaki pencucian.

- 1) Agregat halus terdiri dari :
 - a) ukuran maksimum 4,76 mm; berat minimum 500 gram;
 - b) ukuran maksimum 2,38 mm; berat minimum 100 gram.
- 2) agregat kasar terdiri dari :
 - a) ukuran maks. 3,5"; berat minimum 35,0 kg
 - b) ukuran maks. 3"; berat minimum 30,0 kg
 - c) ukuran maks. 2,5"; berat minimum 25,0 kg
 - d) ukuran maks. 2"; berat minimum 20,0 kg

- e) ukuran maks. 1,5"; berat minimum 15,0 kg
 - f) ukuran maks. 1"; berat minimum 10,0 kg
 - g) ukuran maks. 3 /4" berat minimum 5,0 kg
 - h) ukuran maks. 1 /2"; berat minimum 2,5 kg
 - i) ukuran maks. 3 /8"; berat minimum 1,0 kg
- 3) Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan No. 4.; Selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti tercantum diatas.

2.10.5. Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

- 1) benda uji dikeringkan dalam oven dengan suhu $(10 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap; SNI 03-1968-1990 3
- 2) saring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

2.11. Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall (SNI 062489-1991)

2.11.1. Ruang Lingkup

Pengujian ini meliputi pengukuran stabilitas dan alir (flow) dari suatu campuran aspal dengan agregat ukuran maksimum 2,54 cm.

2.11.2. Pengertian

Yang dimaksud dengan :

1. Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi alir (flow) yang dinyatakan dalam kilogram;

2. Alir (flow) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban, dinyatakan dalam mm.

2.11.3. Cara Uji

Cara uji dilakukan, sebagai berikut :

Waktu yang diperlukan dari saat diangkatnya benda uji dari bak perendaman atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

- 1) Rendamlah benda uji dalam bak perendam (water bath) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap $60^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$ untuk benda uji yang menggunakan aspal padat, untuk benda uji yang menggunakan aspal cair masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap $25^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$;
- 2) Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan;
- 3) Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji;
- 4) Pasang arloji pengukur alir (flow) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan;
- 5) Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji;
- 6) Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
- 7) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stability) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm.
- 8) Catat nilai alir (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.

2.11.4. Perhitungan

Untuk menghitung hasil pengujian, digunakan rumus sebagai berikut:

- 1) Persen aspal terhadap campuran (%) :

$$\frac{\% \text{ Aspal terhadap batuan}}{\% \text{ Aspal terhadap batuan} + 100\%} \times 100\% \quad (2.1)$$

- 2) Berat isi (t/m^3);

$$\frac{\text{Berat benda uji}}{\text{Isi benda uji}} \quad (2.2)$$

- 3) Stabilitas (kg);

Pembacaan arloji tekan \times Angka korelasi beban

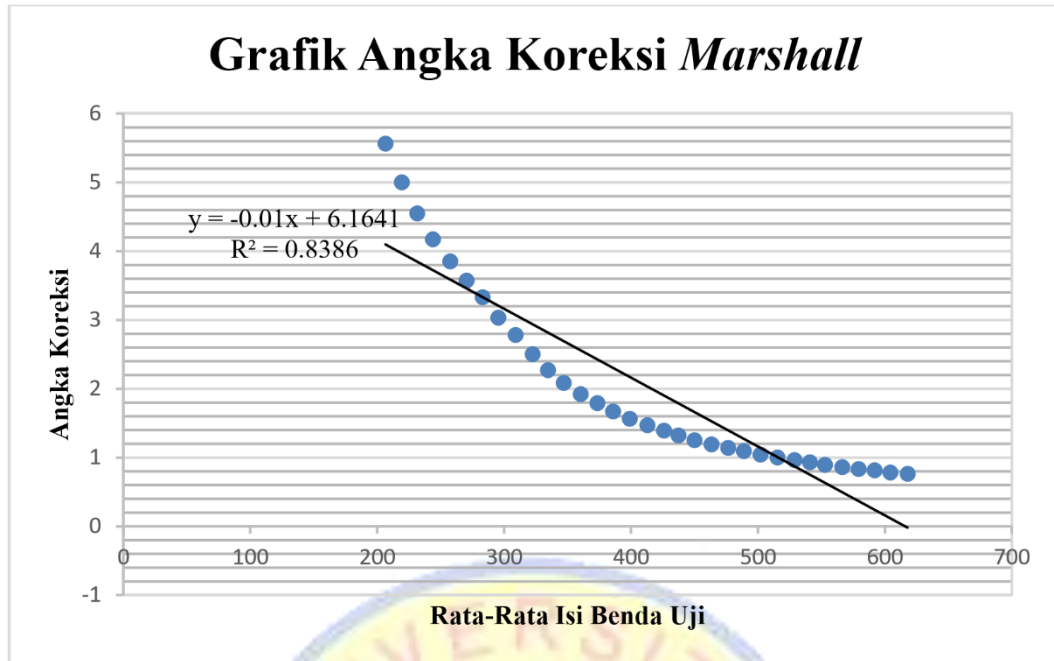
Alir (flow) (mm); Dibaca pada arloji pengukur alir.

2.11.5. Tabel dan Grafik Koreksi Marshall

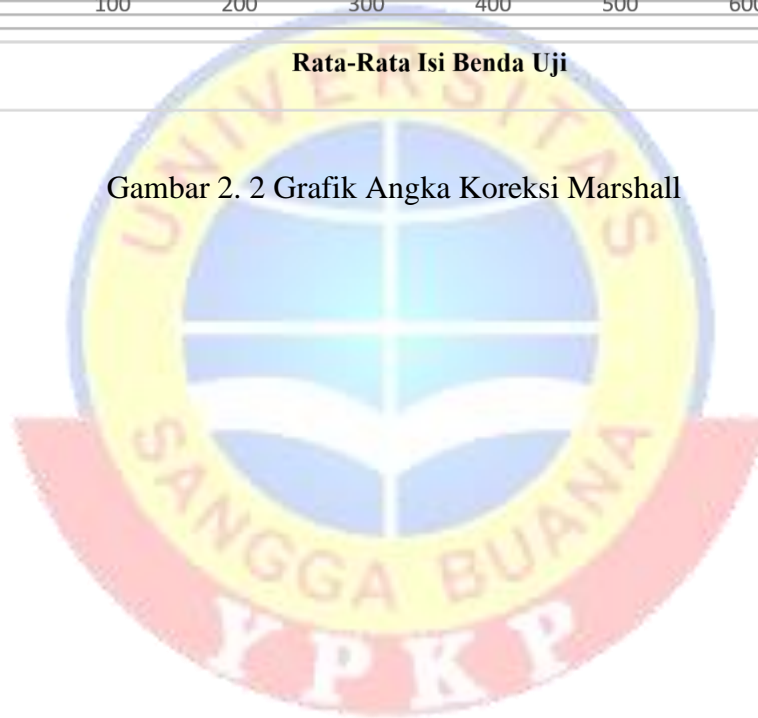
Tabel 2. 8 Tabel Koreksi Marshall (Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall SNI 06-2489-1991)

| Isi Benda Uji (Cm^3) | | Rata-Rata | Angka Koreksi |
|--------------------------|-----|-----------|---------------|
| 200 | 213 | 206.5 | 5.56 |
| 214 | 225 | 219.5 | 5 |
| 226 | 237 | 231.5 | 4.55 |
| 238 | 250 | 244 | 4.17 |
| 251 | 264 | 257.5 | 3.85 |
| 265 | 276 | 270.5 | 3.57 |
| 277 | 289 | 283 | 3.33 |
| 290 | 301 | 295.5 | 3.03 |
| 302 | 316 | 309 | 2.78 |
| 317 | 328 | 322.5 | 2.5 |

| | | | |
|-----|-----|-------|------|
| 329 | 340 | 334.5 | 2.27 |
| 341 | 353 | 347 | 2.08 |
| 354 | 367 | 360.5 | 1.92 |
| 368 | 379 | 373.5 | 1.79 |
| 380 | 392 | 386 | 1.67 |
| 393 | 405 | 399 | 1.56 |
| 406 | 420 | 413 | 1.47 |
| 421 | 431 | 426 | 1.39 |
| 432 | 443 | 437.5 | 1.32 |
| 444 | 456 | 450 | 1.25 |
| 457 | 470 | 463.5 | 1.19 |
| 471 | 482 | 476.5 | 1.14 |
| 483 | 495 | 489 | 1.09 |
| 496 | 508 | 502 | 1.04 |
| 509 | 522 | 515.5 | 1 |
| 523 | 535 | 529 | 0.96 |
| 536 | 546 | 541 | 0.93 |
| 547 | 559 | 553 | 0.89 |
| 560 | 573 | 566.5 | 0.86 |
| 574 | 585 | 579.5 | 0.83 |
| 586 | 598 | 592 | 0.81 |
| 599 | 610 | 604.5 | 0.78 |
| 611 | 625 | 618 | 0.76 |



Gambar 2. 2 Grafik Angka Koreksi Marshall



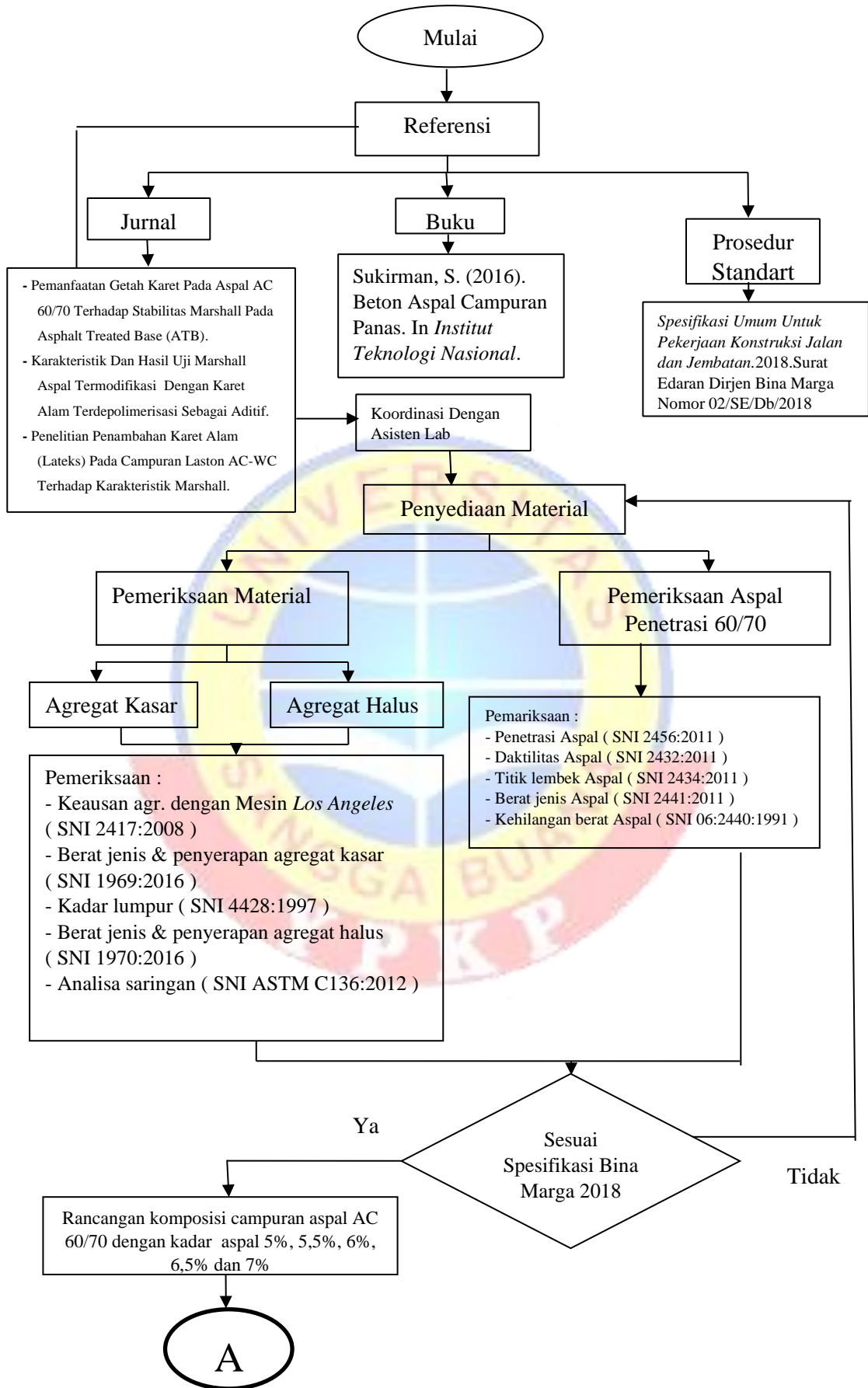
BAB III METODOLOGI PENELITIAN

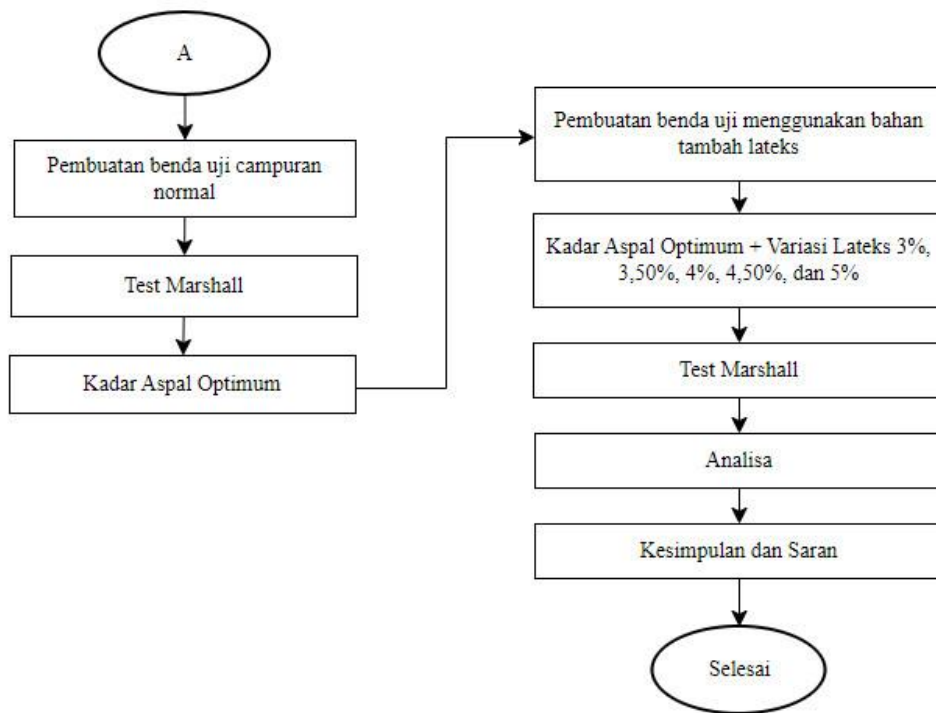
3.1. Metode Penelitian

Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana (YPKP), dengan dosen pembimbing, dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian.

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti penetrasi aspal, titik nyala aspal, titik lembek aspal, berat jenis aspal, daktilitas aspal, kehilangan berat aspal, analisa saringan yang bertujuan untuk mendapatkan data-data pendukung yang diperoleh di laboratorium.

Selanjutnya mencari *KAO* (Kadar Aspal Optimum) untuk mengetahui proporsi campuran untuk setiap benda uji yang akan dibuat. Setelah memperoleh proporsi campuran aspal, kemudian dilakukan penyaringan bahan tambah (*filler*) yang telah dikeringkan. Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan telah siap digunakan, tahap selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Pembuatan benda uji dilakukan sesuai kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu aspal normal, aspal dengan *filler* getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% Setelah pembuatan benda uji selesai kemudian dilakukan test Marshall. Dari pengujian Marshall yang dilakukan kita dapat memperoleh data-data yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian.





Gambar 3. 1 Bagan alir penelitian yang dilaksanakan.

3.1.1 Data Primer

Data yang diperoleh dari hasil penelitian di Laboratorium, yaitu:

- a. Analisa saringan agregat.
- b. Berat jenis dan penyerapan.
- c. Pemeriksaan kadar lumpur.
- d. Pemeriksaan keausan agregat.
- e. Variasi penggunaan getah karet pada campuran aspal (*Job Mix Formula*).
- f. Tes penetrasi aspal.
- g. Tes daktilitas.
- h. Tes titik lembek aspal.
- i. Tes berat jenis aspal.

- j. Tes kehilangan berat.
- k. Uji marshall.

3.1.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan konstruksi jalan (literatur) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Sangga Buana (YPKP). Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat penelitian yang dilakukan.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Oktober 2023. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sangga Buana “YPKP” Bandung.

3.3. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Bahan-bahan pembentuk benda uji yaitu:

- a. Aspal penetrasi 60/70.
- b. Agregat halus.
- c. Agregat kasar.
- d. Getah karet.
- e. Aspal

3.3.2. Peralatan

Alat penelitian adalah semua benda yang digunakan untuk menunjang dalam pelaksanaan proses penelitian. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Alat Pengujian Aspal

Dalam pengujian ini, alat yang digunakan adalah satu set alat uji titik lembek, uji titik nyala, titik bakar, berat jenis dan satu set alat pengujian penetrasi.

Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk pengujian :

a. Alat-alat pengujian berat jenis aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal meliputi sebagai berikut:

1) *Neraca ohaus*

2) *Picnometer*

b. Alat-alat pengujian penetrasi aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal meliputi sebagai berikut:

1) *Stopwatch*

2) *Penetrometer*

3) *Cawan*

c. Alat-alat penguji titik lembek aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal meliputi sebagai berikut:

1) *Termometer*

2) *Cincin kuningan*

3) *Bola baja*

4) *Gelas ukur*

5) *Dudukan benda uji*

6) *Kawat kassa*

7) *Kompor listrik*

8) *Penjepit termometer*

2. Alat-alat pengujian agregat

a. Satu set alat pengujian gradasi

b. Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan

3. Alat-alat pembuat benda uji

Untuk membuat benda uji diperlukan beberapa peralatan yang meliputi cetakan benda uji (*mould*), penumbuk benda uji dan landasannya, dongkrak (untuk mengeluarkan benda uji), kompor listrik, thermometer, wadah pencampur, piring, kertas penyaring, spatula, dan sarung tangan. a. Alat cetak benda uji (Mould)

- b. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbuk
- c. Bak pengaduk
- d. Alat pengujian benda uji dengan metode marshall

3.4. Persiapan Material

Secara umum pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa langkah pekerjaan. Diawali dengan menetapkan komposisi campuran, persiapan material, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian benda uji. Tahapan-tahapan penelitian tersebut di atas, dilaksanakan dengan berdasarkan standar peraturan pengerjaan aspal yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium. Sebagian langkah pemeriksaan material hanya dibatasi pada pemeriksaan karakteristik, karena dianggap penting dalam perhitungan komposisi campuran. Namun tidak semua material dapat diperiksa karakteristiknya. Tidak dilakukan pemeriksaan terhadap air dan material aditif.

Semua material (aspal, agregat) berasal dari tempat yang berbeda. Semua bahan ditempatkan pada tempat yang aman dan tidak mengalami perubahan fisik dan kimia serta bebas dari benda asing. Untuk menjaga kelembaban supaya tetap, material dimasukkan ke dalam kantong plastik. Aspal yang digunakan adalah AC Penetrasi 60/70. Agregat kasar adalah batu pecah yang berasal dari Laboratorium. Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Laboratorium. Bahan tambah getah karet (Lateks) berasal dari perkebunan karet pribadi.

3.5. Pemeriksaan Agregat

Agregat halus pasir berasal dari Laboratorium, agregat kasar batu pecah berasal dari Laboratorium. Agregat kemudian dilakukan Pengujian Gradasi, Kadar Lumpur,

Berat Jenis dan Absorpsi Agregat Halus, Keausan dan Berat Volume untuk perhitungan proporsi campuran Aspal.

3.6. Pembuatan Benda Uji

Berikut ini adalah proses atau langkah-langkah pembuatan benda uji :

- a. Menyiapkan semua bahan benda uji yaitu aspal, agregat kasar, agregat halus, dan bahan tambah getah karet yang sudah dimasukkan ke dalam plastik sesuai dengan komposisi yang sudah direncanakan.
- b. Menyiapkan semua peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pencampuran aspal lapis beton.
- c. Memanaskan aspal beserta getah karet mencapai suhu 300°C sebelum dicampur dengan agregat.
- d. Memanaskan agregat mencapai suhu 120°C .
- e. Setelah semua bahan mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pencampuran antara aspal dengan agregat. Semua bahan diijadikan satu dan diaduk- aduk sampai tercampur merata hingga mencapai suhu sekitar 160°C .
- f. Menyiapkan cetakan benda uji (mould) beserta alas cetakan yang sudah diolesi pelumas dan dipanaskan. Kemudian menyiapkan kertas lakmus di bagian dasar cetakan.
- g. Memasukkan semua bahan yang sudah dicampur dan pada suhu maksimal pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk dengan spatula yang sudah dipanaskan sebelumnya. Penusukan dengan alat spatula ini dilakukan dengan prosedur menusuk bagian pinggir sebanyak 15 kali dan bagian tengah sebanyak 10 kali.
- h. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan penumbukan pada campuran yang telah dimasukkan pada cetakan sebanyak 75 kali kemudian diganti permukaan lainnya sebanyak 75 kali.
- i. Setelah dilakukan penumbukkan, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.
- j. Setelah benda uji dilepaskan dari cetakan kemudian diberikan tanda pengenal agar tidak tertukar dengan yang lain. Kemudian benda uji didiamkan hingga kering.

- k. Setelah benda ujikering maka selanjutnya dilakukan penimbangan setiap benda uji untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.
- l. Benda uji kemudian direndam selama ± 24 jam.
- m. Setelah direndam ± 24 jam, kemudian dikeluarkan dari bak perendaman lalu dilap menggunakan lap kering sampai benda uji dalam keadaan SSD atau dalam keadaan kering permukaan.
- n. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai dari berat SSD (saturated surface dry)
- o. Setelah itu benda uji ditimbang dalam air untuk mendapatkan nilai berat dalam air.
- p. Kemudian dilakukan pengujian dengan alat marshall terhadap masing masing benda uji. (Desain, n.d.)

3.7. Pengujian dengan Alat *Marshall*

Menurut Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat *Marshall* (SNI 062489-1991) Langkah –langkah pengujian menggunakan alat marshall adalah sebagai berikut :

- a. Merendam benda uji dalam bak perendam (water bath) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap $60^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$ untuk benda uji yang menggunakan aspal padat, untuk benda uji yang menggunakan aspal cair masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap $25^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$;
- b. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan;
- c. Memasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji;
- d. Memasang arloji pengukur alir (flow) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (sleeve) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan;
- e. Sebelum pembebanan diberikan, menaikkan kepala penekan beserta benda ujinya sehingga menyentuh alas cincin penguji;

- f. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol;
- g. Memberikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan mencatat pembebanan maksimum (stability) yang dicapai, untuk benda uji yang tebalnya tidak sebesar 63,5 mm.
- h. Mencatat nilai alir (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.

1. Alat Pengujian Berat Jenis Aspal

a. Neraca Ohaus

Neraca Ohaus adalah alat ukur massa benda dengan ketelitian dengan 0,01 gram. Prinsip kerja neraca ini adalah sekadar membanding massa benda yang akan diukur dengan anak timbangan



Gambar 3. 2 Neraca Ohaus

b. Picnometer Labu Picnometer labu adalah picnometer dengan bentuk leher tabung mengerucut kecil, berbahan kaca dengan penanda volume cairan.



Gambar 3. 3 Picnometer Labu

c. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk waktu ketika proses penetrasi.



mengukur



Gambar 3. 4 Stopwatch

Gambar 3. 5 Penetrometer

d. Cawan

Cawan berfungsi sebagai wadah aspal padat. Dalam SNI 2456-2011:3, cawan terbuat dari logam atau gelas yang berbentuk silinder dengan dasar rata dan berukuran diameter 55 cm dan tinggi 35 cm.



Gambar 3. 6 Cawan

2. Alat-alat penguji titik lembek aspal

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian berat jenis aspal meliputi sebagai berikut:

a. Termometer

Termometer adalah alat untuk mengukur suhu. Pada pengujian ini digunakan untuk mengukur suhu ruang dan suhu akhir aspal.



Gambar 3. 7 Termometer

b. Cincin Kuningan

Cincin yang terbuat dari bahan kuningan yang berfungsi sebagai tempat aspal saat pengujian titik lembek. Cincin kuningan ini berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan aspal yang akan diuji



Gambar 3. 8 Cincin Kuningan

4. Alat Pengujian Titik Lembek Aspal

c. Bola Baja

Bola yang terbuat dari baja yang memiliki diameter 9,5 mm. Setiap bola mempunyai berat 3,5 gram \pm 0,05 gram. Bola baja berfungsi sebagai beban saat pemeriksaan titik lembek sehingga nantinya dapat mendesak turun lapisan aspal yang tertahan dalam cincin.



Gambar 3. 9 Bola Baja

d. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan wadah yang berisi air es untuk merendam aspal yang diletakkan dalam dudukan benda uji.



Gambar 3. 10 Gelas Ukur

e. Dudukan benda uji

Dudukan benda uji merupakan alat yang digunakan untuk meletakkan benda uji yang telah diletakkan dalam cincin kuning. Dudukan benda uji ini dilengkapi dengan tempat untuk menaruh benda uji (cincin kuning yang telah berisi aspal) yang berlubang pada bagian tempat meletakkan cincin kuning dan dilengkapi dengan plat dasar dengan jarak tertentu yang digunakan untuk menahan bola baja ketika jatuh (SNI 2434-1991).

f. Kawat Kassa

Kawat kassa digunakan sebagai alas tabung ukur atau gelas ukur ketika dalam proses pemanasan. Hal ini bertujuan agar tabung ukur tidak bersinggungan langsung dengan kompor sehingga pertambahan panas tidak terlalu banyak dan menyebabkan gelas ukur atau tabung ukur pecah.



Gambar 3. 11 Dudukan Benda Uji



Gambar 3. 12 Kawat Kassa

g. Kompor Listrik

Kompor listrik merupakan kompor yang bekerja dengan aliran energi listrik dalam pemakaiannya. Dalam pengujian ini kompor listrik berfungsi untuk memanaskan aspal yang akan diuji.



Gambar 3. 13 Kompor Listrik

j. Penjepit Thermometer

Penjepit termometer digunakan untuk menjepit termometer yang digunakan untuk mengukur suhu aspal ketika dipanaskan.



Gambar 3. 14 Penjepit Termometer

4. Alat-alat pengujian agregat

a. Satu Set Ayakan Agregat

Satu set saringan adalah saringan dengan ukuran 37,5 mm (3"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (3/4"); 12,5 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No. 4); 2,36 mm (No. 8); 1,18 mm (No. 16); 0,600 mm (No. 30); 0,300 mm (No. 50); 0,150 mm (No. 100); 0,075 mm (No. 200). Semua saringan disusun secara berurutan mulai dari yang terkecil di posisi paling bawah sampai ukuran terbesar di posisi paling atas.



Gambar 3. 15 Satu Set Ayakan Agregat

b. Satu Set Alat Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan

Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan berupa oven, timbangan, piring seng, alat uji SSD Saturated Surface Dry dan gelas ukur.

c. Los Angles Machine

Los Angles Machine merupakan mesin untuk menguji pengujian keausan agregat kasar, dengan bentuk silinder besi dengan ukuran diameter dalam 711 mm atau 28 inch dan Panjang 508 mm atau 20 inch (SNI 2417-2008), mesin ini akan memutar agregat beserta bola baja didalamnya sebanyak 100 sampai 500 putaran.

5. Alat Pembuat Benda Uji

d. Moulding

Moulding atau alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm dengan tinggi 7,62 cm. Mould yang digunakan berjumlah 2 buah dan berfungsi sebagai cetakan benda uji. Moulding digunakan sebagai cetakan campuran aspal panas agar berbentuk sesuai dengan standar.

e. Alat Penumbuk Benda Uji beserta Alas Tumbukan

Alat penumbuk benda uji mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder dengan berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm. Dalam penumbukan benda uji juga dilengkapi dengan landasan pematat yang terdiri dari pelat baja berbentuk persegi dengan ukuran 20,32 x 20,32 cm dan tebal sekitar 3 cm.



Gambar 3. 16 Moulding



Gambar 3. 17 Alat Penumbuk dan alas

1. Pengujian Karakteristik Aspal Pengujian karakteristik aspal meliputi pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala dan titik bakar. Adapun standar yang dijadikan sebagai acuan adalah Standar Nasional Indonesia meliputi:

Tabel 3. 1 Acuan Pengujian Karakteristik Aspal

| No. | Jenis Pengujian | Acuan | Syarat | | Satuan |
|-----|-----------------------|------------------|--------|------|--------|
| | | | Min | maks | |
| 1 | Penetrasi | SNI 06-2456-1991 | 50 | - | Mm |
| 2 | Titik Lembek | SNI 06-2434-1991 | 53 | - | °C |
| | Titik Nyala dan Bakar | SNI 06-2433-1991 | 232 | - | °C |

a. Pengujian Penetrasi Pengujian penetrasi dilakukan dengan acuan SNI 06-2456-1991, dengan langkah-langkah proses pengujian sebagai berikut:

- 1) Menuangkan sampel aspal ke cawan pengujian hingga batas yang ditentukan
- 2) Merendam cawan kedalam air es hingga suhu aspal berada pada suhu 25O C
- 3) Meletakkan cawan pada alat penetrometer sesuai dengan posisi 56
- 4) Mengatur jaru penetrasi agar tepat diatas permukaan aspal $\pm 0,1$ mm dan mengatur posisi jarum arloji
- 5) Menyiapkan stopwatch lalu menekan tombol penetrasi hingga 5 detik dan membaca angka yang ditunjukkan oleh arloji.

b. Pengujian Titik Lembek Pengujian titik lembek dilakukan dengan SNI 2434-1991 dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan sampel aspal ke dalam cincin pengujian dan meletakkan kedalam landasan pelat
- 2) Menyiapkan kompor listrik dan kawat kassa
- 3) Mengisi air kedalam tabung kaca atau gelas ukur sesuai dengan batas yang ditentukan.
- 4) Meletakkan landasan pelat ke dalam gelas ukur lalu meletakkan thermometer ke dalam gelas ukur dan meletakkan bola baja di atas cincin.
- 5) Mengamati serta menghitung waktu setiap kenaikan suhu sebesar 50 C dan menghitung waktu pada saat bola baja jatuh hingga menyentuh dasar landasan.

c. Pengujian Titik Nyala dan Bakar Pengujian titik nyala dan bakar dilakukan dengan acuan SNI 06-2433-1991, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan sampel aspal dan memasukan ke dalam cawan Cleveland open cup hingga batas yang ditentukan.
- 2) Menjepit thermometer ke penjepit serta mengatur posisinya lalu menyiapkan kompor listrik untuk pemanasan aspal.
- 3) Memulai stopwatch bersamaan dengan menyalakan kompor dan mengamati kenaikan suhu aspal ketika dipanaskan.
- 4) Menyulut aspal dengan tongkat penyulut setiap kenaikan 20 C.
- 5) Mengamati setiap nyala api akibat sulutan lalu mencatat titik nyala aspal dan titik bakar aspal.

2. Pengujian Berat Jenis Material Pengujian berat jenis material bertujuan mengetahui berat jenis serta sifat material, dan acuan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Acuan Pengujian Berat Jenis Materia

| No | Jenis Pengujian | Acuan | Syarat | | Satuan |
|----|------------------------------|------------------|--------|------|--------|
| | | | Min | maks | |
| 1 | Berat Jenis Agregat Kasar | SNI 03-1969-1990 | 2,5 | - | gr/cc |
| 2 | Berat Jenis Agregat Halus | SNI 03-1970-1990 | 2,5 | - | gr/cc |
| 3 | Berat Jenit Aspal | SNI 2441:2011 | 1 | - | gr/cc |
| 4 | Penyerapan Agregat Kasar | SNI 03-1969-1990 | - | 3 | % |
| 5 | Penyerapan Agregat Halus | SNI 03-1970-1990 | - | 3 | % |

a. Berat Jenis Agregat Kasar Pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan dengan acuan SNI 03-1969-1990, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan kerikil sebagai sampel benda uji sebanyak 2 kali 2,5 kg.
- 2) Merendam kerikil selama 24 jam \pm 4 jam.
- 3) Mengangkat dan meniriskan kerikil hingga SSD lalu menimbang kerikil SSD sebanyak 2,5 kg.
- 4) Memasukan kerikil seberat 2,5 kg kedalam keranjang lalu memasukan keranjang yang berisi kerikil kedalam ember yang telah di isi air.
- 5) Mengangkat kerikil dari air dan meniriskan lalu mengoven kerikil selama 24 jam \pm 4 jam.
- 6) Mengangkat kerikil dari oven lalu menimbang kerikil kering oven.

b. Berat Jenis Agregat Halus Pengujian berat jenis agregat kasar dilakukan dengan acuan SNI 03-1970-1990, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan pasir sebagai sampel benda uji sebanyak 2 kali 500 gram.
- 2) Merendam pasir selama 24 jam \pm 4 jam.
- 3) Meniriskan dan menghamparkan pasir hingga SSD, memeriksa SSD pasir dengan kerucut kuningan lalu menimbang pasir SSD seberat 500 gram
- 4) Menimbang tabung ukur kosong lalu mengisi tabung ukur dengan air sesuai batas yang ditentukan dan menimbang tabung ukur berisi air.
- 5) Memasukan 500 gram pasir SSD kedalam tabung ukur berisi air lalu menimbang tabung ukur berisi air dan pasir
- 6) Mengisi kembali air kedalam tabung ukur hingga batas yang ditentukan lalu menimbang kembali tabung ukur.
- 7) Mengeluarkan pasir dari dalam tabung ukur dan mengoven pasir selama 24 jam \pm 4 jam
- 8) Mengeluarkan pasir dari oven lalu menimbang berat pasir kering oven.

c. Berat Jenis Aspal Pengujian berat jenis aspal dilakukan dengan acuan SNI 2441:2011, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan aspal seberat 10 gram lalu membuat menjadi bulatan-bulatan kecil
- 2) Menimbang picnometer kosong lalu mengisi picnometer dengan air sesuai dengan batas yang ditentukan dan menimbang picnometer berisi air.
- 3) Memasukan bulatan-bulatan aspal kedalam picnometer berisi air lalu menimbang picnometer yang berisi air dan aspal.
- 4) Mengisi picnometer kembali dengan air hingga batas yang ditentukan lalu menimbang kembali picnometer

3. Pengujian Karakteristik Agregat Pengujian karakteristik agregat bertujuan untuk mengetahui sifat material, adapun acuan yang digunakan dalam pengujian tersebut adalah:

Tabel 3. 3 Acuan Pengujian Karakteristik Agregat

| No | Jenis Pengujian | Acuan | Syarat | | Satuan |
|----|--|------------------|--------|------|--------|
| | | | Min | maks | |
| 1 | Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles | SNI 2417-2008 | 50 | - | Mm |
| 2 | Pengujian Gradasi Agregat Kasar | SNI 03-1968-1990 | 53 | - | °C |
| 3 | Pengujian Gradasi Agrpas Halus | SNI 03-1968-1990 | 232 | - | °C |

a. Pengujian Keausan Agregat Pengujian keausan agregat dengan los angles machine dilakukan dengan acuan SNI 2417-2008, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Mengoven kerikil selama 24 jam \pm 4 jam
 - 2) Menimbang kerikil sebanyak 5 kg
 - 3) Menyiapkan mesin los angles 61
 - 4) Memasukkan kerikil kedalam mesin los angles lalu mengoperasikan mesin agar berputar 500 putaran
 - 5) Mengeluarkan kerikil dari mesin los angles lalu mengayak kerikil dengan ayakan No. 4 dan menimbang kerikil yang tertahan ayakan No. 4.
- b. Pengujian Gradasi Agregat Kasar Pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan acuan SNI 03-1968-1990, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

- 1) Mengoven kerikil selama 24 jam \pm 4 jam.
- 2) Menimbang kerikil sebanyak 5 kg.
- 3) Menyiapkan saringan dan menyusun sesuai dengan urutan dan menuangkan kerikil ke dalam saringan dari urutan teratas.

4) Menggoyangkan susunan saringan selama 15 menit lalu melepas saringan satu persatu.

5) Menaruh agregat yang tertinggal dari masing-masing fraksi ke piring lalu menimbang berat.

c. Pengujian Gradasi Agregat Halus Pengujian gradasi agregat kasar dilakukan dengan acuan SNI 03-1968-1990, dengan langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1) Mengoven pasir selama 24 jam \pm 4 jam.

2) Menimbang pasir sebanyak 5 kg. 62

3) Menyiapkan saringan dan menyusun sesuai dengan urutan dan menuangkan pasir ke dalam saringan dari urutan teratas.

4) Menggoyangkan susunan saringan selama 15 menit lalu melepas saringan satu persatu.

5) Menaruh agregat yang tertinggal dari masing-masing fraksi ke piring lalu menimbang berat.

4. Perencanaan dan Pembuatan Benda Uji Langkah-langkah pembuatan benda uji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Menyiapkan semua bahan benda uji seperti aspal, agregat kasar, agregat halus dan bahan tambah plastic PE yang sudah tersusun dalam bungkus plastic sesuai dengan komposisi rencana.

b. Menyiapkan semua peralatan pembuatan benda uji yang dibutuhkan di laboratorium

c. Memanaskan aspal hingga suhu 1100 C lalu memasukan bahan tambah plastik PE dan mengaduk hingga suhu 2600 C agar tidak terdapat gumpalan pada campuran aspal dan bahan tambah

d. Memanaskan agregat hingga suhu 1000 C sambil diaduk-aduk

e. Setelah semua bahan mencapai suhu yang sudah ditetapkan, kemudian dilakukan pencampuran antara aspal dan agregat. Semua bahan diaduk-aduk sampai tercampur secara merata. Suhu maksimal campuran bahan ditetapkan sekitar 1600 C. 63

- f. Menyiapkan mould dan alat penumbuk beserta alas tumbukan lalu mould dipanaskan hingga suhu 1100 C
- g. Meletakkan mould pada alas tumbukan dan mengolesi bagian dalam mould dengan pelumas lalu memberi kertas pelapis dan diletakan di dasar mould
- h. Memasukan semua bahan yang sudah dicampur pada suhu maksimal pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk dengan spatula yang sudah dipanaskan sebelumnya. Penusukan menggunakan spatula ini dilakukan dengan prosedur menusuk bagian pinggir sebanyak 15 kali dan bagian tengah sebanyak 10 kali.
- i. Langkah selanjutnya dilakukan penumbukan benda uji dengan alat penumbuk sebanyak 2 x 75 kali.
- j. Setelah melakukan pengumbukan mould didiamkan supaya suhunya menurun lalu benda uji dikeluarkan dari mould menggunakan ejector
- k. Memberi kode pengenal pada benda uji agar tidak tertukar dengan benda uji lainnya.
- l. Benda uji didiamkan sampai agak mengeras, kemudian benda uji ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji kering
- m. Benda uji kemudian direndam selama ± 24 jam.
- n. Setelah benda uji direndam selama ± 24 jam, kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam lalu dibersihkan menggunakan kain 64 lap sampai benda uji dalam keadaan SSD atau dalam keadaan jenuh kering permukaan.
- o. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji SSD
- p. Benda uji di timbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air, kemudian dilakukan pengujian dengan alat Marshall terhadap masing-masing benda uji.
5. Pengujian dengan Alat Marshall Dalam pengujian dengan alat marshall dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:
- a. Benda uji diukur diameter dan tebal sebelum pengujian.

- b. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan diolesi pelumas agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- c. Meletakkan benda uji sesuai dengan posisi pada kepala penekan lalu memasang kepala penekan berisi benda uji pada alat pembebanan
- d. Kemudian menaikan kepala penekan hingga menentuh alas cincin penguji. Selanjutnya jarum arloji penekanan diatur
- e. Proses pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm per menit, kemudian dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai berputar menurun. Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan dari alat marshall

Benda uji lalu diukur diameter dan tebal setelah pengujian.

f. Alat Pengujian Benda Uji dengan Metode Marshall

- a. Marshall Test Machine 76-B0038/CB Marshall Test Machine merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji dengan kapasitas 2500 kg atau sekitar 5000 pon, dimana dalam cincin penguji tersebut 52 dilengkapi dengan arloji atau dial dengan ketelitian 0,0025 mm yang berfungsi untuk mengukur stabilitas benda uji. Kecepatan penekanan dari marshall test machine ini adalah sekitar 50 mm/menit.



Gambar 3. 18 Marshall Test Machine

A. Parameter Marshall

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring yang berkapasitas 22,5 KN atau 5000 lbs. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat arloji kelelahan (flow meter) untuk mengukur kelelahan plastis, karena prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

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.

Secara garis besar, pengujian Marshall ini meliputi :

1. Persiapan benda uji.
2. Penentuan berat jenis bulk dari benda uji.
3. Pemeriksaan nilai stabilitas dan flow.
4. Perhitungan sifat volumetric benda uji..

Campuran yang di gunakan pada pengujian Marshall harus memenuhi beberapa persyaratan dalam pengujiannya. Adapun persyaratan campuran untuk laston dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 4 Spesifikasi Campuran Laston (AC)

| Sifat-sifat Caampuran | Spesifikasi Laston (AC-WC) |
|-----------------------------|----------------------------|
| Jumlah tumbukan per bidang | 75 kali |
| Rongga dalam Campuran (VIM) | 3,5-5,5 % |
| Rongga dalam Agregat (VMA) | Min 15 % |
| Rongga terisi Aspal (VFA) | Min 65 % |
| Stabilitas | Min 800 kg |
| Pelelahan (Flow) | Min 3 mm |
| Marshall Quotient (MQ) | Min 250 kg/mm |

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3)

B. Perhitungan Dalam Marshall

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisisan data yaitu mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan The Asphalt Institute sebagai berikut :

1. Berat Jenis Aspal

Pemeriksaan berat jenis aspal di laboratorium (Specific Gravity Test) adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25°C atau 15,6°C). pengujian ini diperlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya.

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

A : massa piknometer dan penutup

B : massa piknometer dan penutup berisi air

C : massa piknometer, penutup dan benda uji

D : massa piknometer, penutup, benda uji dan air

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering dan berat jenis semu. Penyerapan terhadap air dan berat jenis efektifnya juga berbeda antara agregat kasar dan agregat halus.

a. Agregat Kasar

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots(3.2)$$

2) Berat jenis semu

$$S_d = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(3.3)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \dots \dots \dots (3.4)$$

4) Berat jenis efektif

$$\text{B.J.Efektif} = \frac{S_a + S_d}{2} \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan :

Sd : Berat Jenis Kering

Sa : Berat Jenis Semu

Sw : Penyerapan Air

A : berat benda uji kering oven

B : berat benda uji jenuh kering permukaan

C : berat benda uji dalam

b. Agregat Halus

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots \dots \dots (3.6)$$

2) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots \dots \dots (3.7)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \frac{SSD-Bk}{(Bk)} \times 100\% \dots \dots \dots (3.8)$$

4) Berat jenis efektif

$$\text{B.J.Efektif} = \frac{S_a + S_d}{2} \dots \dots \dots (3.9)$$

Keterangan :

Sd : Berat Jenis Kering

Sa : Berat Jenis Semu

Sw : Penyerapan Air

Bk : Berat pasir kering

B : Berat piknometer + air

Bt : Berat piknometer + pasir + air

SSD : Berat pasir kering permukaan

3. Rongga dalam Agregat (VMA)

Rongga antar 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 dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \%aspal) \times \text{berat volume b.u}}{B.J.Agregat} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

%Aspal : Kadar aspal terhadap campuran (%)

B.J. Agregat : Berat jenis efektif

4. Rongga dalam Campuran (VIM)

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

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{B.J.Maksimum teoritis} \dots\dots\dots(3.11)$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$BJ = \frac{100}{\frac{\%agr}{B.J.Agr} + \frac{\%aspal}{B.J.Aspal}} \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran seteah pemadatan (%)

B.J Teoritis : Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)

5. Rongga terisi Aspal (VFWA)

Rongga terisi aspal atau *Volume of voids Filled with Asphalt* (VFWA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut :

$$VFWA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(3.13)$$

Keterangan :

VFWA : Rongga udara terisi aspal (%)

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM : Rongga udara pada campuran seteah pematatan (%)

6. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen, dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji *Marshall* diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser.

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada arloji perlu dikonversi terhadap alat *Marshall*. Hasil pembacaan di arloji stabiilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi proving ring yang digunakan pada alat *Marshall*. Pada penelitian ini, alat *Marshall* yang digunakan mempunyai nilai kalibrasi proving ring sebesar 15,9. Selanjutnya, nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan benda uji.

Tabel 3. 5 Angka koreksi tebal benda uji

| Tebal (mm) | Angka Koreksi |
|------------|---------------|
| 65 | 0,935 |
| 66 | 0,90 |
| 67 | 0,885 |
| 68 | 0,865 |
| 69 | 0,855 |
| 70 | 0,845 |
| 71 | 0,835 |
| 72 | 0,825 |

Sumber: Asphalt Institute MS-2, 1988

7. Kelelehan (*Flow*)

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat *Marshall*. Untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

8. *Marshall* Quotient

Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

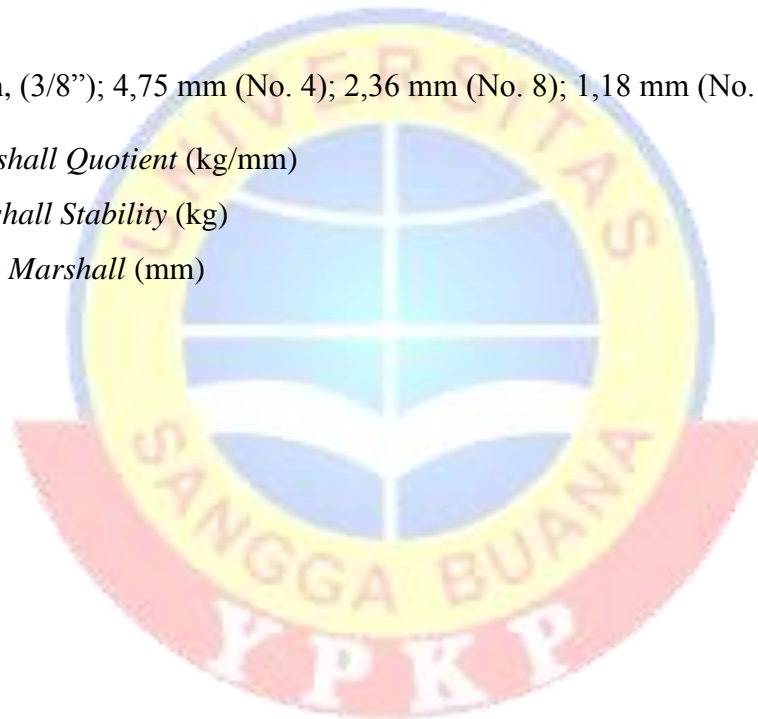
$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(3.14)$$

dengan, (3/8”); 4,75 mm (No. 4); 2,36 mm (No. 8); 1,18 mm (No. 16);

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm)

MS = *Marshall Stability* (kg)

MF = *Flow Marshall* (mm)



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

4.1.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat

Pada pembuatan aspal maka komponen utama pembentuknya adalah aspal dan agregat. Untuk menentukan suatu gradasi agregat pada lapisan Campuran AC – BC (Asphalt Concrete – Binder Course) maka agregat halus adalah campuran batu pecah dengan pasir, sedangkan untuk bahan pengisi adalah getah karet (*latex*) sebagai bahan penambah. Untuk memperoleh aspal yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 yang telah ditetapkan dengan acuan (SNI-ASTM-C136-2012). Dari percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisis saringan seperti yang tertera pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Kombinasi Gradasi

| Uraian | Ukuran Saringan | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1" | ¾" | 1/2 | 3/8 | #4 | #8 | #16 | #30 | #50 | #100 | #200 |
| mm | | 25.4 | 19 | 12,7 | 9.5 | 4.75 | 2.36 | 1.18 | 0.6 | 0.3 | 0.15 | 0.075 |
| Spesifikasi Gradasi | | | | | | | | | | | | |
| Kasar | | | | | | | | | | | | |
| Max | | | 100 | 100 | 90 | 69 | 53 | 40 | 30 | 22 | 15 | 9 |
| Min | | | 100 | 90 | 77 | 53 | 33 | 21 | 14 | 9 | 6 | 4 |
| Data Material | | | | | | | | | | | | |
| Hot Bin I | | | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 66.62 | 45.45 | 29.11 | 24.95 | 20.12 | 15.78 |
| Hot Bin II | | | 100.00 | 100.00 | 96.40 | 9.56 | 1.14 | 0.93 | 0.68 | 0.50 | 0.33 | 0.33 |
| Hot Bin III | | | 100.00 | 39.99 | 14.11 | 0.28 | 0.22 | 0.17 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.06 |
| Filler | | | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| Composisi Campuran | | | | | | | | | | | | |
| Hot Bin I | 50% | | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 50.00 | 33.31 | 22.73 | 14.56 | 12.48 | 10.06 | 7.89 |
| Hot Bin II | 40% | | 40.00 | 40.00 | 38.56 | 3.82 | 0.46 | 0.37 | 0.27 | 0.20 | 0.13 | 0.13 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------|------|--|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| HotBin III | 10% | | 10.00 | 4.00 | 1.41 | 0.03 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Filler | 0% | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| TotalCampuran | 100% | | 100.00 | 94.00 | 89.97 | 53.85 | 33.79 | 23.12 | 14.84 | 12.69 | 10.20 | 8.03 |

Data Hasil Penelitian

4.1.2 Hasil Pengujian Agregat Halus

Tabel 4. 2 Pengujian Analisa Saringan Agregat HALus

| Saringan | | Berat bahankerin 1123.4 gram | | JUMLAH PERSEN | | Rata -Rata |
|----------|--------|------------------------------|-----------------------|---------------|--------|------------|
| | | Berat Tertahan | Jumlah Berat Tertahan | Terhadap | Lewat | |
| mm | inch | | gram | % | % | |
| 36.1 | 1 1/2" | | | | | |
| 25.4 | 1" | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 19.1 | (3/4") | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 12.7 | (1/2") | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 9.52 | (3/8") | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 4.75 | No.4 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.00 |
| 2.36 | No.8 | 366.90 | 366.90 | 32.66 | 67.34 | 66.62 |
| 1.15 | No.16 | 244,50 | 611.40 | 54.42 | 45.58 | 45.45 |
| 0.60 | No.30 | 182.50 | 793.90 | 70.67 | 29.33 | 29.11 |
| 0.300 | No.50 | 44.80 | 838.70 | 74.66 | 25.34 | 24.45 |
| 0.150 | No.100 | 54.80 | 893.50 | 79.54 | 20.46 | 20.12 |
| 0.075 | No.200 | 52,20 | 945.70 | 84.18 | 15.82 | 15.78 |
| | Pan | 0 | | | | |

5 Berat agregat sebelum dilakukan penyaringan (W1) = 1123.4 gram

6 Berat agregat setelah dilakukan penyaringan (W2) = 945.70 gram

7 Contoh perhitungan tabel 1.1 :

1. Perhitungan jumlah berat bertahan (kolom 4)

- Saringan No. 8 = Jumlah berat bertahan saringan No.4 + Berat tertahan saringan No. 8

$$= (0.00 + 366.90) \text{ gram}$$

- = 366.90 gram
- Saringan No. 16 = Jumlah berat tertahan saringan No. 8 + Berat tertahan saringan No. 16
= (366.90 + 244,50) gram
= 611.40gram
- Saringan No. 30 = Jumlah berat tertahan saringan No. 16 + Berat tertahan saringan No. 30
= (611.40 + 182.50) gram
= 793.90 gram
- Saringan No. 50 = Jumlah berat tertahan saringan No. 30 + Berat tertahan saringan No. 50
= (793.90+ 44.80)
= 838.70 gram
- Saringan No. 100 = Jumlah berat tertahan saringan No. 50 + Berat tertahan saringan No. 100
= (838.70+ 54.80)
= 893.50 gram
- Saringan No. 200 = Jumlah berat tertahan saringan No. 100 + Berat tertahan saringan No. 200
= (893.50 + 52,20)
= 945.70 gram

2. Perhitungan jumlah % tertahan (kolom 5)

- Pada Saringan No.8 = $\frac{\text{Jumlah Berat Tertahan}}{\Sigma \text{Jumlah Berat Tertahan}} \times 100 \%$
= $\frac{366.90}{1123.4} \times 100 \%$
= 32.66 %
- Pada Saringan No. 16 = $\frac{\text{Jumlah Berat Tertahan}}{\Sigma \text{Jumlah Berat Tertahan}} \times 100 \%$
= $\frac{611.40}{1123.4} \times 100 \%$
= 54.42 %
- Pada Saringan No.30 = $\frac{\text{Jumlah Berat Tertahan}}{\Sigma \text{Jumlah Berat Tertahan}} \times 100 \%$
= $\frac{793.90}{1123.4} \times 100 \%$

$$\begin{aligned}
&= 70.67 \% \\
- \text{ Pada Saringan No.50} &= \frac{\text{Jumlah Berat Tertahan}}{\Sigma \text{Jumlah Berat Tertahan}} \times 100 \% \\
&= \frac{838.70}{5437.10} \times 100 \% \\
&= 74.66 \% \\
- \text{ Pada Saringan No. 100} &= \frac{\text{Jumlah Berat Tertahan}}{\Sigma \text{Jumlah Berat Tertahan}} \times 100 \% \\
&= \frac{893.50}{1123.4} \times 100 \% \\
&= 79.54 \% \\
- \text{ Pada Saringan No. 200} &= \frac{\text{Jumlah Berat Tertahan}}{\Sigma \text{Jumlah Berat Tertahan}} \times 100 \% \\
&= \frac{945.70}{1123.4} \times 100 \% \\
&= 84.18 \%
\end{aligned}$$

3. Perhitungan jumlah % lolos (kolom 6)

$$\begin{aligned}
- \text{ Pada saringan No. 8} &= 1123.4 \% : \text{Jumlah \% Tertahan pada Saringan No. 8} \\
&= 366.90 \% : 1123.4 \% \\
&= 32.66 \% \\
- \text{ Pada saringan No.16} &= 1123.4 \% : \text{Jumlah \% Tertahan pada Saringan No.16} \\
&= 611.40\% : 1123.4 \% \\
&= 54.42 \% \\
- \text{ Pada saringan No.30} &= 1123.4 \% : \text{Jumlah \% Tertahan pada Saringan No.30} \\
&= 793.90\% : 1123.4 \% \\
&= 70.67 \% \\
- \text{ Pada saringan No.50} &= 1123.4 \% : \text{Jumlah \% Tertahan pada}
\end{aligned}$$

Saringan No.50

$$= 838.70\% : 1123.4\%$$

$$= 74.66\%$$

- Pada saringan No.100 = 1123.4 % : Jumlah %

Tertahan pada Saringan No.100

$$= 893.50\% : 1123.4\%$$

$$= 79.54\%$$

- Pada saringan No. 200 = 1123.4 % : Jumlah % Tertahan pada

Saringan No. 200

$$= 945.70\% : 1123.4\%$$

$$= 84.18\%$$

4.2.2 Hasil Berat Jenis Agregat

Tabel 4. 3 Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji standar.

| Kadar Aspal (%) | Aspal (gram) | Agregat Campuran (gram) |
|-----------------|--------------|-------------------------|
| 5 | 57,86 | 1157,2 |
| 5,50 | 63,84 | 1160,9 |
| 6 | 70,08 | 1168,0 |
| 6,50 | 76,20 | 1172,4 |
| 7 | 82,43 | 1177,6 |

Tabel 4. 4 Hasil perhitungan berat agregat yang diperlukan untuk benda uji menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%, pada KAO.

| Kadar Aspal Optimum% | Aspal (gram) | Agregat Campuran (gram) | Getah Karet (gr) |
|----------------------|--------------|-------------------------|------------------|
| | | | |

| | | | |
|------|-------|--------|------|
| 5,95 | 69,59 | 1169,7 | 3 |
| | 69,59 | 1169,7 | 3,50 |
| | 69,59 | 1169,7 | 4 |
| | 69,59 | 1169,7 | 4,50 |
| | 69,59 | 1169,7 | 5 |

4.3 Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji

Nilai parameter *Marshall* diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap hasil – hasil percobaan di laboratorium. Berikut analisis yang digunakan untuk menghitung parameter pengujian *Marshall* pada campuran normal dengan kadar aspal 5 %.

- a) Aspal terhadap campuran = 5 %
- b) Berat dalam keadaan jenuh (gr) = 1176.0 %
- c) Berat dalam air (gr) = 642.3 %
- d) Isi (e-d) = 1157.2 %
- e) Berat isi (off) $P_b = 0,035$ (% CA) + $0,045$ (% FA) + $0,18$ (FF) + K = $0,5 - 1$ untuk laston 2.0 – 3,0 untuk laston

$$\text{Bj. Efec. Agg.} = \frac{(100 - P_b)}{\frac{\text{Gmm}}{100} - \frac{\text{Bj.Aspal}}{5P_b}} = 514.9 \%$$

$$\text{f) Gmm (teoritis)} = \frac{100 P_b}{\text{Bj.Efec Agg} - \frac{P_b}{\text{Bj.Aspal}}} = 2.284 \%$$

$$\text{g) \% Rongga diantara agregat } 100 - \frac{(100 - b) \times g}{\text{Bj. bulk agregat}} = 2.414 \%$$

$$\text{h) \% Rongga terhadap campuran } 100 - (100g/h) = 1569 \%$$

$$\text{i) \% Rongga terisi Aspal } 100 (I - j) / I = 5.38 \%$$

$$\text{j) Pembacaan arloji Stabilitas} = 65.71$$

$$\text{k) Stabilitas (1X Kalibrasi Proving Ring)} = 109.0 \text{ Kg}$$

$$\text{l) Stabilitas (1X koreksi benda uji)} = 2092.1 \text{ Kg}$$

$$\text{m) Kelelahan (mm)} = 2092.1 \%$$

$$\text{n) Hasil bagi marshall n / o (kg/mm)}$$

$$\text{Abs. Aspal Thd. Total Agg}$$

$$100 \times \frac{BJ.Eff.Agg. - BJ.Bulk Agg.}{BJ.Effec.Agg. \times BJ.Bulk Agg.} \times BJ \text{ Aspal} = 4.46 \%$$

o) Kadar Aspal Efektif

$$b - \frac{Absp.Aspal (100 - b)}{100} = 471.0 \%$$

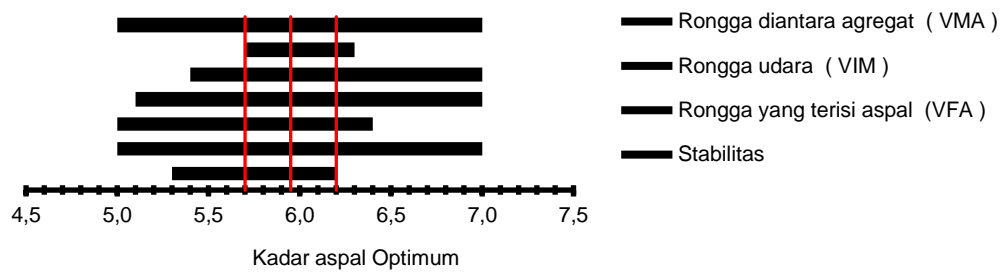
Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal serta penambahan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%,5% dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil pemeriksaan uji *Marshall* yang dilakukan di Laboratorium Universitas Sangga Buana YPKP Bandung mendapatkan nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas (Stability)*, Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*). Berikut analisis perhitungan untuk campuran aspal normal pada kadar aspal 5%, 5,50%, 6%, 6,50,7% serta rekapitulasi hasil uji *marshall* pada campuran aspal normal dan penambahan getah karet 3%, 3,50% 4%, 4,50%, 5% dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran Normal.

| Karakteristik | Kadar aspal% | | | | | Batas Spesifikasi Bina Marga 2018 |
|-------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|
| | 5% | 5,50% | 6% | 6,50% | 7% | |
| Bulk Density (gr/cc) | 2.284 | 2.311 | 2.295 | 2.265 | 2.212 | - |
| Stabilty (kg) | 471.0 | 472.5 | 857.0 | 981.9 | 443.5 | 800 |
| Air Voids (%) | 2.333 | 2.384 | 2.361 | 2.348 | 2.381 | 3-5 |
| Voids Filleds (%) | 15.69 | 15.13 | 16.17 | 17.72 | 20.08 | 65 |
| VMA (%) | 5.38 | 3.57 | 2.92 | 3.56 | 5.19 | 14 |
| Flow (mm) | 4.45 | 4.10 | 2.31 | 2.22 | 4.10 | 2-4 |

Hasil dari nilai kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,95% dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik KAO

Tabel 4. 6 Rekapitulasi hasil uji Marshall campuran dengan menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% pada keadaan KAO.

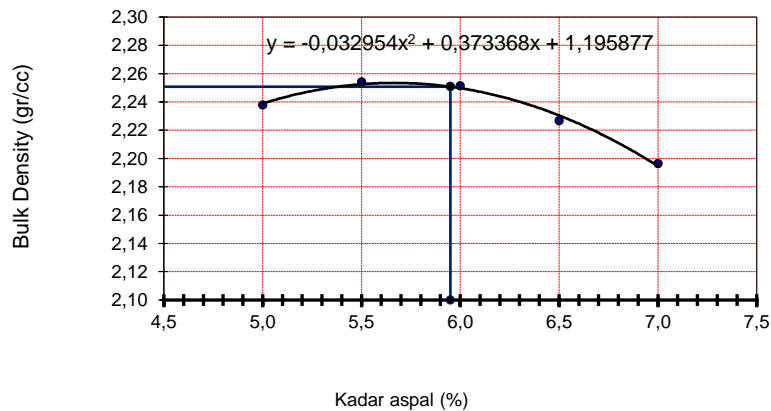
| Karakteristik | Kadar aspal% | | | | | Batas Spesifikasi Bina Marga 2018 |
|----------------------|--------------|-------|--------|-------|-------|-----------------------------------|
| | 3% | 3,50% | 4% | 4,50% | 5% | |
| Bulk Density (gr/cc) | 2,238 | 2,254 | 2,251 | 2,227 | 2,196 | - |
| Stabilty (kg) | 800,5 | 665,8 | 1224,1 | 955,3 | 462,7 | 800 |
| Air Voids (%) | 2,414 | 2,397 | 2,364 | 2,348 | 2,333 | 3-5 |
| Voids Filleds (%) | 17,40 | 17,23 | 17,77 | 19,10 | 20,63 | 65 |
| VMA (%) | 7,29 | 5,96 | 4,78 | 5,18 | 5,84 | 14 |
| Flow (mm) | 4.46 | 4.51 | 2.46 | 2.12 | 4.57 | 2-4 |

4.4 Pembahasan Dan Analisis

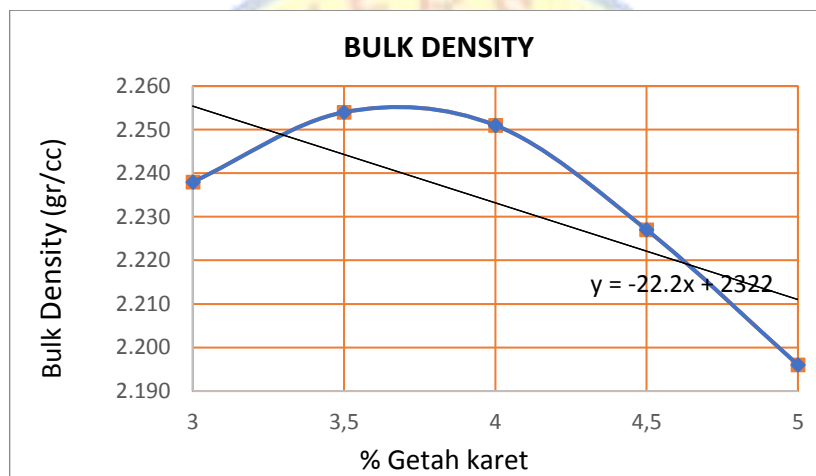
Dari hasil nilai pengujian sifat *Marshall* untuk nilai Berat Isi (*Bulk Density*), *stabilitas* (*Stability*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Persentase Rongga Terhadap Agregat (*VMA*), Kelelehan (*Flow*) untuk campuran aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%, dapat dilihat perbandingannya seperti pada gambar berikut.

a. *Bulk Density*

Hasil nilai *bulk density* pada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% dilihat pada Gambar 4.2 – 4.3.



Gambar 4. 2 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) campuran normal.

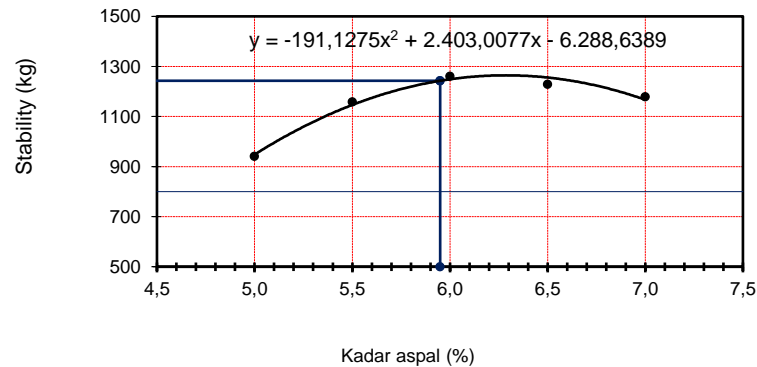


Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Bulk Density* (gr/cc) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%.

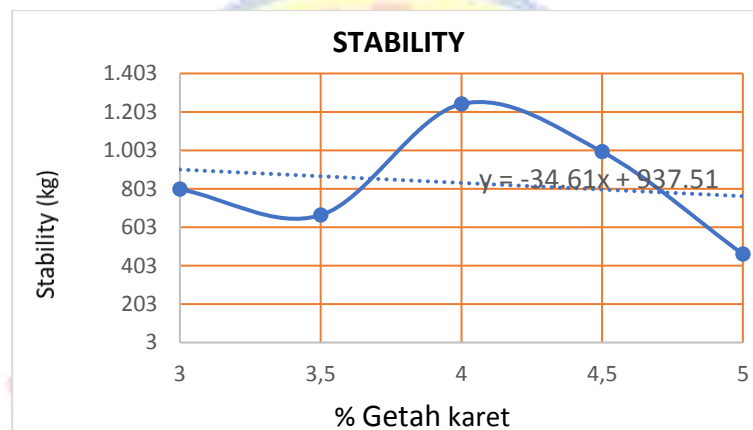
Dari gambar 4.2 dan 4.3 dapat kita lihat nilai *Bulk Density* dari campuran normal dan pengguna bahan tambah getah karet memenuhi batas nilai dari *Bulk Density* dapat dilihat pada tabel 4.2 untuk campuran normal dan 4.3 untuk pengguna bahan tambah.

b. *Stability*

Hasil nilai *stability* pada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 3%, 3,50, 4%, 4,50%, 5% dilihat pada Gambar 4.4 – 4.5.



Gambar 4. 4 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) campuran normal.

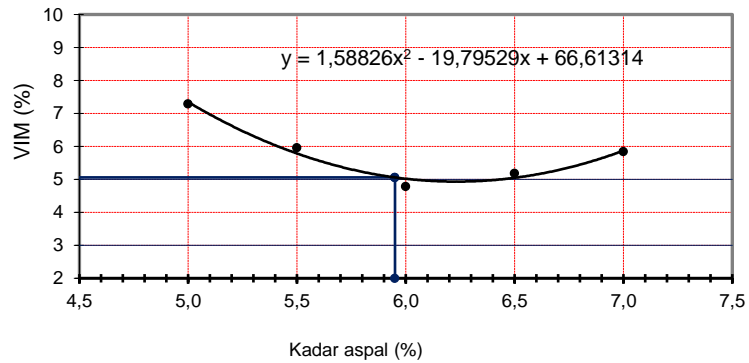


Gambar 4. 5 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Stability* (Kg) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%.

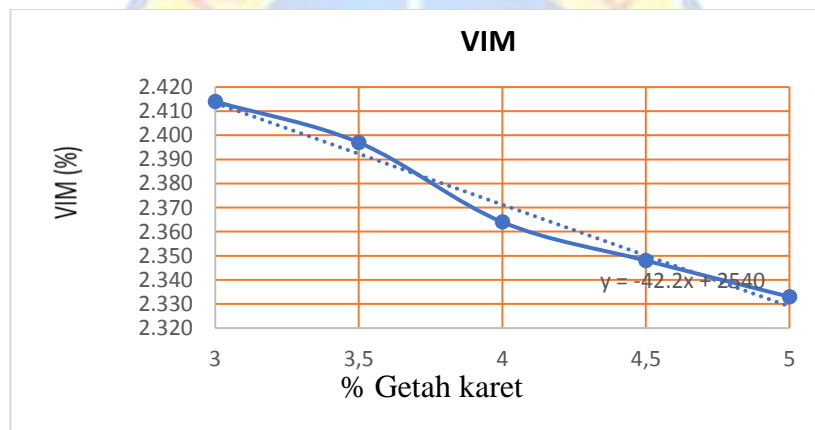
Dari gambar 4.4 dan 4.5 dapat kita lihat nilai *Stability* dari campuran normal seluruhnya memenuhi batas serta spesifikasi Bina Marga, sedangkan nilai *Stability* dengan penggunaan bahan tambah getah karet yang memenuhi spesifikasi bina marga dengan nilai batas > 800 kg hanya variasi persenan 3%, 3,50%, 4%, 4,50% dan 5%, maka dapat disimpulkan semakin banyak persenan getah karet maka stabilitas akan semakin menurun, nilai dari *Stability* dapat dilihat pada tabel 4.4 untuk campuran normal dan 4.5 untuk penggunaan bahan tambah.

c. Air Voids Voids in Mix Marshall (VIM)

Hasil nilai *air voids* (VIM) ada aspal normal serta penggunaan bahan tambah lateks 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% dilihat pada Gambar 4.6 – 4.7.



Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Air Voids (VIM) (%) Campuran normal.

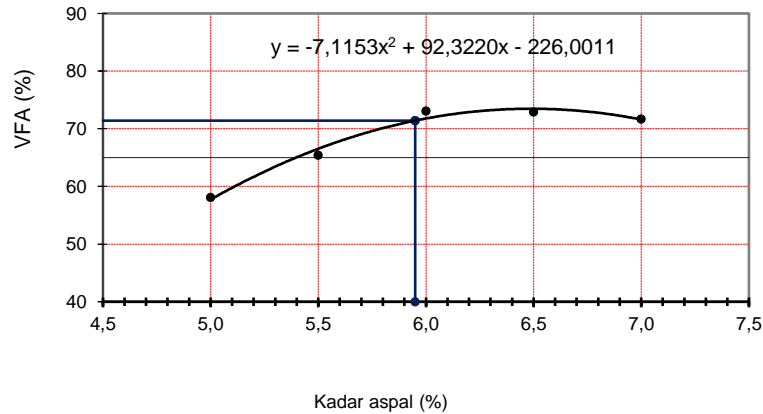


Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (VIM) (%) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%.

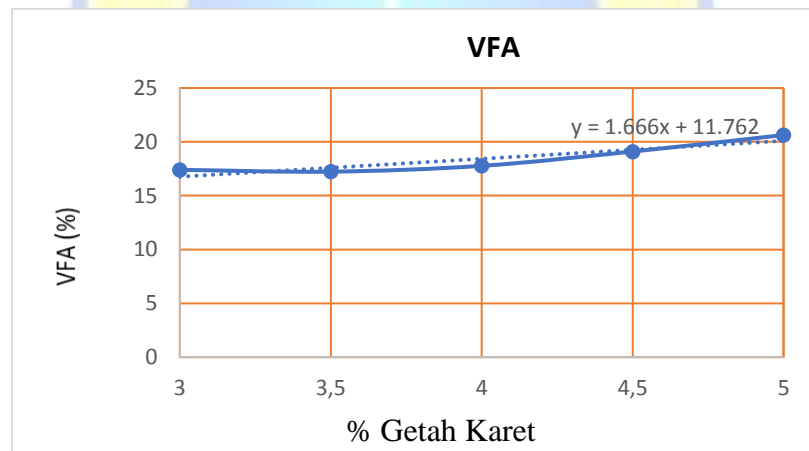
Dari gambar 4.6 dan 4.7 dapat kita lihat nilai *Air Voids* dari campuran normal yang memenuhi batas spesifikasi bina marga dengan nilai batas 3-5% hanya variasi persenan 4,78%, 5,96% 7,29% sedangkan nilai *Air Voids* dengan penggunaan bahan tambah getah karet yang memenuhi batas hanya variasi persenan 5%. Nilai dari *Air Voids* dapat dilihat pada tabel 4.6 untuk campuran normal dan 4.7 untuk penggunaan bahan tambah.

d. Voids Filled

Hasil nilai *Voids Filled* pada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% dilihat pada Gambar 4.8 – 4.9



Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Voids Filled (%) Campuran Normal.

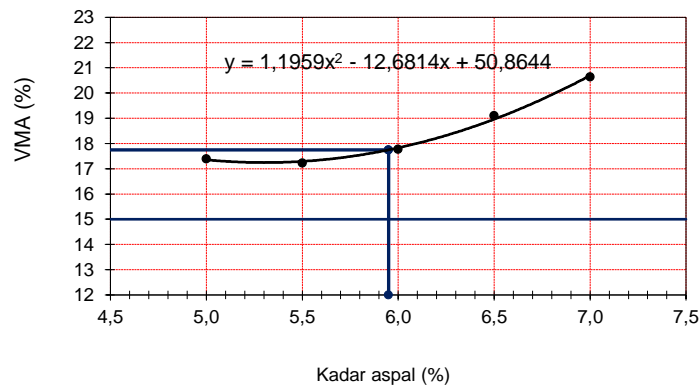


Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Voids Filled* (%) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%.

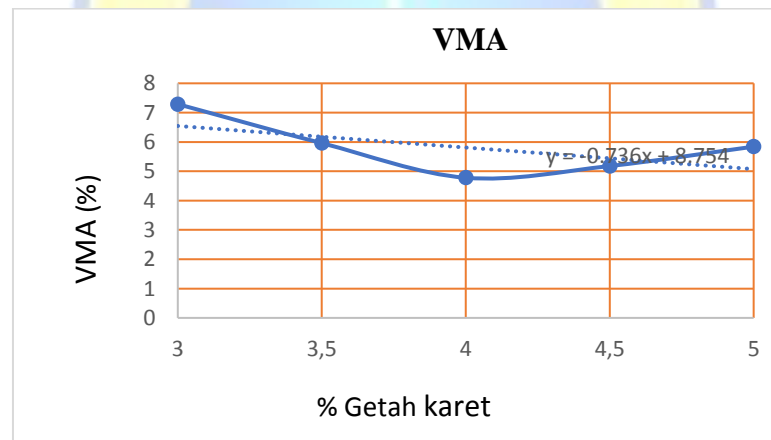
Dari gambar 4.8 dan 4.9 dapat kita lihat nilai *Void Filled* dari campuran normal yang memenuhi batas hanya variasi persenan 5%, sedangkan penggunaan bahan tambah getah karet seluruhnya memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018 dengan nilai batas yaitu sebesar $> 65.0\%$, semakin banyak persenan getah karet maka mengakibatkan menurunnya nilai dari *Void Filled* nilai dari *Void Filled* dapat dilihat pada table 4.8 untuk campuran normal dan 4.9 untuk penggunaan bahan tambah.

e. *Void In Mineral Agreggate (VMA)*

Hasil nilai VMA ada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% dilihat pada Gambar 4.10 – 4.11.



Gambar 4. 10 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) Campuran normal.

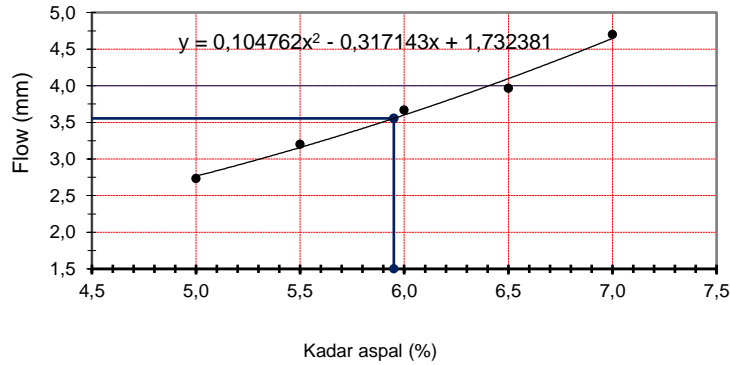


Gambar 4. 11 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3, 50%, 4%, 4,50%, 5%.

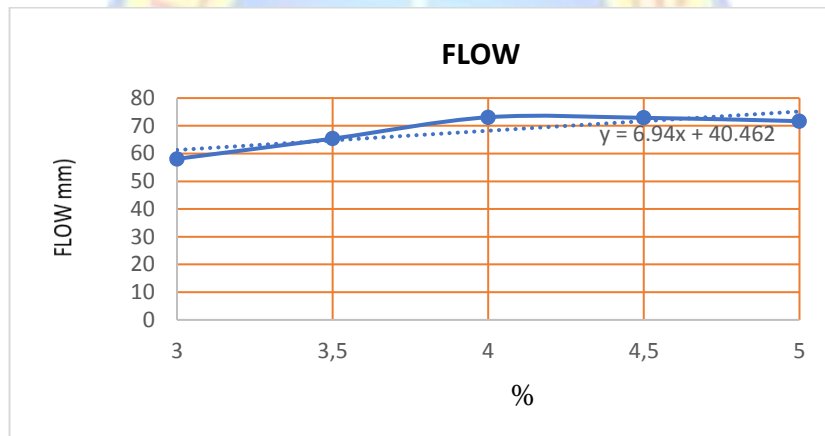
Dari gambar 4.10 dan 4.11 dapat kita lihat nilai VMA dari campuran normal memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018 dengan nilai batas > 15% dan penggunaan bahan tambah getah karet yang memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018 hanya variasi persenan 5% dengan nilai 15,9%, nilai dari VMA dapat dilihat pada tabel 4.10 untuk campuran normal dan 4.11 untuk penggunaan bahan tambah.

f. Flow

Hasil nilai *flow* pada aspal normal serta penggunaan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5% dilihat pada Gambar 4.12 – 4.13.



Gambar 4. 12 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan flow Campuran normal.



Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) menggunakan bahan tambah getah karet 3%, 3,50%, 4%, 4,50%, 5%.

Dari gambar 4.13 dan 4.14 dapat kita lihat nilai *Flow* dari campuran normal yang memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018 dengan nilai batas 2 - 4 mm hanya variasi persenan 3%, 3,50%, 4%, 4,50% dan 5%, sedangkan penggunaan bahan tambah getah karet tidak ada variasi yang memenuhi batas serta spesifikasi bina marga 2018, hal ini disebabkan semakin besar persenan dari getah karet yang ditambahkan pada campuran beraspal mengakibatkan semakin besar nilai dari kelelehan yang diperoleh, jika nilai kelelehan semakin tinggi mengakibatkan aspal

akan semakin lembek, nilai dari *Flow* dapat dilihat pada tabel 4.13 untuk campuran normal dan 4.14 untuk penggunaan bahan tambah.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pemeriksaan yang membahas terhadap pengujian campuran jenis AC - BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) yang menggunakan getah karet (*Latex*) dengan variasi 3%, 3,50%, 4%, 4,50% dan 5% sebagai bahan penambah, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian dilaboratorium, karakteristik sifat *Marshall* pada campuran AC - BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) yang menggunakan getah karet (*Latex*) sebagai bahan tambah dengan persen variasi 3%, 3,50%, 4%, 4,50% dan 5% dalam keadaan optimum di beberapa karakteristik berpengaruh baik seperti *Bulk Density*, dan *Void Filled*, sedangkan pada *Flow*, *Stability*, *Air Voids*, dan *VMA* memiliki pengaruh kurang baik.
2. Adapun nilai karakteristik *Marshall* menggunakan bahan tambah getah karet pada campuran AC - BC penetrasi 60/70 yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 yaitu.
 - a. Nilai *Bulk Density* pada campuran getah karet terbesar terdapat pada variasi *Latex* 3%, 3,50, 4%, 4,50% dan 5% dengan nilai 2.254 gr.
 - b. Nilai *Stability* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 hanya pada variasi persenan 3% dengan nilai 800,5 kg dan 5% dengan nilai 462,7 kg dengan nilai batas 800 kg.
 - c. Nilai *Air Voids* yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 hanya pada variasi *Latex* 3%, 3,50, 4%, 4,50% dan 5% yaitu sebesar 2,414 % dengan nilai batas 3-5%.
 - d. Nilai *Void Filled with Asphalt (VFA)* pada campuran getah karet 3% = 17,40%, 3,50% = 17,23, 4% = 17,77%, 4,50% = 19,10 dan 5% = 2063%, seluruhnya sudah memenuhi Spesifikasi Bina Marga, 2018 dengan ketentuan minimum 65%.
 - e. Nilai *Void In Mineral Agregat (VMA)* yang memenuhi spesifikasi hanya pada variasi *Latex* 5% yaitu sebesar 15,9% dengan nilai batas > 14%.

Nilai *Flow* pada setiap variasi persenan getah karet mengalami kenaikan dengan nilai 58,08 mm pada variasi *Latex* 5%, 71,68 mm di 4%, 73,09 mm pada variasi 5%, tetapi tidak ada yang memenuhi spesifikasi Bina Marga, 2018 dengan nilai batas 2 - 4 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa data dalam penelitian dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengujian Analisa Saringan dan Marshall diperlukan ketelitian agar tidak terjadi kesalahan.
2. Diperlukannya pemahaman tentang tahap perencanaan campuran aspal yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 serta Standart Nasional Indonesia agar memperkecil kesalahan dalam tahapan pembuatan campuran beraspal.
3. Perlu dikembangkan jenis - jenis penelitian campuran AC - BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan menggunakan bahan campur yang bias mendukung kekuatan pada AC – BC dengan memanfaatkan bahan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

Agustian, K., & Ridha, M. (2018). Karakteristik Marshall Campuran AC – BC Dengan Menggunakan 5% Getah Damar Sebagai Bahan Substitusi Aspal.

<https://doi.org/10.30601/unayaded.v4i1.193>

Amal, A. S. (2012). Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal AC – BC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt Treated Base (Atb).

Jurnal Media Teknik Sipil, 9 (1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v9i1.1111>

Apriyanti, M. (2017). *Getah Kemenyan Sebagai Bahan Aditif Pada Campuran Aspal Ac – Wc Ditinjau Dari Sifat Fisik Bahan Aspal Dan Nilai Stabilitas*. 9,15 – 26.

Desain, A.M. (n.d.). *Bab Iii Banuuuuu*. 30 – 56.

Hermadi, M., & Ronny, Y. (2015).

Pengaruh penambahan lateks alam terhadap sifat reologi aspal. 1 (2), 105 – 114.

Mashuri. (2010). Karakteristik aspal sebagai bahan pengikat yang ditambah kanstyrofoam. *SMARTek*, 8 (1), 1 – 12.

Nursandah, F. (2019). *LASTON AC - WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL*. 4 (2), 262–267.

Prastanto, H. (2014). DEPOLIMERISASI KARET ALAM SECARA MEKANIS

Mechanically Depolymerization of Natural Rubber for Asphalt Additive Material. *Jurnal Penelitian Karet*, 32 (1), 81–87. Retrieved from <http://ejournal.puslitkaret.co.id/index.php/jpk/article/view/154/103>

Prastanto, H., Cifriadi, A., & Ramadhan, A. (2015). Karakteristik Dan Hasil

Uji Marshall Aspal Termodifikasi Dengan Karet Alam Terdepolimerisasi Sebagai Aditif. *Jurnal Penelitian Karet*, 33 (1), 75. <https://doi.org/10.22302/jpk.v33i1.173>

Razuardi, R., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Penambahan Buton

Rock Asphalt (Bra) Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (Ac - Wc).

Jurnal Teknik Sipil, 1 (3), 715–724. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10031>

Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Institut Teknologi Nasional*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. 2018. Surat Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018

Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. 1990. SNI 03-1968-1990

Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (Beta Version). 2002. SNI 03-2847-2002







Gambar L. 3 Aspal penetrasi 60/70.



Gambar L. 4 Bahan tambah getah karet (Latex)



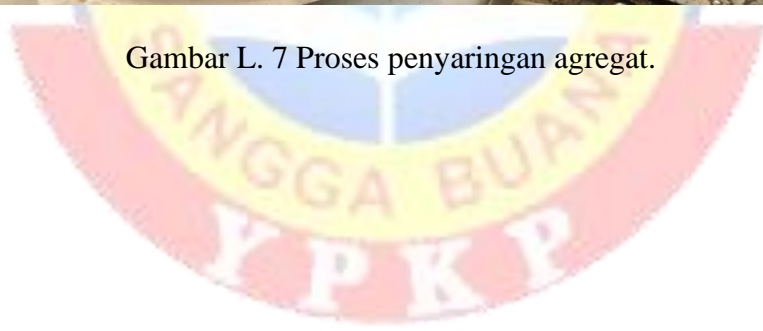
Gambar L. 5 Agregat halus



Gambar L. 6 Agregat halus pasir (Sand)

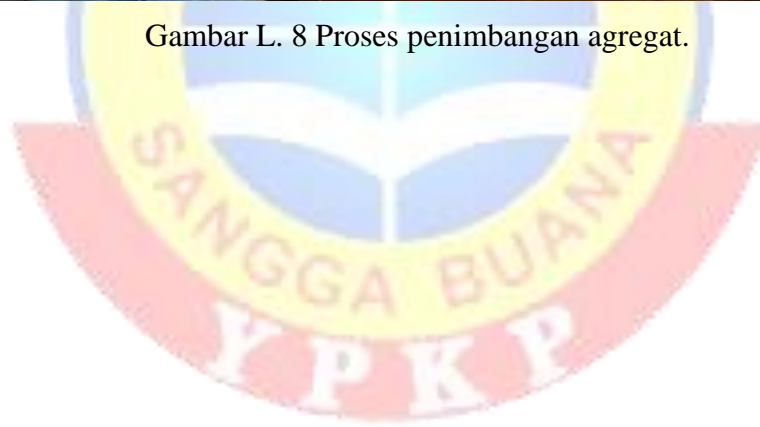


Gambar L. 7 Proses penyaringan agregat.





Gambar L. 8 Proses penimbangan agregat.





Gambar L. 9 Pembuatan benda uji.



Gambar L. 10 Pembuatan benda uji.



Gambar L. 11 Pencampuran bahan tambah getah karet pada campuran beraspal.



Gambar L. 12 Benda uji.