

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERABUT KELAPA PADA CAMPURAN AC – BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

*Diajukan Kepada Universitas Sangga Buana (USB) – YPKP Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

ARGA JUNANDA

2112181033



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SANGGA BUANA (USB) - YPKP

BANDUNG

2023

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERABUT KELAPA PADA CAMPURAN AC – BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Karya Tulis Berupa Tugas Akhir Ini Diperiksa dan Disetujui Sebagai Syarat
Menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sangga Buana YPKP Bandung

Disusun Oleh :

ARGA JUNANDA
2112181033

Disetujui Oleh :

Disetujui di Bandung Tanggal.....Bulan.....2023 Oleh:

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT

NIK. 432.200.167

Muhammad Syukri, ST., MT

NIK. 432.200.200

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhammad Syukri, ST., MT

NIK. 432.200.200

PERNYATAAN KEASLIAN

TUGAS AKHIR

Saya menyatakan bahwa tugas akhir yang berjudul ini **PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERABUT KELAPA PADA CAMPURAN AC – BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL** sepenuhnya karya saya sendiri. Tidak ada bagian didalamnya yang merupakan plagiat dari karya orang lain dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko / sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Februari 2023
Pembuat Pernyataan

Arga Junanda
2112181033

Halaman Hak Cipta
Mahasiswa S1

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERABUT KELAPA PADA
CAMPURAN AC – BC PENETRASI 60/70 TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL**

Oleh
Arga Junanda

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi
salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Fakultas Teknik

© Arga Junanda 2023

Universitas Sangga Buana - YPKP

2023

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, difoto kopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

HALAMAN PERSEMBAHAN

Hidup ini singkat, berubahlah ketika kamu memiliki kesempatan

Allhamdulillah saya ucapkan segala puji bagi ALLAH SWT karena berkat rahmat dan hidayah nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan juga saya ucapkan banyak terima kasih kepada orang tua saya yang telah merawat serta membesarkan saya dan memotivasi saya untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana S1 di Universitas Sangga Buana YPKP Bandung dan juga dukungan moril maupun materil yang kedua orang tua berikan tidak dapat tergantikan oleh apapun, terima kasih kepada saudara saudara ku yang sudah mendukung saya sampai sejauh ini, terima kasih kepada dosen dosen Universitas Sangga Buana YPKP Bandung serta dosen pembimbing Bapak Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST.,MT. Dan Bapak Muhammad Syukri, ST.,MT yang turut memberikan arahan serta bimbingan selama menyelesaikan skripsi ini, jangan lupa untuk teman teman ku Teknik Sipil 2018 yang sama sama berjuang dari awal masuk kuliah hingga berada di titik saat ini dan saya ucapkan terima kasih kepada Himpunan Mahasiswa Sipil USB YPKP yang menjadi tempat bertukar pikiran, tempat belajar dan tempat aspirasi yang lainnya, dan mohon maaf apabila masih ada yang belum saya sebut intinya terima kasih banyak yang telah mensupport saya selama ini itu tidak dapat diungkapkan dengan kata – kata.

Abstrak

Salah satu hasil alam yang berpotensi dapat digunakan sebagai bahan tambahan pada aspal adalah serabut yang berasal dari buah kelapa. Dalam penelitian ini, serat serabut kelapa dijadikan sebagai bahan tambahan pada Campuran AC-BC. Serat serabut kelapa dipotong dan dibersihkan terlebih dahulu sebelum dicampurkan. Pada bagian seratnya mudah patah dan sobek yang dapat menambah luas permukaan yang membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak dalam campuran, sehingga kadar aspal yang dipakai dapat efektif mengikat dan menyelimuti agregat serta memberikan lapisan film aspal yang cukup tebal. Tulisan ini mencoba meneliti limbah padat berupa serat serabut kelapa yang berasal dari sisa tempurung kelapa, berupa seratnya yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan penambah dalam campuran aspal karena jumlahnya yang sangat banyak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar nilai karakteristik Marshall pada campuran aspal dengan menggunakan serat serabut kelapa yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan serat serabut kelapa akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal. Dari data Marshall Test yang didapatkan diperoleh nilai Bulk Density kadar 7% (2,258 gr/cc), 8% (2,243 gg/cc), 9% (2,243 gr/cc). Nilai Stabilitas kadar 7% (1264,5 kg), 8% (983,5 kg), 9% (913,3 kg). Nilai Air Void kadar 7% (4,33%), 8% (4,96%), 9% (4,96%). Nilai Voids Filled Bitumen kadar 7% (77,07%), 8% (77,06%), 9% (77,04%). Nilai Void Mineral Aggregate kadar 7% (19,95%), 8% (21,33%), 9% (22,20%). Nilai Flow kadar 7% (2,20 mm) 8% (3,60 mm), 9% (4,10 mm).

Kata kunci: Serat Serabut Kelapa, AC-BC, Karakteristik Marshall

Abstract

One of the natural products that has the potential to be used as an additive to asphalt is fiber derived from coconut fruit. In this study, coconut fiber was used as an additive in the AC-BC mixture. Coconut fiber is cut and cleaned first before being mixed. On the other hand, the fibers are easily broken and torn which can increase the surface area which requires a larger amount of asphalt in the mixture, so that the asphalt content used can effectively bind and envelop the aggregate and provide a fairly thick layer of asphalt film. This paper tries to examine solid waste in the form of coconut fiber from the remaining coconut shells, in the form of fibers that can be used as additives in asphalt mixtures because there are so many of them. This study aims to find out how much the Marshall characteristic value is in the asphalt mixture using coconut fiber fiber in accordance with the 2018 Highways General Specifications. The results show that the use of coconut fiber fiber will affect the characteristics of the asphalt mixture. From the Marshall Test data obtained, the Bulk Density values obtained were 7% (2.258 gr/cc), 8% (2.243 gg/cc), 9% (2.243 gr/cc). Stability values 7% (1264.5 kg), 8% (983.5 kg), 9% (913.3 kg). Void Water values 7% (4.33%), 8% (4.96%), 9% (4.96%). Value of Void Filled Bitumen content of 7% (77.07%), 8% (77.06%), 9% (77.04%). The Void Mineral Aggregate value is 7% (19.95%), 8% (21.33%), 9% (22.20%). Flow value 7% (2.20 mm) 8% (3.60 mm), 9% (4.10 mm).

Keywords: Coconut Coir, AC-BC, Marshall Characteristics

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis sehingga mampu dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu jurusan teknik sipil Universitas Sangga Buana YPKP – Bandung. Tugas Akhir ini berjudul **PENGARUH PENAMBAHAN SERAT SERABUT KELAPA PADA CAMPURAN AC – BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL.**

Tugas Akhir ini tentunya tidak dapat terlepas dari segala hambatan dan rintangan. Namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak serta dukungan dan saran dari rekan-rekan, akhirnya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Didin Saepudin, SE., M.Si, selaku Rektor Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
2. Dr. Teguh Nurhani Suharno, MT, selaku Wakil Rektor I Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
3. Bambang Susanto, SE., M.Si, selaku Wakil Rektor II Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
4. Nurhaeni Sikki, S.AP., M.AP, selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
5. Slamet Risnanto, ST., MT., selaku Ketua Dekan Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
6. Muhammad Syukri, ST., MT., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
7. Doni Romdhoni Witarsa ST., MT., selaku Wali Dosen S1 Teknik Sipil 2018
8. Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing 1 yang memberikan nasehat serta arahan selama penulis menyusun Tugas Akhir ini.

9. Muhammad Syukri, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing 2 yang juga memberikan nasehat serta arahan selama penulis menyusun Tugas Akhir ini.
10. Kedua orang tua saya yang telah memberi dukungan serta doa sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Rekan rekan seangkatan yang senantiasa saling mendukung dalam penyusunan laporan ini.
12. Teman-teman sejawat Program Studi S1 Teknik Sipil 2018 yang senantiasa mendukung dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penyusun menyadari masih banyak kekurangan, Oleh sebab itu penyusun mengharapkan kritik dan saran agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik

Akhir kata penyusun berharap agar Tugas Akhir ini bermanfaat bagi para pembaca umumnya dan kami pribadi khususnya selaku penyusun. Atas segala perhatiannya, diucapkan terima kasih. Semoga Allah SWT berkenan memberikan balasan yang setimpal atas segala kebaikan dan jasa-jasanya dengan pahala yang berlipat. Amiin.

Hormat Saya,

Arga Junanda

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iii
HALAMAN HAK CIPTA	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumus Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup Penelitian.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Pembahasan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Aspal	5
2.2. Asphalt Treated Base (ATB).....	5

2.3.	Aspal Polimer	6
2.4.	Campuran Beraspal Panas.....	6
2.5.	Pembagian Laston	10
2.6.	Agregat.....	12
2.6.1.	Agregat Umum	16
2.6.2.	Agregat Kasar	17
2.6.3.	Agregat Halus	18
2.7.	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	20
2.7.1.	Serat Serabut Kelapa	22
2.8.	Gradasi Agregat Gabungan.....	26
2.9.	Klasifikasi Aspal	28
2.10.	Bahan Aspal Untuk Campuran Beraspal	29
2.11.	Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (SNI 03-1968-1990)	34
2.11.1.	Ruang Lingkup.....	34
2.11.2.	Pengertian	34
2.11.3.	Peralatan	34
2.11.4.	Benda Uji.....	35
2.11.5.	Cara Pengujian	35
2.12.	Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat <i>Marshall</i> (SNI 06- 2489-1991).....	36
2.12.1.	Ruang Lingkup.....	36

2.12.2. Pengertian	36
2.12.3. Cara uji	36
2.12.4. Perhitungan	37
2.12.5. Tabel dan Grafik Koreksi <i>Marshall</i>	38
BAB III METODE PENELITIAN	41
3.1. Metode Penelitian	41
3.1.1. Data Primer	43
3.1.2. Data Sekunder	43
3.2. Tempat Dan Waktu Penelitian	43
3.3. Bahan Dan Peralatan	44
3.3.1. Bahan	44
3.3.2. Peralatan	45
3.4. Persiapan Material	59
3.5. Pemeriksaan Agregat	59
3.6. Pembuatan Benda Uji	59
3.7. Pengujian dengan Alat Marshall	65
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	66
4.1. Hasil Penelitian	66
4.1.1. Pengujian Aspal pen 60/70.....	66
4.2.1. Pengujian Agregat.....	66
4.2. Pembahasan	70
4.2.1. Perancangan Gradasi Agregat Campuran	70

4.2.2. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	71
4.2.3. Pencampuran Bahan Uji Dengan KAO	81
4.2.4. Hasil Pengujian Marshall	82
BAB V KESIMPULAN.....	93
5.1. Kesimpulan.....	93
5.2. Saran	95
DAFTAR PUSTAKA.....	96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).....	18
Tabel 2.2. Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).....	20
Tabel 2.3. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).....	27
Tabel 2.4. Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang” (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	27
Tabel 2.5. Ketentuan Untuk Aspal Keras (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).....	30
Tabel 2.6. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	32
Tabel 2.7. Tabel Koreksi <i>Marshall</i> (Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat <i>Marshall</i> SNI 06-2489-1991)	38
Tabel 4.1. Hasil Pemeriksaan Aspal Pen 60/70.....	66
Tabel 4.2. Analisa Gradasi Split (19-22)	66
Tabel 4.3. Hasil Pengujian Split (19-22).....	67
Tabel 4.4. Analisa Gradasi Split (12-19)	67
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Split (12-19).....	68
Tabel 4.6. Analisa Gradasi Screening (6-12)	68
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Screening (19-22)	69
Tabel 4.8. Analisa Gradasi Abu Batu	69
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Abu Batu.....	69

Tabel 4.10. Hasil Gabungan Gradasi Agregat.....	70
Tabel 4.11. Hasil Pengujian <i>Bulk Density</i> Campuran Normal	72
Tabel 4.12. Hasil Pengujian <i>Stability</i> Campuran Normal	73
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Air Voids (VIM) Campuran Normal	74
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Air Voids (VIM) PRD Campuran Normal	74
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Voids Filled With Bitumen (VFB) Campuran Normal.....	75
Tabel 4.16. Hasil Pengujian Voids in Mineral Aggregate (VMA) Campuran Normal	76
Tabel 4.17. Hasil Pengujian Kelelahan (<i>flow</i>) Campuran Normal	77
Tabel 4.18. Hasil Pengujian <i>Marshall Qoutient</i> (MQ) Campuran Normal	78
Tabel 4.19. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Campuran Normal	79
Tabel 4.20. Hasil Perhitungan Berat Agregat Yang Diperlukan Untuk Benda Uji Penggunaan Serat Serabut Kelapa 7%, 8%, 9% pada KAO 5,2%	81
Tabel 4.21. Hasil Pengujian Kepadatan (<i>Bulk Density</i>) Variasi Serabut Kelapa...	83
Tabel 4.22. Hasil Pengujian Kepadatan Stabilitas (<i>Stability</i>) Variasi Serat Serabut Kelapa	85
Tabel 4.23. Hasil Pengujian Air Voids (VIM) Variasi Serat Serabut Kelapa	86
Tabel 4.24. Hasil Pengujian Voids Filled with Bitumen (VFB) Terhadap Serat Serabut Kelapa.....	88
Tabel 4.25. Hasil Pengujian Void in Mineral Aggregate (VMA) Variasi Serat Serabut Kelapa.....	89

Tabel 4.26. Hasil Pengujian Kelelehan (<i>Flow</i>) Variasi Serat Serabut Kelapa	91
Tabel 4.27. Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Variasi Serat Serabut Kelapa 7%, 8%, 9% pada KAO	92

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur	11
Gambar 2.2. Serabut Kelapa.....	25
Gambar 2.3. Serat Serabut Kelapa.....	26
Gambar 2.4: Grafik Angka Koreksi <i>Marshall</i>	40
Gambar 3.1. Bagan alur penelitian yang dilaksanakan.....	42
Gambar 3.2. Aspal Penetrasi 60/70	44
Gambar 3.3. Agregat Kasar.....	44
Gambar 3.4. Agregat Halus.....	45
Gambar 3.5. Serat Serabut Kelapa.....	45
Gambar 3.6. Neraca Ohaus	46
Gambar 3.7. Picnometer Labu.....	46
Gambar 3.8. Stopwatch.....	47
Gambar 3.9. Penetrometer.....	48
Gambar 3.10. Jarum Penetrasi.....	49
Gambar 3.11. Cawan Yang Sudah Terisi Aspal.....	49
Gambar 3.12. Termometer	50
Gambar 3.13. Baskom/Wadah.....	50
Gambar 3.14. Kain Lap.....	50
Gambar 3.15. Termometer	51
Gambar 3.16. Cincin Kuningan.....	51
Gambar 3.17. Bola Baja	52

Gambar 3.18. Gelas Ukur.....	52
Gambar 3.19. Dudukan Benda Uji	53
Gambar 3.20. Kompor Listrik	53
Gambar 3.21. Kain Kassa.....	54
Gambar 3.22. Penjepit.....	54
Gambar 3.23. Kain Lap	54
Gambar 3.24. Stopwatch	55
Gambar 3.25. Sendok.....	55
Gambar 3.26. Satu Set Saringan	56
Gambar 3.27. Mould	57
Gambar 3.28. Alat Penumbung Manual.....	57
Gambar 3.29. Bak Pengaduk	58
Gambar 3.30. Alat Pengeluar Benda Uji.....	58
Gambar 3.31. Alat Pengujian Marshall.....	59
Gambar 3.32. Memasukkan Bahan Benda Uji Ke Dalam Plastik	60
Gambar 3.33. Memanaskan Agregat	60
Gambar 3.34. Memanaskan Dan Mengaduk Semua Bahan Yang Telah Ditentukan	61
Gambar 3.35. Menyiapkan Mould.....	61
Gambar 3.36. Memasukkan Benda Uji ke Dalam Mould	62
Gambar 3.37. Proses Penumbukan Benda Uji	62
Gambar 3.38. Mengeluarkan Benda Uji Dari Mould	63

Gambar 3.39. Proses Merendam Benda Uji	63
Gambar 3.40. Pengeringan Benda Uji Menggunakan Lap	64
Gambar 3.41. Proses Penimbangan Berat Kering	64
Gambar 4.1. Grafik Hasil Gabungan Agregat	71
Gambar 4.2. Grafik Nilai <i>Bulk Density</i> Terhadap Kadar Aspal.	72
Gambar 4.3. Grafik Nilai <i>Stability</i> Terhadap Kadar Aspal	73
Gambar 4.4. Grafik Nilai Air Voids (VIM) Terhadap Kadar Aspal	75
Gambar 4.5. Grafik Nilai Voids Filled With Bittumen (VFB) Terhadap Kadar Aspal.....	76
Gambar 4.6. Grafik Nilai Vould in Mineral Aggregate (VMA) Terhadap Kadar Aspal.....	77
Gambar 4.7. Grafik Nilai Kelelahan (<i>Flow</i>) Terhadap Kadar Aspal.....	78
Gambar 4.8. Grafik Nilai Marshall Qouentient (MQ) Terhadap Kadar Aspal	79
Gambar 4.9. Grafik Penentuan KAO	80
Gambar 4.10. Proses Pencampuran Bahan Uji.....	81
Gambar 4.11. Proses Merendam Benda Uji Dalam Bak Perendam (<i>Water Bath</i>) Selama 30-40 Menit.....	82
Gambar 4.12. Proses Pengujian Benda Uji Menggunakan Alat Marshall	82
Gambar 4,13. Grafik Nilai <i>Bulk Density</i> Terhadap Variasi Serat Serabut Kelapa	84
Gambar 4,13. Grafik Nilai <i>Stabilitas (Stability)</i> Terhadap Variasi Serat Serabut Kelapa	85

Gambar 4.15. Grafik Nilai Air Voids (VIM) Terhadap Variasi Serat Serabut Kelapa	87
Gambar 4.16. Grafik Nilai Voids Filleds with Bitumen (VFB) Terhadap Variasi Serat Serabut Kelapa.....	88
Gambar 4.17. Grafik Nilai Void in Mineral Aggregate (VMA) Terhadap Variasi Serat Serabut Kelapa.....	90
Gambar 4.18. Grafik Nilai Kelelehan (<i>flow</i>) Variasi Serat Serabut Kelapa	91

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

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 leleh 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 leleh yang tinggi, lebih elastis, pelekatan baik dan lebih tahan lama, maka perlu penambahan bahan lain dan pada penelitian ini dicoba mencampur aspal dengan serat serabut kelapa.

Serat serabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm dan merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Komposisi sabut dalam buah kelapa sekitar 35% dari berat keseluruhan sebuah kelapa. Serabut kelapa terdiri dari serat (fiber) dan gabus (pitch) yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya.

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

1. Sifat baik dari aspal semula harus dipertahankan, termasuk pada saat penyimpanan, pengeringan dan masa pelayanan.
2. Mudah diproses meskipun dengan peralatan konvensional.
3. Secara fisik tetap baik pada saat penyimpanan, pengerjaan, maupun masa pelayanan.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh serat serabut kelapa terhadap karakteristik *Marshall* pada aspal penetrasi 60/70 ?
2. Berapa nilai karakteristik *Marshall* yang menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa 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. Penelitian ini meninjau karakteristik *Marshall* terhadap campuran dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70.
2. Penelitian ini meninjau pengaruh penambahan serat serabut kelapa terhadap campuran pada lapisan antara (AC-BC).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan pada penelitian ini untuk:

1. Mengetahui pengaruh penambahan serat serabut kelapa pada campuran AC-BC penetrasi 60/70 terhadap karakteristik *Marshall*.
2. Mengetahui nilai karakteristik *Marshall* yang menggunakan bahan serat serabut kelapa 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 serat serabut kelapa 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 serat serabut kelapa terhadap aspal penetrasi 60/70.

1.6 Sistematika Pembahasan

BAB I PENDAHULUAN

Menguraikan tentang pendahuluan yang meliputi latar belakang masalah, permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Menguraikan tentang kajian dari berbagai literatur serta hasil studi yang relevan dengan pembahasan ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Menguraikan tentang metode yang dipakai dalam penelitian ini, termasuk pengambilan data, langkah penelitian, analisis data, dan pengolahan data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Menguraikan tentang pembahasan mengenai data-data yang didapat dari pengujian, kemudian dianalisis, sehingga dapat diperoleh hasil perhitungan, dan kesimpulan hasil mendasar.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini. Selain itu bab ini berisi tentang saran-saran yang dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal adalah material yang berwarna hitam atau coklat tua dan berfungsi sebagai bahan pengikat, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, sebagian besar terbentuk dari unsur hidrokarbon yang disebut bitumen, sehingga seringkali aspal disebut pula bituminous material. (Amal, 2012)

Bitumen adalah zat perekat material (viscous cementitious material), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau pitch. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi, tar adalah hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, kayu, atau material organik lainnya, sedangkan pitch diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar.

Tar dan pitch tidak diperoleh di alam, namun merupakan produk kimiawi. Dari ketiga jenis bitumen tersebut di atas, hanya aspal yang umum digunakan untuk sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan, sehingga seringkali bitumen disebut sebagai aspal. Aspal bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 - 10% berdasarkan berat campuran, atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran. (Sukirman, 2016)

2.2 *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)

2.3 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 dan styrene butadiene styrene (SBS) (SNI 6749:2008). Penggunaan polimer sintesis 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 karet alam 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, pelelehan, 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 dari pada aspal tanpa penambahan aditif (kontrol). (Prastanto et al., 2015)

2.4 Campuran Beraspal Panas

Campuran beraspal panas mencakup pengadaan lapisan padat yang awet berupa lapis perata, lapis pondasi, lapis antara atau lapis aus campuran beraspal panas yang terdiri dari agregat, bahan aspal, bahan anti pengelupasan dan serat selulosa, yang dicampur secara panas di pusat instalasi pencampuran, serta menghampar dan memadatkan campuran tersebut diatas pondasi atau permukaan

jalan yang telah disiapkan sesuai dengan Spesifikasi ini dan memenuhi garis. Campuran beraspal adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berperan sebagai pengikat atau lem antar partikel agregat, dan agregat berperan sebagai tulangan. Sifat-sifat mekanis aspal dalam campuran beraspal diperoleh dari friksi dan kohesi dari bahan-bahan pembentuknya. Friksi agregat diperoleh dari ikatan antar butir agregat (interlocking), dan kekuatannya tergantung pada gradasi, tekstur permukaan, bentuk butiran dan ukuran agregat maksimum yang digunakan. Sedangkan sifat kohesinya diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat agregat dan aspal serta sifatsifat campuran padat yang sudah terbentuk dari kedua bahan tersebut. Perkerasan beraspal dengan kinerja yang sesuai dengan persyaratan tidak akan dapat diperoleh jika bahan yang digunakan tidak memenuhi syarat, meskipun peralatan dan metoda kerja yang digunakan telah sesuai.

Jenis campuran beraspal dibedakan berdasarkan ketebalan pada setiap lapisan, antara lain:

1. Split Mastic Asphalt (SMA)

Split Mastic Asphalt disebut SMA, terdiri dari tiga jenis yaitu SMA Tipis, SMA Halus, SMA Kasar, dengan ukuran partikel maksimum agregat masing-masing campuran adalah 12,5 mm, 19 mm, 25 mm. Setiap campuran SMA yang menggunakan bahan aspal polymer disebut masing-masing sebagai SMA Tipis Modifikasi, SMA Halus Modifikasi, SMA Kasar Modifikasi.

2. Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet, HRS)

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston) yang disebut juga HRS, terdiri dari dua jenis campuran yaitu HRS Fondasi, (HRS-Base) dan HRS Lapis Aus (HRSWearing Course, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing 7 campuran adalah 19 mm. HRS-Base mempunyai proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

3. Lapis Aspal Beton (Asphalt Concrete, AC)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang disebut juga AC, terdiri dari tiga jenis yaitu AC Lapis Aus (AC-Wearing Course), AC Lapis Antara (AC-Binder Course) dan

AC Lapis Fondasi (AC-Base), dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm, setiap jenis campuran AC yang menggunakan Aspal Polymer disebut masing-masing sebagai AC-WC Modifikasi, AC-BC Modifikasi, dan AC-Base Modifikasi.

Pada umumnya Hotmix digunakan sebagai konstruksi perkerasan lentur, yang mana mempunyai syarat-syarat yang harus dipenuhi dipandang dari segi kekuatan dan segi kenyamanan, (The Asphalt Institute, 1985), kondisi yang harus dipenuhi sebagai berikut:

a. Stabilitas

Kekuatan dari campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tetap dan berulang tanpa mengalami keruntuhan (plastic flow). Untuk mendapat stabilitas yang tinggi diperlukan agregat bergradasi baik, rapat, dan mempunyai rongga antar butiran agregat (VMA) yang kecil. Tetapi akibat VMA yang kecil, pemakaian aspal yang banyak akan menyebabkan terjadinya bleeding karena aspal tidak dapat menyelimuti agregat dengan baik. Agar dapat mendukung fungsi tersebut diatas adalah sebagai berikut:

- Agregat harus bergradasi rapat / keras / permukaan kasar (batu pecah).
- Kadar aspal sedang.
- Aspal yang digunakan aspal keras dengan penetrasi kecil.

b. Durabilitas atau ketahanan

Ketahanan campuran aspal terhadap pengaruh cuaca, air, perubahan suhu, maupun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Untuk mencapai ketahanan yang tinggi diperlukan rongga dalam campuran (VIM) yang kecil, sebab dengan demikian udara tidak (atau sedikit) masuk kedalam campuran yang dapat menyebabkan menjadi rapuh. Selain itu diperlukan juga VMA yang besar, sehingga aspal dapat menyelimuti agregat lebih baik.

c. Fleksibilitas atau kelenturan

Kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa mengalami retak (fatigue cracking). Fungsinya yaitu untuk mencegah air masuk karena jika jalan semakin kaku, kemungkinan timbulnya retak semakin tinggi, menahan/melawan tegangan/regangan tarik. Jalan

yang terlalu flexible berakibat perubahan bentuk (rutting alur) sangat tinggi. Untuk mencapai 25 kelenturan yang tinggi diperlukan VMA yang besar, VIM yang kecil, dan pemakaian aspal dengan penetrasi tinggi.

d. Kekesatan (skid resistance)

Kemampuan perkerasan aspal memberikan permukaan yang cukup kesat sehingga kendaraan yang melaluinya tidak mengalami slip, baik di waktu jalan basah maupun kering. Untuk mencapai kekesatan yang tinggi perlu pemakaian kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi bleeding, dan penggunaan agregat kasar yang cukup.

e. Ketahanan leleh (fatigue resistance)

Kemampuan aspal beton untuk mengalami beban berulang tanpa terjadi kelelahan berupa retak atau kerusakan alur (rutting).

f. Impermeable / kedap air

Sifat impermeable pada campuran aspal berfungsi untuk mencegah masuknya air/udara karena jika air masuk maka akan mempercepat proses oksidasi sehingga proses pelapukan akan berlangsung cepat. Agar dapat mendukung fungsi tersebut diatas maka dibutuhkan sebagai berikut:

- Gradasi agregat rapat.
- Kadar aspal besar.
- Rongga udara (air void) kecil.

g. Workabilitas

Kemudahan campuran aspal untuk diolah. Faktor yang mempengaruhi workabilitas antara lain gradasi agregat, dimana agregat yang bergradasi baik lebih mudah dikerjakan, dan kandungan filler, dimana filler yang banyak akan mempersulit pelaksanaan. Campuran aspal panas dibedakan menjadi 2 (dua) macam, yaitu: Campuran aspal panas dengan agregat bergradasi senjang (Gap Graded Aggregate Mix) dan agregat bergradasi menerus (Continuous Graded Aggregate Mix).

Gap Graded Aggregate Mix (Campuran dengan Agregat Gradasi Senjang) terdiri dari campuran pasir halus, bahan pengisi (filler), aspal ditambah dengan proporsi agregat kasar yang bervariasi. Stabilitas diperoleh dari tingkat kekuatan

saling mengikat antara butiran pasir yang diikat oleh aspal.

Continuous Graded Aggregate Mix (Campuran dengan Agregat Gradasi Menerus). Susunan butiran agregat dari ukuran yang terbesar sampai terhalus agar 26 rongga udara terkontrol dengan baik. Jumlah aspal yang ditambahkan tergantung dari rongga udara yang dikehendaki sesuai dengan kondisi lalu lintas dan iklim yang ada.

Pengujian untuk campuran aspal panas (Hot mix) dengan Asphalt Marshall, bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal. Ketahanan stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis (dalam Kg), yaitu keadaan dimana terjadi perubahan bentuk campuran aspal akibat beban sampai batas runtuh (dalam mm).

2.5 Pembagian Laston

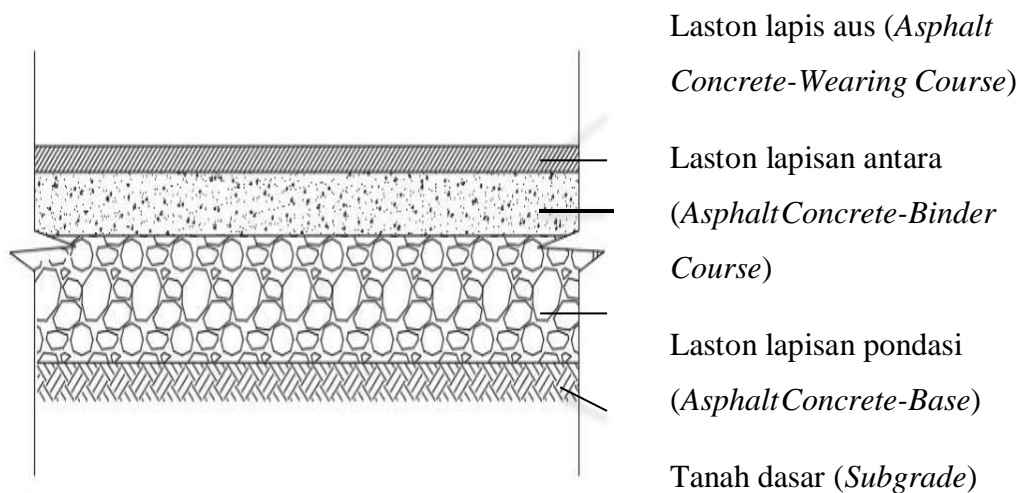
Menurut spesifikasi Bina Marga Devisi 6 (2018) laston dibagi menjadi: Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), diameter butir maksimal 19,0 mm, bertekstur halus. Laston sebagai lapisan antara/pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), diameter butir maksimal 25,4 mm, bertekstur sedang.

Lapisan aspal Beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Material agregatnya terdiri dari campuran agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang bergradasi baik yang dicampur dengan penetration grade aspal. Kekuatan yang didapat terutama berasal dari sifat mengunci (interlocking) agregat dan juga sedikit dari mortar pasir, *filler*, dan aspal.

Pembuatan Laston dimaksudkan untuk memberikan daya dukung dan memiliki sifat tahan terhadap keausan akibat lalu lintas, kedap air, mempunyai nilai struktural, mempunyai nilai stabilitas yang tinggi dan peka terhadap penyimpangan perencanaan dan pelaksanaan.

Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Sebagai lapis permukaan (lapis aus) yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis di bawahnya dari rembesan air dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*.
 - Sebagai lapis pengikat dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*.
 - Sebagai lapis pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan jalan, dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Base (AC-Base)*.
1. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*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)

2.6 Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah, dan kerak tungku pijar, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik.

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM (1974) mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan dan ketahanan agregat, bentuk butir, tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya pelekatan dengan aspal (Sukirman, 2003).

Agregat atau batu, atau granular material adalah material berbutir yang keras dan kompak. Istilah agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting dalam prasarana transportasi, khususnya dalam hal ini pada perkerasan jalan. Daya dukung perkerasan jalan ditentukan sebagian besar oleh karakteristik agregat yang digunakan. Pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan akan sangat menentukan dalam keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan.

Sebagai bahan lapis perkerasan, agregat berperan dalam mendukung dan menyebarkan beban roda kendaraan berlapis tanah. Secara umum agregat diklasifikasikan antara lain:

1. Ditinjau dari asal bahan.
2. Berdasarkan proses pengolahan.
3. Berdasarkan besar partikel-partikel agregat.

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan dalam memikul beban lalu lintas. Semua lapis perkerasan jalan lentur memerlukan agregat yang terdistribusi dari besar sampai kecil. Penggunaan partikel agregat dengan ukuran besar lebih menguntungkan apabila:

1. Usaha pemecahan partikel lebih sedikit.
2. Luas permukaan yang diselimuti aspal lebih sedikit sehingga kebutuhan akan aspal berkurang.

Disamping keuntungan diatas pemakaian agregat dengan ukuran besar mempunyai kekurangan antara lain:

1. Kemudahan pelaksanaan pekerjaan berkurang
2. Segregasi bertambah besar
3. Kemungkinan terjadi gelombang melintang.

Sifat agregat yang menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dikelompokkan menjadi sebagai berikut ini:

1. Kekuatan dan keawetan (*strenght and durability*) lapisan perkerasan, yang dipengaruhi sebagai berikut ini:
 - a. Gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas lapis keras. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dengan analisa saringan dengan menggunakan satu set saringan.
 - b. Ukuran maksimum yaitu semakin besar ukuran maksimum partikel agregat yang dipakai semakin banyak variasi.

- c. Ukuran agregat dari kecil sampai besar yang dibutuhkan. Batasan ukuran agregat maksimum yang dipakai dibatasi oleh tebal lapisan yang direncanakan.
 - d. Kadar lempung yaitu lempung mempengaruhi mutu campuran agregat dengan aspal karena membungkus partikel-partikel agregat sehingga ikatan antara agregat dan aspal berkurang, adanya lempung yang mengakibatkan luas daerah yang harus diselimuti aspal bertambah dan lempung cenderung menyerap air yang berakibat hancurnya lapisan aspal. Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan lapis keras yang dibentuk oleh agregat tersebut.
 - e. Kekerasan dan ketahanan yaitu ketahanan agregat untuk tidak hancur atau pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia.
2. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh:
 - a. Kemungkinan basah
 - b. Porositas
 - c. Jenis agregat
 3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, dipengaruhi oleh:
 - a. Tahanan geser (*skid resistance*)
 - b. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminuous mix workability*)

Berdasarkan proses pengolahannya agregat yang dipergunakan pada perkerasan dapat dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu agregat alam (*natural aggregate*), agregat dengan proses pengolahan (*manufacture aggregate*) dan agregat buatan yang diperoleh dari hasil samping pabrik semen dan mesin pemecah batu:

1. Agregat alam (*natural aggregates*)

Agregat alam adalah agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali. Agregat ini terbentuk dari proses erosi alamiah atau proses pemisahan akibat angin, air, pergeseran es, dan

reaksi kimia. Aliran gletser dapat menghasilkan agregat dalam bentuk bongkahan bulat dan batu kerikil, sedangkan aliran air menghasilkan batuan yang bulat licin.

Dua jenis utama dari agregat alam yang digunakan untuk konstruksi jalan adalah pasir dan kerikil. Kerikil biasanya didefinisikan sebagai agregat yang berukuran lebih besar 6,35 mm. Pasir didefinisikan sebagai partikel yang lebih kecil dari 6,35 mm tetapi lebih besar dari 0,075 mm. Sedangkan partikel yang lebih kecil dari 0,075 mm disebut sebagai mineral pengisi (*filler*). Pasir dan kerikil selanjutnya diklasifikasikan menurut sumbernya. Material yang diambil dari tambang terbuka (*open pit*) dan digunakan tanpa proses lebih lanjut disebut material dari tambang terbuka (*pit run materials*) dan bila diambil dari sungai (*stream bank*) disebut material sungai (*stream bank materials*). Deposit batu koral memiliki komposisi yang bervariasi tetapi biasanya mengandung pasir dan lempung. Pasir pantai terdiri atas partikel yang agak seragam, sementara pasir sungai sering mengandung koral, lempung dan lanau dalam jumlah yang lebih banyak.

2. Agregat yang di proses (*manufacture aggregate*)

Agregat yang diproses adalah batuan yang telah dipecah dan disaring sebelum digunakan. Pemecahan agregat dilakukan karena tiga alasan : untuk merubah tekstur permukaan partikel dari licin ke kasar, untuk merubah bentuk partikel dari bulat ke angular, dan untuk mengurangi serta meningkatkan distribusi dan rentang ukuran partikel. Untuk batuan krakal yang besar, tujuan pemecahan batuan krakal ini adalah untuk mendapatkan ukuran batu yang dapat dipakai, selain itu juga untuk merubah bentuk dan teksturnya.

Penyaringan yang dilakukan pada agregat yang telah dipecahkan akan menghasilkan partikel agregat dengan rentang gradasi tertentu. Mempertahankan gradasi agregat yang dihasilkan adalah suatu faktor yang penting untuk menjamin homogenitas dan kualitas campuran beraspal yang dihasilkan. Untuk alasan ekonomi, pemakaian agregat pecah yang diambil langsung dari pemecah batu (tanpa penyaringan atau dengan sedikit penyaringan) dapat dibenarkan. Kontrol yang baik dari operasional pemecahan menentukan apakah gradasi agregat yang dihasilkan memenuhi spesifikasi pekerjaan atau tidak. Batu pecah (baik yang

disaring atau tidak) disebut agregat pecah dan memberikan kualitas yang baik bila digunakan untuk konstruksi perkerasan jalan.

3. Agregat buatan

Agregat ini didapatkan dari proses kimia atau fisika dari beberapa material sehingga menghasilkan suatu material baru yang sifatnya menyerupai agregat. Beberapa jenis dari agregat ini merupakan hasil sampingan dari proses industri dan dari proses material yang sengaja diproses agar dapat digunakan sebagai agregat atau sebagai mineral pengisi *filler*.

Slag adalah contoh agregat yang didapat sebagai hasil sampingan produksi. Batuan ini adalah substansi nonmetalik yang timbul ke permukaan dari pencairan atau peleburan biji besi selama proses peleburan. Pada saat menarik besi dari cetakan, slag ini akan pecah menjadi partikel yang lebih kecil baik melalui perendaman ataupun memecahkannya setelah dingin. Pembuatan agregat buatan secara langsung adalah suatu yang relatif baru. Agregat ini dibuat dengan membakar tanah liat dan material lainnya. Produk akhir yang dihasilkan biasanya agak ringan dan tidak memiliki daya tahan terhadap keausan yang tinggi. Agregat buatan dapat digunakan untuk dek jembatan atau untuk perkerasan jalan dengan mutu sebaik lapisan permukaan yang mensyaratkan ketahanan gesek maksimum.

2.6.1 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.

2.6.2 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	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.

2.6.3 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. Agregat halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu. Agar dapat memenuhi ketentuan mutu, batu pecah halus harus diproduksi dari batu yang bersih. Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau penyaringan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm).

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.

- c) 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 Pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min 45 %
Gumpalan Lempung dan Butir- butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1 %
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117 2012	Maks 10 %

2.7 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran aspal. Didefinisikan sebagai fraksi debu mineral lolos saringan no. 200 (0.074) dan yang ditambahkan dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*) atau debu kapur padam, debu kapur magnesium, dolomite, semen dan abu terbang tipe C dan F yang sesuai dengan AASHTO M303-89 (2014). Debu batu (*stone dust*) dan bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan, bila diuji dengan penyaringan harus mengandung bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% dari yang lolos saringan No.30 (0,600 mm) dan mempunyai sifat non plastis. Bahan pengisi yang ditambahkan semen dan bahan pengisi lainnya harus rentang 1% sampai dengan 3% terhadap berat total agregat, khusus untuk SMA tidak dibatasi kadarnya.

Penggunaan bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal akan mempengaruhi karakteristik campuran aspal dan dapat menyebabkan dampak, sebagai berikut :

1. Dampak penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran aspal akan mempengaruhi campuran, penggelaran dan pepadatan. Di samping itu jenis *filler* akan mempengaruhi terhadap sifat elastik campuran dan sensitivitasnya terhadap air.
2. Dampak penggunaan *filler* terhadap karakteristik campuran aspal dalam hal ini masih digolongkan lagi menjadi :
 - a. Dampak penggunaan *filler* terhadap viskositas campuran yang menyebabkan semakin besarnya permukaan *filler* akan menaikkan viskositas campuran.
 - b. Dampak suhu dan pemanasan setiap *filler* memberikan pengaruh yang saling berbeda pada berbagai temperatur.

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 Pen 60-70.
- b) Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan- gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136:2012 harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya.
- c) Bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*), untuk semen harus dalam rentang 1% sampai dengan 2% terhadap berat total agregat dan untuk bahan pengisi lainnya harus dalam rentang 1% samapi dengan 3% terhadap berat total agregat. Khusus untuk SMA tidak dibatasi

kadarnya tetap tidak boleh menggunakan semen.

2.7.1 Serat Serabut Kelapa

Sabut kelapa merupakan bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm dan merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Komposisi sabut dalam buah kelapa sekitar 35% dari berat keseluruhan sebuah kelapa. Sabut kelapa terdiri dari serat (fiber) dan gabus (pitch) yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya.

Buah kelapa terdiri dari epicarp yang merupakan bagian luar yang permukaannya licin, agak keras dan tebalnya kurang lebih 0,7 mm, mesocarp yaitu bagian tengah yang disebut sabut, bagian ini terdiri dari serat kertas yang tebalnya 3-5 cm, endocarp yaitu tempurung tebalnya 3-6 mm. Sabut merupakan bagian tengah (mesocarp) epicarp dan endocarp. Sabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (exocarpium) dan lapisan dalam (endocarpium). Endocarpium mengandung serat halus sebagai bahan pembuat tali, karpet, sikat, keset, isolator panas dan suara, filter, bahan pengisi jok kursi/mobil dan papan hardboard. Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat.

Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, ter, tannin, dan potasium. Dilihat sifat fisisnya sabut kelapa terdiri dari : Seratnya terdiri dari serat kasar dan halus dan tidak kaku. Mutu serat ditentukan dari warna dan ketebalan. Mengandung unsur kayu seperti lignin, suberin, kutin, tannin dan zat lilin. Dari sifat mekaniknya : Kekuatan tarik dari serat kasar dan halus berbeda. Mudah rapuh dan hancur.

Karakteristik serabut kelapa :

- kasar.
- berupa serat.
- kandungan iklin lebih tinggi.
- penampang pada serat sarabut kelapa membujur dan melintang.
- ada banyak rongga pada serat serabut kelapa
- kurang dapat dipengaruhi dalam kondisi basah

Teknik Pengolahan Serabut Kelapa :

- Proses Persiapan bahan
- Proses Pelunakan sabut
- Proses Pemisahan serat
- Proses Sortasi/Pengayakan
- Proses Pembersihan dan pengeringan
- Proses Pengepakan

Sabut kelapa selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar, pembuatan sapu dan pengisi jok kursi. Ternyata sabut kelapa itu dapat dijadikan serat yang dapat digunakan sebagai bahan pembuatan alas kaki, tali temali dan bahan pendukung industri yaitu sebagai pengisi jaket (2). Bahan baku industri serat sabut kelapa adalah sabut kelapa yang merupakan hasil samping dari usaha perdagangan buah kelapa untuk konsumsi rumah tangga serta industri pengolahan kopra atau minyak kelapa. Bahan baku ini secara umum terdapat secara melimpah di daerah sentra produksi buah kelapa. Salah satu contoh di daerah Pariaman, dengan luas perkebunan 34.722 ha yang menghasilkan 27.927 Ton kelapa/tahun hanya ada 22 industri kecil yang mengolah sabut menjadi alas kaki, di daerah Pesisir Selatan, Kabupaten Agam, P asaman tidak ada satu pun industri kecil yang mengelola hasil samping dari kelapa ini (3).

Sabut kelapa mengandung selulosa yang cukup tinggi (49,62%), hemiselulosa dan lignin (6). Ketiga unsur kimia yang terkandung dalam sabut kelapa tersebut dibedakan kedalam dua kelompok, yaitu:

- Karbohidra: selulosa dan hemiselulosa
- Nonkarbohidrat : lignin

Dengan adanya unsur selulosa sabut kelapa dapat diolah menjadi serat, tapi kandungan ligninnya harus dikurangi untuk meningkatkan kualitas serat yang dihasilkan. Kebanyakan serat yang ada dipasaran masih mengandung kadar lignin yang tinggi seperti kebanyakan keset kaki yang ada dipasaran, warnanya masih terlalu coklat, seratnya juga masih terlalu kasar dan mudah patah sehingga barang hasil industri tersebut akan mudah rusak, selain itu harga jualnya juga akan murah. Oleh sebab itu akan dilakukan penelitian untuk menghasilkan serat yang memiliki kualitas yang jauh lebih baik dengan melakukan percobaan dengan beberapa variabel yang mendukung yaitu pengaruh konsentrasi pelarut yang digunakan untuk penghilangan kandungan lignin dan lamanya waktu perendaman bahan baku yaitu sabut kelapa dengan pelarut yang digunakan tapi hanya pada temperatur kamar saja. Diduga beberapa variabel diatas sangat mempengaruhi pengurangan kadar lignin yang terdapat pada sabut. Semakin tinggi konsentrasi pelarut yang digunakan maka akan semakin cepat proses pemecahan atau penguraian rantai lignin. Sama halnya dengan lamanya waktu perendaman. Semakin lama waktu perendaman Semakin lama waktu perendaman bahan dengan pelarut diharapkan akan semakin banyak pula kontak antara lignin dengan pelarutnya , sehingga akan semakin banyak pula pengurangan kadar ligninnya.

Dengan semakin berkurangnya kandungan lignin yang terdapat pada serat diharapkan produk yang dihasilkan dari suatu industri memiliki

kualitas yang jauh lebih baik dan tahan lama sehingga mempunyai daya jual yang tinggi.

Komposisi Serat Sabut Kelapa :

Uji komposisi sifat kimia untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat dalam serat sabut kelapa. Uji kadar abu untuk mengetahui kadar abu yang terdapat dalam serat sabut kelapa. Uji lignin untuk mengetahui jumlah lignin dalam serat sabut kelapa. Lignin adalah bagian yang terdapat dalam lamella tengah dan dinding sel yang berfungsi sebagai perekat antar sel, dan merupakan senyawa aromatic yang berbentuk amorf. Suatu komposit akan mempunyai sifat fisik atau kekuatan yang baik apabila mengandung sedikit lignin, karena lignin bersifat kaku dan rapuh.



Gambar 2.2 Serabut Kelapa



Gambar 2.3 Serat Serabut Kelapa

2.8. 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)			Lastaston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
⅜"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

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 tau kurang

2.9 Klasifikasi Aspal

Aspal diklasifikasikan dalam tingkatan atau kelas berdasarkan dua sistem, yaitu viskositas dan uji penetrasi. Dalam sistem tersebut aspal dikelompokkan dalam tingkatan atau kelas yang berbeda pula. Viskositas dinyatakan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara moleku-molekul cairan satu dengan yang lain. Dikatakan memiliki viskositas yang rendah bila suatu cairan mudah mengalir, dan sebaliknya dikatakan memiliki viskositas yang tinggi bila sulit mengalir.

Sedangkan viskoelastisitas aspal adalah material aspal yang sifatnya berubah tergantung pada waktu pembebanan dan temperatur. Kegunaan mengetahui sifat viskoelastis aspal adalah untuk menentukan pada temperatur berapa harus dilakukan pencampuran aspal dengan agregat agar mendapat campuran yang homogen yaitu aspal menyelimuti semua permukaan agregat secara merata dan aspal dapat masuk ke dalam pori-peogi agregat sehingga membentuk ikatan kohesi yang kuat yang nantinya mengetahui temperatur yang sesuai dalam melakukan pemadatan dapat dan kapan harus dihentikan.

Pemadatan dilakukan ketika temperatur aspal yang rendah dengan kondisi yang masih sangat kental maka akan terjadi pergeseran campuran beraspal dikarenakan campuran tersebut belum cukup kaku untuk memikul beban dari alat pemadat. Sebaliknya, jika pemadatan dilakukan saat temperatur aspal yang tinggi dimana sudah bersiat kurang elastis maka pemadatan yang diberikan tidak lagi menaikkan kepadatan campuran tetapi akan merusak atau mungkin menghancurkan campuran tersebut. Hal ini dikarenakan pada campuran aspal yang sudah cukup kaku, agregat pembentuknya sudah terikat kuat oleh aspal dan aspal tidak lagi berfungsi sebagai pelumas untuk relokasi agregat, sehingga energi pemadatan yang diberikan sudah tidak mampu lagi memaksa partikel agregat untuk bergerak mendekat satu dengan yang lainnya namun energi ini justru akan menghancurkan ikatan antara agregat dengan aspal yang sudah terbentuk sebelumnya.

2.10 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 06- 6399-2000 dan pengujian sesuai sifat-sifat (properties) yang disyaratkan dalam table 2.5 harus dilakukan. Bila mana 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 03-6894-2002.
- c) Aspal tipe I harus diuji pada setiap kedatangan dan sebelum dituangkan ke tangki penyimpanan AMP untuk penetrasi pada 25°C (SNI 2456:2011). Tipe II harus diuji untuk stabilitas penyimpanan sesuai dengan ASTM D5976-00 Part 6.1. Semua tipe aspal yang baru datang harus ditempatkan dalam tangki sementara sampai hasil pengujian

tersebut diketahui. Tidak ada aspal yang boleh digunakan sampai aspal tersebut 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 06-6442-2000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt) ⁽³⁾	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan ⁽²⁾	
5.	Daktilitas pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	-	

Tabel 2.5: 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	≥ 1,0	-	
9.	Stabilitas penyimpanan perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 2,2	
10.	Kadar paraffin lilin (%)	SNI 03-3639-2002	2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT(SNI-03-6835-2002)					
11.	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 red/detik 2,2 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456-2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 Mpa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin \delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	-	31	34

Catatan:

1. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah ± 4 (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi < 50 adalah ± 2 (0,1 mm), masing-masing dari nilai penetrasi yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
2. Pengujian semua sifat-sifat harus dilaksanakan sebagaimana yang

disyaratkan. Sedangkan untuk pengendalian mutu di lapangan, ketentuan titik lembek diterima adalah $\pm 1^\circ\text{C}$ dari nilai titik lembek yang dilaporkan pada saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.

3. Viskositas diuji juga pada temperatur 100°C dan 160°C untuk tipe I, untuk tipe II pada temperatur 100°C dan 170°C untuk menetapkan temperatur yang akan diterapkan.
4. Jika untuk pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan AASHTO T201-15 maka hasil pengujian harus dikonversikan ke satuan SI.

Tabel 2.6: 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 VCmix dan VCAdre sesuai AASHTO R46-08 (2012). VCmix : *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).

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

2.11.1 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.

2.11.2 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.

2.11.3 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 kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.

2.11.4 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.

2.11.5 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.

2.12 Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat *Marshall* (SNI 06-2489-1991)

2.12.1 Ruang Lingkup

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

2.12.2 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.

2.12.3 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° C ($\pm 1^\circ$ 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° C ($\pm 1^\circ$ 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.

2.12.4 Perhitungan

Untuk menghitung hasil pengujian, digunakan rumus sebagai berikut:

- 1) Porsen aspal terhadap campuran (%):

$$\frac{\% \text{Aspal terhadap batuan} \times 100\%}{\% \text{Aspal terhadap batuan} + 100\%}$$

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

$$\frac{\text{Berat Benda Uji}}{\text{Isi Benda Uji}}$$

- 3) Stabilitas (kg);

Pembacaan arloji tekan \times Angka korelasi beban Alir (flow) (mm);

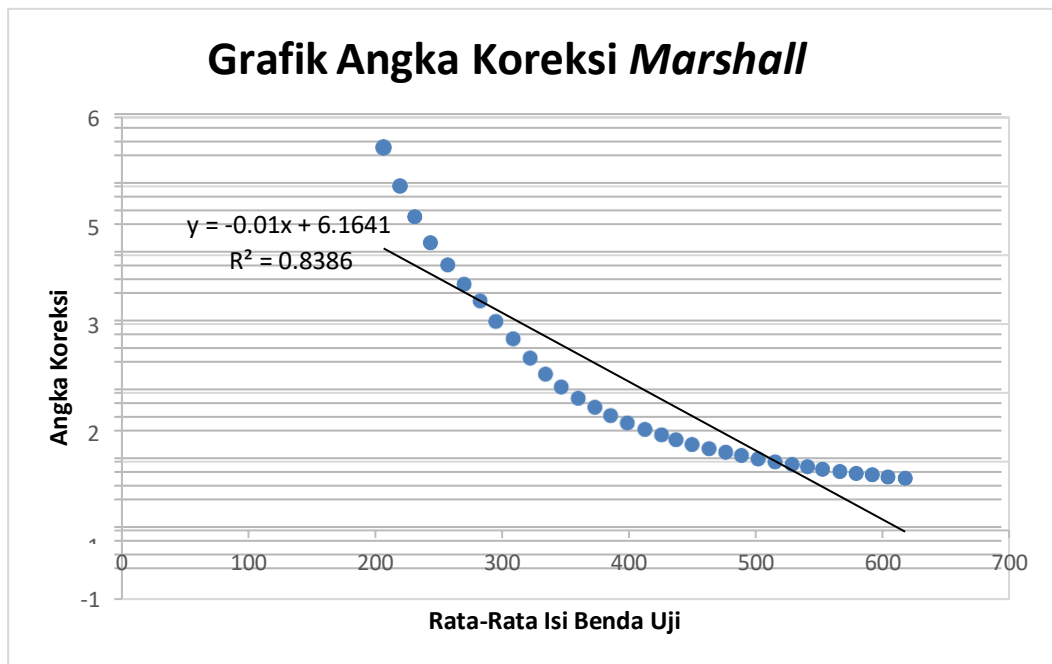
Dibaca pada arloji pengukur alir.

2.12.5 Tabel dan Grafik Koreksi *Marshall*

Tabel 2.7: Tabel Koreksi *Marshall* (Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat *Marshall* SNI 06-2489-1991)

Isi Benda Uji (Cm3)		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 2.4: Grafik Angka Koreksi *Marshall*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

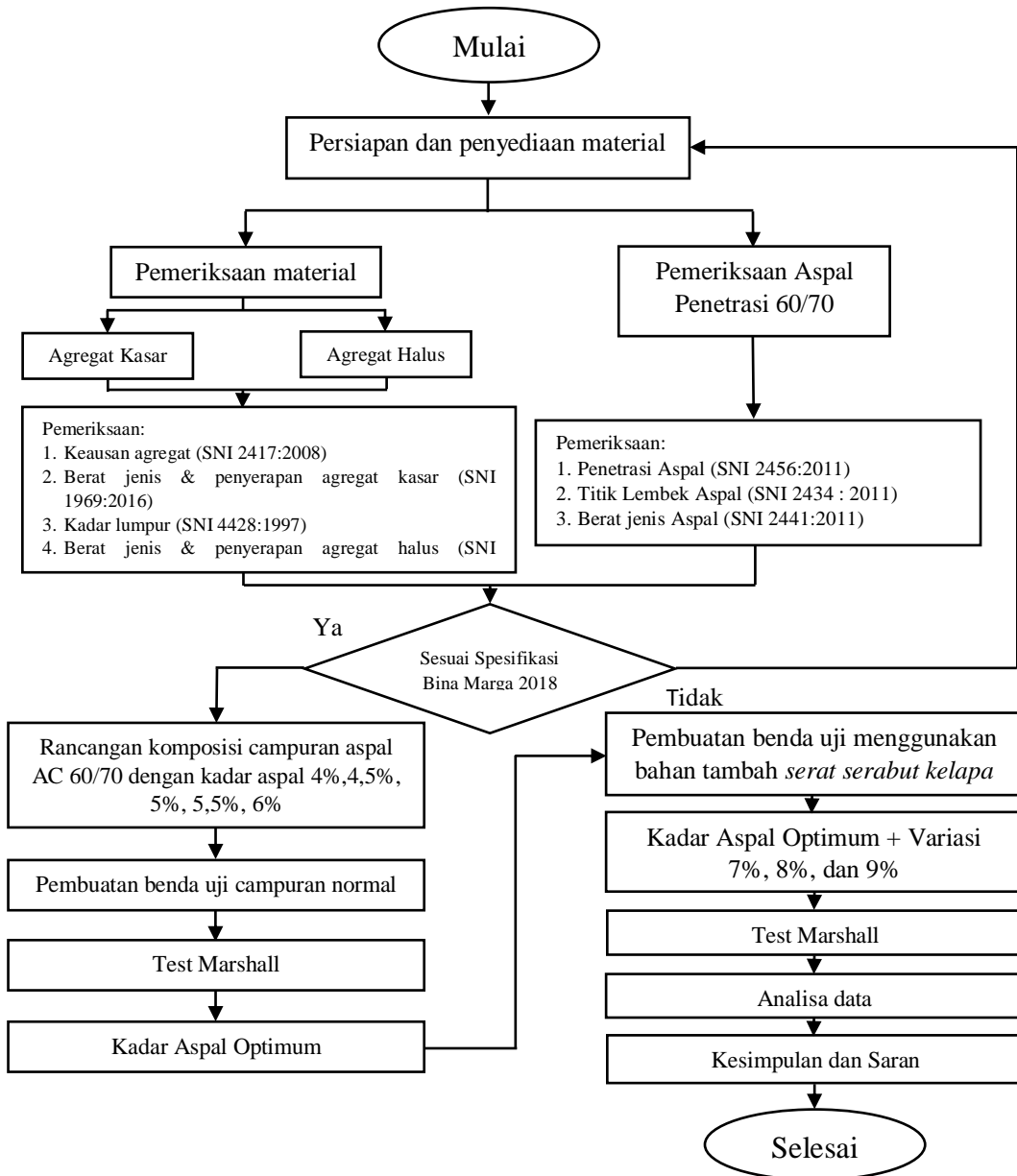
Penelitian dimulai setelah mendapatkan izin dari Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP, dosen pembimbing, dan kemudian melakukan studi literatur, seperti mencari jurnal referensi, kandungan dalam bahan tambah yang digunakan, dan metode yang digunakan dalam melakukan penelitian.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang bersifat eksperimental yaitu metode yang melakukan percobaan untuk mendapatkan data. Tahapan penelitiannya adalah memilih ide/ topik penelitian, merencanakan penelitian, melaksanakan penelitian, menganalisis hasil & menguji penelitian dan membuat kesimpulan.

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 serat serabut kelapa* 7 %, aspal dengan *filler serat serabut kelapa* 8%, dan aspal dengan *filler serat serabut kelapa* 9%. 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.

Secara garis besar penelitian yang dilaksanakan dengan kegiatan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Bagan alur 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 lateks 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 Bandung. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna memperkuat suatu penelitian yang dilakukan.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Dalam melakukan sebuah penelitian banyak hal yang harus dipersiapkan, dimulai dari tahap awal berupa studi literatur, lokasi penelitian, alat dan bahan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium AMP PT. Trisakti Manunggal Perkasa Internasional, Blok Pasir Domba DS. Jalan Cagak, Kec. Jalan Cagak, Kab. Subang. Penelitian dilaksanakan pada 24 November 2022.

3.3 Bahan dan Peralatan

3.3.1 Bahan

Bahan-bahan pembentuk benda uji yaitu:

- a. Aspal penetrasi 60/70

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aspal Pertamina *Penetration* : 60/70 berasal dari PT. Trisakti Manunggal Perkasa Internasional.



Gambar 3.2 Aspal Penetrasi 60/70

- b. Agregat halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berasal dari PT. Trisakti Manunggal Perkasa Internasional.



Gambar 3.3 Agregat Kasar

- c. Agregat kasar

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar yang berasal dari PT. Trisakti Manunggal Perkasa Internasional.



Gambar 3.4 Agregat Halus

d. Serat Serabut Kelapa

Serat serabut kelapa dalam ini merupakan serabut kelapa yang dipotong secara manual menggunakan gunting dengan ukuran 2,5 mm x 2,5 mm. serabut kelapa ini diambil dari penjualan buah kelapa muda di Bandung, Jawa Barat, Indonesia.



Gambar 3.5 Serat Serabut Kelapa

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*

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



Gambar 3.6 Neraca Ohaus

2) *Picnometer labu*

Picnometer labu adalah alat yang digunakan untuk menentukan massa jenis dari suatu cairan



Gambar 3.7 Picnometer Labu

b. Alat-alat pengujian penetrasi aspal

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

1) *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu ketika proses penetrasi.



Gambar 3.8 Stopwatch

2) *Penetrometer*

Penetrometer adalah alat yang digunakan dalam pengujian penetrasi aspal. Pada alat ini terdapat jarum yang digunakan untuk menusuk aspal padat untuk mengukur nilai penetrasinya. Untuk menguji nilai penetrasi aspal, tombol pada sebelah atas jarum ditekan agar jarum dapat turun. Nilai penetrasi aspal akan ditunjukkan oleh jarum penunjuk angka pada arloji penetrasi bagian atas.

Penetrometer yang dapat melepas pemegang jarum untuk bergerak secara vertikal tanpa gesekan dan dapat menunjukkan kedalaman masuknya jarum kedalam benda uji sampai 0,1 mm terdekat. Berat pemegang jarum $47,5 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$. Berat total pemegang jarum beserta jarum $50 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$. Pemegang jarum harus mudah dilepas dari penetrometer untuk keperluan pengecekan berat. Penetrometer harus dilengkapi dengan *waterpass* untuk memastikan posisi jarum tegak (90°)

ke permukaan. Berat beban 50 gram \pm 0,05 gram dan 100 gram \pm 0,05 gram sehingga dapat digunakan untuk mengukur penetrasi dengan berat total 100 gram atau 200 gram sesuai dengan kondisi pengujian yang diinginkan (RSNI 06-2456-1991).

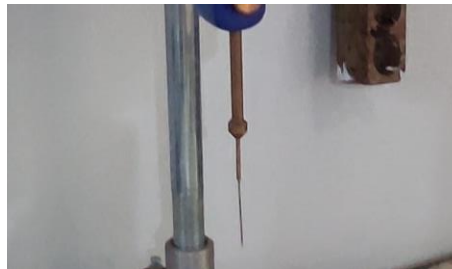


Gambar 3.9 Penetrometer

3) *Jarum* Penetrasi

Jarum penetrasi harus terbuat dari *stainless steel* dan dari bahan yang kuat, *Grade* 440-C atau yang setara, HRC 54 sampai 60. Jarum standar memiliki panjang sekitar 50 mm sedangkan jarum panjang memiliki panjang sekitar 60 mm (2,4 inch). Diameter jarum antara 1,00 mm sampai dengan 1,02 mm. Ujung jarum berupa kerucut terpancung dengan sudut antara $8,7^\circ$ dan $9,7^\circ$. Ujung jarum harus terletak satu garis dengan permukaan yang lurus tidak boleh melebihi 0,2 mm. Diameter ujung keucut terpancung 0,14 mm sampai 0,16 mm dan terpusat terhadap sumbu jarum. Ujung jarum harus runcing, tajam dan halus. Panjang bagian jarum standar yang tampak harus antara 40 sampai 45 mm sedangkan untuk jarum panjang antara 50 mm hingga 55 mm (1,97 inch hingga 2,17 inch). Berat jarum harus

2,50 gram \pm 0,05 gram. Jarum penetrasi yang akan digunakan untuk pengujian mutu aspal harus memenuhi kriteria tersebut diatas disertai dengan hasil pengujian dari pihak yang berwenang (RSNI 06-2456-1991).



Gambar 3.10 Jarum Penetrasi

4) Cawan

Cawan berfungsi sebagai wadah aspal padat, cawan ini berbentuk setengah tabung yang berbahan alumunium.



Gambar 3.11 Cawan Yang Sudah Terisi Aspal

5) Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu. Dalam pengujian ini, termometer digunakan untuk mengukur suhu aspal padat yang akan diuji penetrasinya.



Gambar 3.12 Termometer

6) Baskom

Baskom mangkuk seng berfungsi sebagai wadah air es yang digunakan untuk menurunkan suhu aspal.



Gambar 3.13 Baskom / Wadah

7) Kain Lap

Kain lap dibutuhkan dalam praktikum ini, yaitu untuk membersihkan cawan, termometer dan meja yang terkena aspal yang menempel maupun air yang tumpah.



Gambar 3.14 Kain Lap

c. Alat-alat penguji titik lembek aspal

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

1) *Termometer*

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu. Pengujian ini, termometer digunakan untuk mengukur suhu aspal padat yang akan diuji penetrasinya.



Gambar 3.15 Termometer

2) *Cincin kuningan*

Cincin kuningan berbentuk seperti bola baja, dalam pengujian titik lembek aspal ini membutuhkan dua buah cincin kuningan. Cincin kuningan ini berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan aspal yang akan diuji.



Gambar 3.16 Cincin Kuningan

3) *Bola baja*

Pengujian titik lembek aspal ini membutuhkan dua buah bola baja. Bola baja yang digunakan dalam pengujian ini harus memiliki spesifikasi diameter 9,3 mm, berat antara 3,45 gram hingga 3,55 gram.



Gambar 3.17 Bola Baja

4) *Gelas ukur*

Pengujian ini, gelas ukur digunakan sebagai wadah yang berisi air es untuk merendam aspal yang diletakkan dalam dudukan benda uji.



Gambar 3.18 Gelas Ukur

5) *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 kuningan dan dilengkapi dengan plat dasar dengan jarak tertentu yang digunakan untuk menahan bola baja ketika jatuh.



Gambar 3.19 Dudukan Benda Uji

6) *Kompur listrik*

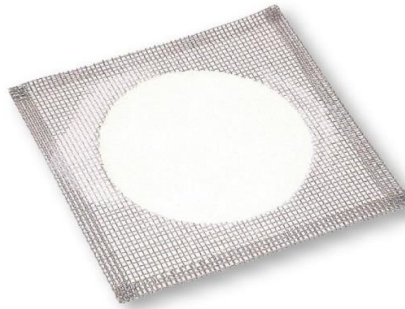
Kompur listrik merupakan kompor yang dalam penggunaannya membutuhkan energi dari listrik. Proses pengujian titik lembek ini, kompor digunakan untuk memanaskan benda uji yang sedang diuji.



Gambar 3.20 Kompur Listrik

7) *Plat penghantar/ kawat kassa*

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



Gambar 3.21 Kain Kassa

8) *Penjepit*

Penjepit digunakan untuk mengangkat benda yang panas.



Gambar 3.22 Penjepit

9) *Kain Lap*

Kain lap dibutuhkan dalam praktikum ini, yaitu untuk membersihkan cincin kuningan, bola baja, termometer dan meja yang terkena aspal yang menempel maupun air yang tumpah.



Gambar 3.23 Kain Lap

10) *Piring Seng*

Pengujian titik lembek aspal ini, piring seng digunakan sebagai alas ketika menuangkan aspal cair ke dalam cincin kuningan dan sebagai tempat untuk merendam aspal yang telah dituangkan ke dalam cincin kuningan.

11) *Stopwatch*

Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu ketika proses pengujian titik lembek aspal.



Gambar 3.24 Stopwatch

12) *Sendok*

Sendok berfungsi sebagai pengaduk aspal ketika proses pemanasan aspal. Sendok yang digunakan dalam pengujian ini berbahan aluminium.



Gambar 3.25 Sendok

2. Alat-alat pengujian agregat

a. Satu set alat pengujian gradasi

Satu set adalah saringan ukuran 37,5mm (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 3.26 Satu Set Saringan

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.

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)

Mould 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.



Gambar 3.27 Mould

b. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbuk

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 pemadat yang terdiri dari pelat baja berbentuk persegi dengan ukuran 20,32 x 20,32 cm dan tebal sekitar 3 cm.



Gambar 3.28 Alat Penumbung Manual

c. Bak pengaduk

Bak pengaduk ini terbuat dari logam seng berbentuk balok dengan ukuran kira-kira panjang 30 cm, lebar 20 cm dan kedalaman sekitar 10-15 cm. Bak ini berfungsi sebagai wadah untuk memanasi dan mencampur bahan-bahan campuran benda uji

secara keseluruhan seperti aspal dan agregat hingga mencapai suhu maksimum pencampuran yang sudah ditentukan.



Gambar 3.29 Bak Pengaduk

d. Alat pengeluar benda uji

Alat pengeluar benda uji berfungsi untuk mengeluarkan benda uji dari dalam cetakan yang sudah dipadatkan.



Gambar 3.30 Alat Pengeluar Benda Uji

e. Alat pengujian benda uji dengan metode *marshall*

Alat untuk melakukan pengujian *marshall* terhadap benda uji meliputi alat *marshall test*, bak perendam, termometer, kompor listrik, sarung tangan dan lain-lain.



Gambar 3.31 Alat Pengujian Marshall

3.4 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini yaitu menyiapkan perizinan laboratorium serta Kebutuhan untuk pengujian berupa alat dan bahan sebagai berikut :

1. Persiapan Alat

Alat-alat yang perlu dipersiapkan adalah sebagai berikut :

- a. Alat pemeriksaan agregat
- b. Alat pemeriksaan aspal

2. Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- a. Agregat, yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan filler abu Batu.
- b. Aspal penetrasi 60/70.
- c. Serat serabut kelapa

3.5 Pemeriksaan Agregat

Agregat halus pasir, dan agregat kasar batu pecah . 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 serat serabut kelapa yang sudah dimasukkan ke dalam plastik sesuai dengan komposisi yang sudah direncanakan.



Gambar 3.32 Memasukkan Bahan Benda Uji Ke Dalam Plastik

- b. Menyiapkan semua peralatan yang dibutuhkan untuk melakukan pencampuran aspal lapis beton.
- c. Memanaskan aspal beserta serat serabut kelapa mencapai suhu 300°C sebelum dicampur dengan agregat.
- d. Memanaskan agregat mencapai suhu 120°C .



Gambar 3.33 Memanaskan Agregat

- e. Setelah semua bahan mencapai suhu yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pencampuran antara aspal dengan agregat. Semua bahan dijadikan satu dan diaduk- aduk sampai tercampur merata hingga mencapai suhu sekitar 160°C .



Gambar 3.34 Memanaskan dan mengaduk Semua Bahan yang Telah Ditetapkan

- f. Menyiapkan cetakan benda uji (mould) beserta alas cetakan yang sudah diolesi pelumas dan dipanaskan. Kemudian menyiapkan kertas lakmus dibagian dasar cetakan.



Gambar 3.35 Menyiapkan Mould

- 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.



Gambar 3.36 Memasukkan Benda Uji ke Dalam Mould

- h. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan penumbukan pada campuran yang telah dimasukan pada cetakan sebanyak 75 kali kemudian diganti permukaan lainya sebanyak 75 kali.



Gambar 3.37 Proses Penumbukan Benda Uji

- i. Setelah dilakukan penumbukkan, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.



Gambar 3.38 Mengeluarkan Benda Uji Dari Mould

- 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 uji kering maka selanjutnya dilakukan penimbangan setiap benda uji untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.
- l. Benda uji kemudian direndam selama ± 24 jam.



Gambar 3.39 Proses Merendam Benda Uji

- m. Setelah direndam \pm 24 jam, kemudian dikeluarkan dari bak perendaman lalu dilap menggunakan lap kering sampai benda uji dalam keadaan SSD atau dalam keadaan kering permukaan.



Gambar 3.40 Pengeringan Benda Uji Menggunakan Lap

- n. Benda uji kemudian ditimbang untuk mendapatkan nilai dari berat SSD (saturated surface dry).



Gambar 3.41 Proses Penimbangan Berat Kering

- 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 06- 2489-1991) 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

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pengujian Aspal pen 60/70

Bahan yang digunakan untuk campuran Beton aspal pada penelitian ini terdiri dari aspal pen 60/70, agregat kasar, agregat halus dan filler dari abu batu. Dari hasil pengujian yang dilakukan terhadap aspal pen 60/70, diperoleh hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Hasil Pemeriksaan Aspal Pen 60/70.

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Satuan
Penetrasi Pada suhu 25°C	60-70	65,60	0,1 mm
Berat Jenis	Min 1	1,030	gr/ml
Titik Lembek	Min 48	49,00	°C

Sumber : Laboratorium AMP PT. Trisakti Manunggal Perkasa Internasional

4.2.1 Pengujian Agregat

Hasil pemeriksaan material agregat yang digunakan berdasarkan data yang didapat dari Laboratorium AMP PT. Trisakti Manunggal Perkasa Internasional telah memenuhi syarat sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 untuk bahan campuran perkerasan jalan. Pada penentuan agregat kasar digunakan 2 jenis agregat yaitu batu split ukuran 19-22 mm dan split ukuran 12-19 mm. Dapat dilihat hasil pengujian material agregat mulai dari split, screening hingga abu batu pada tabel berikut.

a. Agregat Gradasi Split (19-22)

Tabel 4.2: Analisa Gradasi Split (19-22).

No. Saringan	Ukuran(mm)	%Lolos Saringan
1"	25	100,00
3/4"	19	57,83
1/2"	12,5	13,91

3/8"	9,5	2,59
NO. 4	4,75	0,51
NO. 8	2,36	0,51
NO. 16	1,18	0,29
NO. 30	0,6	0,17
NO. 50	0,3	0,11
NO. 100	0,15	0,08
NO. 200	0,075	0,05

Pada spesifikasi bina marga untuk agregat kasar adalah yang memiliki ukuran butir lebih besar dari diameter saringan no.4 atau diameter 4,75 mm. Pada saringan no.4 banyak agregat yang lolos adalah 0,51%.

Tabel 4.3: Hasil Pengujian Split (19-22).

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Satuan
Berat Jenis Bulk	-	2,607	gr/cc
Berat Jenis SSD	-	2,640	gr/cc
Berat Jenis Apparent	-	2,693	gr/cc
Penyerapan Air	Max 3	1,254	%

Dari tabel hasil pemeriksaan split diatas, didapatkan berat jenis sebesar 2,607 gr/ml, dan penyerapan 1,254%. Hasil tersebut memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk perkerasan aspal.

b. Agregat Gradasi Split (12-19)

Tabel 4.4: Analisa Gradasi Split (12-19).

No. Saringan	Ukuran(mm)	%Lolos Saringan
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
1/2"	12,5	32,49
3/8"	9,5	8,11
NO. 4	4,75	1,82
NO. 8	2,36	0,51
NO. 16	1,18	1,70

NO. 30	0,6	1,60
NO. 50	0,3	1,39
NO. 100	0,15	0,86
NO. 200	0,075	0,40

Pada spesifikasi bina marga untuk agregat kasar adalah yang memiliki ukuran butir lebih besar dari diameter saringan no.4 atau diameter 4,75 mm. Pada saringan no.4 banyak agregat yang lolos adalah 1,82%.

Tabel 4.5: Hasil Pengujian Split (12-19).

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Satuan
Berat Jenis Bulk	-	2,633	gr/cc
Berat Jenis SSD	-	2,672	gr/cc
Berat Jenis Apparent	-	2,741	gr/cc
Penyerapan Air	Max 3	1,488	%

Dari tabel hasil pemeriksaan split diatas, didapatkan berat jenis sebesar 2,633 gr/ml, dan penyerapan 1,488%. Hasil tersebut memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk perkerasan aspal.

c. Agregat Gradasi Screening (6-12)

Tabel 4.6: Analisa Gradasi Screening (6-12).

No. Saringan	Ukuran(mm)	%Lolos Saringan
1"	25	100,00
3/4"	19	100,00
1/2"	12,5	100,00
3/8"	9,5	95,40
NO. 4	4,75	18,92
NO. 8	2,36	3,18
NO. 16	1,18	2,38
NO. 30	0,6	2,02
NO. 50	0,3	1,82
NO. 100	0,15	1,48
NO. 200	0,075	1,18

Pada agregat medium persentase lolos saringan ½” atau diameter 12,5 mm sebanyak 100% dan saringan no.4 sebanyak 18,92%.

Tabel 4.7: Hasil Pengujian Screening (19-22).

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Satuan
Berat Jenis Bulk	-	2,628	gr/cc
Berat Jenis SSD	-	2,670	gr/cc
Berat Jenis Apparent	-	2,744	gr/cc
Penyerapan Air	Max 3	1,621	%

Dari tabel hasil pemeriksaan split diatas, didapatkan berat jenis sebesar 2,628 gr/ml, dan penyerapan 1,621%. Hasil tersebut memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk perkerasan aspal.

d. Agregat Gradasi Abu Batu

Tabel 4.8: Analisa Gradasi Abu Batu.

No. Saringan	Ukuran(mm)	%Lolos Saringan
1”	25	100,00
3/4”	19	100,00
1/2”	12,5	100,00
3/8”	9,5	100,00
NO. 4	4,75	99,91
NO. 8	2,36	85,62
NO. 16	1,18	55,72
NO. 30	0,6	35,50
NO. 50	0,3	27,17
NO. 100	0,15	19,70
NO. 200	0,075	12,98

Tabel 4.9: Hasil Pengujian Abu Batu.

Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil Uji	Satuan
Berat Jenis Bulk	-	2,611	gr/cc
Berat Jenis SSD	-	2,666	gr/cc
Berat Jenis Apparent	-	2,763	gr/cc
Penyerapan Air	Max 3	2,103	%

Sand Equivalent	Min 60	72,12	%
Lolos Saringan No.200	Max 10	9,49	%
Gumpalan Lempung Ageregat Halus	Max 1	0,58	%

Dari tabel hasil pemeriksaan split diatas, didapatkan berat jenis sebesar 2,611 gr/ml, dan penyerapan 2,103%. Hasil tersebut memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk perkerasan aspal.

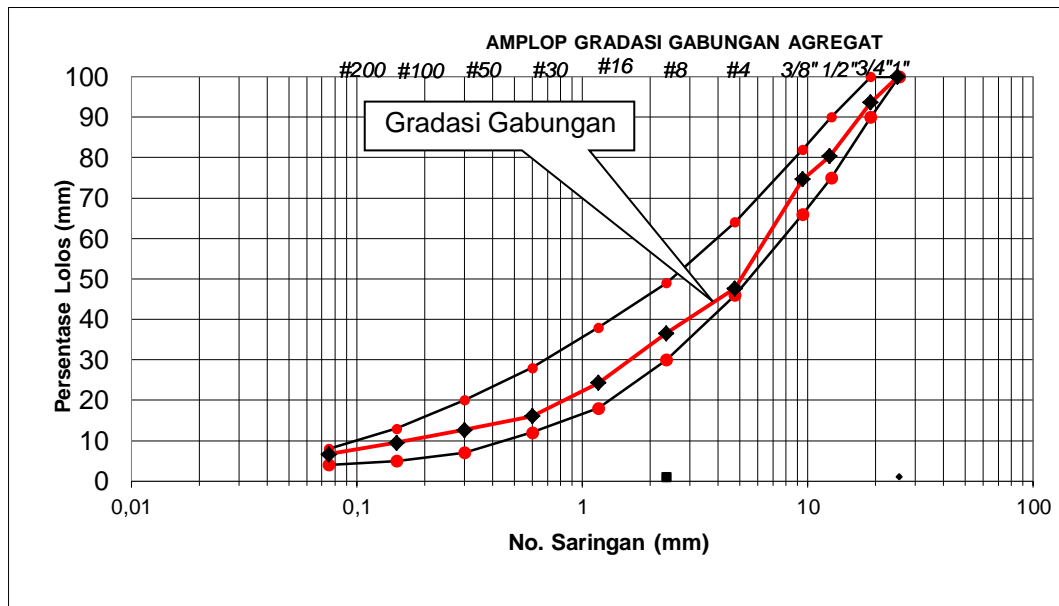
4.2 Pembahasan

4.2.1 Perancangan Gradasi Agregat Campuran

Perlu diketahui proporsi agregat gabungan untuk pembuatan campuran aspal. Proporsi agregat gabungan merupakan penggabungan agregat atau pencampuran agregat kasar, agregat medium, agregat halus dan filler sehingga menjadi campuran yang homogen dengan susunan butiran sesuai dengan spesifikasi. Hasil penentuan gradasi agregat untuk campuran ini dilakukan dengan cara trial and error. Dimana data yang digunakan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk lapisan aspal AC-BC. Tiap hasil analisis saringan dimasukkan kedalam grafik dan kemudian didapatkan persentase yang digunakan untuk pencampuran yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.10: Hasil Gabungan Gradasi Agregat.

No Saringan	Agg Halus	Agg Sedang	Ca Max Size 3/4"	Ca Max Size 1"	Filler	Total Campuran
	40%	34%	10%	15%	1%	
1"	40,00	34,00	10,00	15,00	1,00	100,00
3/4"	40,00	34,00	10,00	8,67	1,00	93,67
1/2"	40,00	34,00	3,25	2,09	1,00	80,34
3/8"	40,00	32,44	0,81	0,39	1,00	74,64
No. 4	39,96	6,43	0,18	0,08	1,00	47,66
No. 8	34,25	1,08	0,17	0,08	1,00	36,58
No. 16	22,29	0,81	0,16	0,04	1,00	24,30
No. 30	14,20	0,69	0,14	0,03	1,00	16,05
No. 50	10,87	0,62	0,12	0,02	1,00	12,62
No. 100	7,88	0,50	0,09	0,01	1,00	9,48
No. 200	5,19	0,40	0,04	0,01	1,00	6,64



Gambar 4.1: Grafik Hasil Gabungan Agregat.

Dari hasil pengujian analisis saringan didapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018.

Data persen agregat yang diperoleh pada campuran normal:

1. Medium Agregat = 34%
2. Agregat kasar CA ¾" inch = 10%
3. Agregat kasar CA 1" inch = 15%
4. Agregat halus abu batu = 40%
5. Filler semen = 1%

4.2.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Untuk benda uji penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) maka dapat dilakukan pembuatan sampel dan pengujian Marshall yang dimana hasil pengujian tersebut dibutuhkan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Data-data yang diperlukan setelah pengujian Marshall yaitu Density, VIM, VMA, VFB, Stabilitas dan Flow. Kemudian data yang didapat dibandingkan dengan spesifikasi Bina Marga 2018 divisi 6. Besar nya nilai rata-rata dari beberapa data

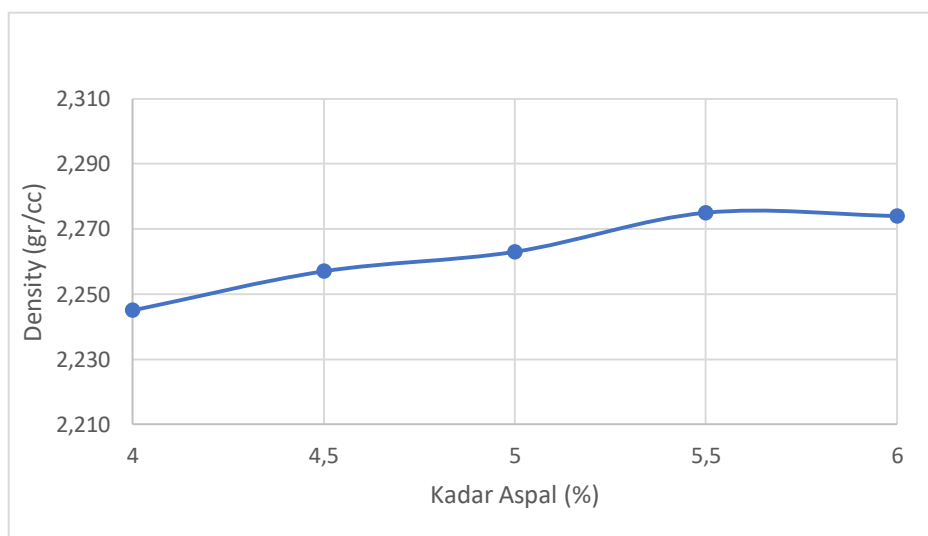
tersebut diambil nilai tengah nya untuk dijadikan Kadar Aspal Optimum. Berikut data hasil pengujian yang didapatkan sebagai berikut:

a. Kepadatan (*Bulk Density*)

Kepadatan atau *bulk density* merupakan nilai yang menunjukkan kepadatan dari campuran beraspal. Faktor yang mempengaruhi nilai kepadatan adalah suhu pemadatan, komposisi bahan penyusun, kadar aspal, dan jumlah tumbukan pemadatan. Berikut hasil nilai density yang diperoleh berdasarkan pengujian :

Tabel 4.11: Hasil Pengujian *Bulk Density* Campuran Normal.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	<i>Bulk Density</i>
4%	-	2,245
4,5%	-	2,257
5%	-	2,263
5,5%	-	2,275
6%	-	2,274



Gambar 4.2: Grafik Nilai *Bulk Density* Terhadap Kadar Aspal.

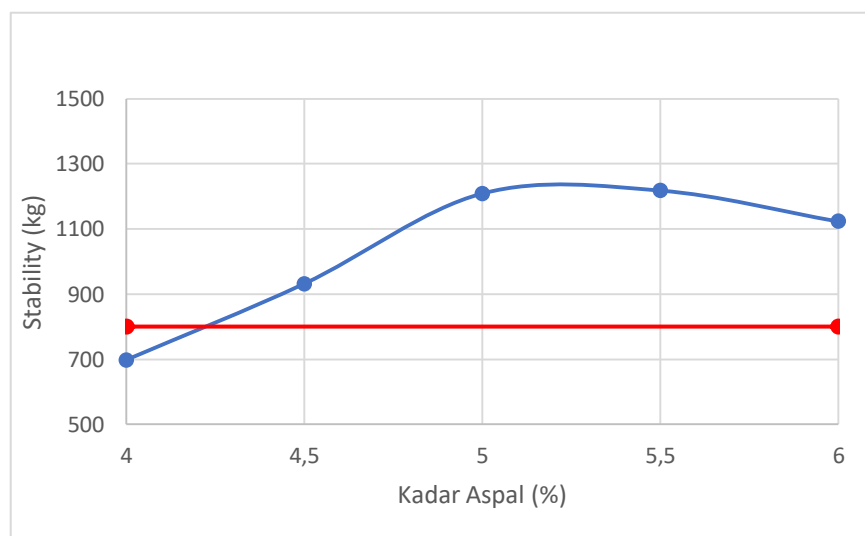
Dari hasil pengujian untuk nilai *bulk density* pada aspal normal didapatkan nilai tertinggi pada campuran 5,5% dengan nilai 2,275 gr/cc.

b. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) yang berbentuk seperti gelombang, alur (*rutting*), ataupun mengalami *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi kerapatan dalam campuran. Berikut hasil nilai stabilitas yang diperoleh berdasarkan pengujian :

Tabel 4.12: Hasil Pengujian *Stability* Campuran Normal.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	<i>Stability</i>
4%	Min 800	698,0
4,5%	Min 800	932,0
5%	Min 800	1209,0
5,5%	Min 800	1218,0
6%	Min 800	1123,0



Gambar 4.3: Grafik Nilai *Stability* Terhadap Kadar Aspal.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai stabilitas pada kadar aspal 4% yang tidak memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga 2018 bahwa nilai stabilitas minimum sebesar 800 Kg. Semakin tinggi kadar aspal dalam campuran

maka akan meningkatkan nilai stabilitas hingga optimum dan mengalami penurunan. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan perkerasan mudah retak dan bila terlalu rendah mudah terjadinya deformasi.

c. Air Voids (VIM)

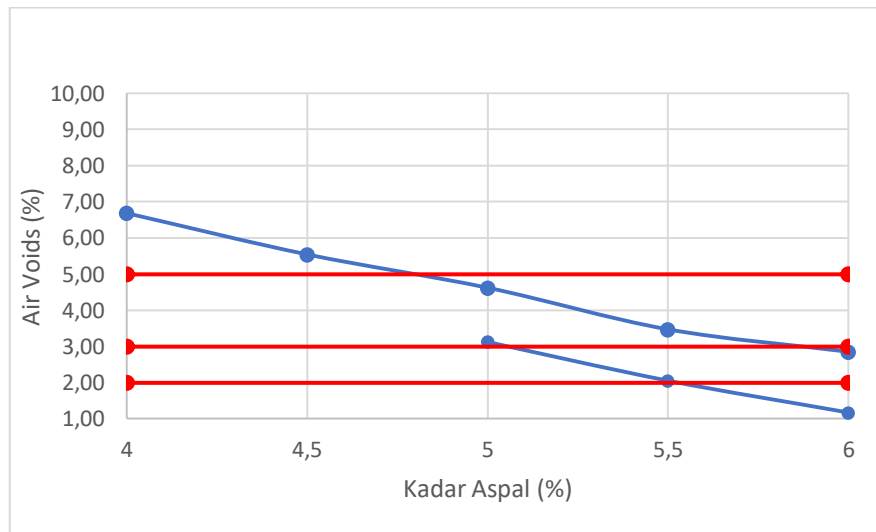
VIM merupakan parameter yang menunjukkan persentase rongga dalam campuran. Nilai VIM menjadi indikator untuk mengetahui tingkat durabilitas atau memberi pengaruh terhadap keawetan dari campuran beraspal. Besar kecilnya nilai VIM sangat dipengaruhi oleh gradasi agregat, jumlah tumbukan serta suhu pemadatan yang akan membuat campuran lebih padat. Semakin tinggi nilai VIM maka semakin tinggi kemampuan aspal untuk kedap air dan udara, sehingga dapat mempercepat penuaan aspal dan mudah retak sedangkan nilai VIM yang terlalu kecil juga akan mengakibatkan campuran perkerasan mudah mengalami bleeding. Berikut hasil nilai VIM yang diperoleh berdasarkan pengujian :

Tabel 4.13: Hasil Pengujian Air Voids (VIM) Campuran Normal.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	Air Voids (VIM)
4%	3-5	6,68
4,5%	3-5	5,54
5%	3-5	4,62
5,5%	3-5	3,47
6%	3-5	2,85

Tabel 4.14: Hasil Pengujian Air Voids (VIM) PRD Campuran Normal.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	Air Voids (VIM)
5%	Min 2	3,12
5,5%	Min 2	2,05
6%	Min 2	1,17



Gambar 4.4: Grafik Nilai Air Voids (VIM) Terhadap Kadar Aspal.

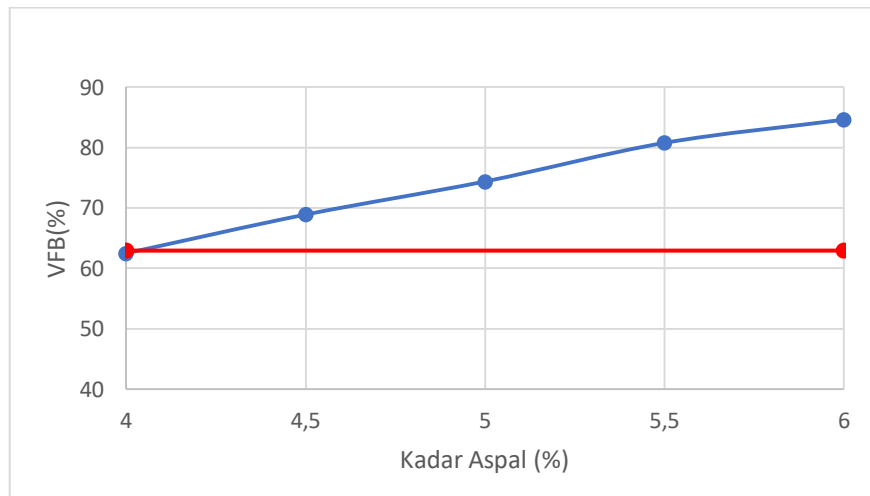
Dari hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai VIM memenuhi syarat Spesifikasi Bina Marga yaitu sebesar 3-5% pada kadar aspal 4,85% hingga 5,85% sementara Air Voids PRD yang memenuhi spesifikasi mulai dari kadar aspal 5,5%. Semakin besar kadar aspal yang digunakan maka pengaruh pada nilai VIM menjadi semakin kecil.

d. Voids Filled with Bitumen (VFB)

VFB atau rongga yang terisi aspal merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya aspal yang terisi dalam rongga campuran beraspal yang telah dipadatkan. Nilai VFB dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat atau VMA. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi VFB antara lain kadar aspal, gradasi agregat, dan kekuatan saat pemadatan (jumlah dan temperatur pemadatan). Berikut hasil nilai VFB yang diperoleh berdasarkan pengujian :

Tabel 4.15: Hasil pengujian Voids Filled with Bitumen (VFB) campuran normal.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	VFB
4%	Min 63	62,51
4,5%	Min 63	68,91
5%	Min 63	74,38
5,5%	Min 63	80,76
6%	Min 63	84,60



Gambar 4.5: Grafik Nilai Voids Filled With Bitumen (VFB) Terhadap Kadar Aspal.

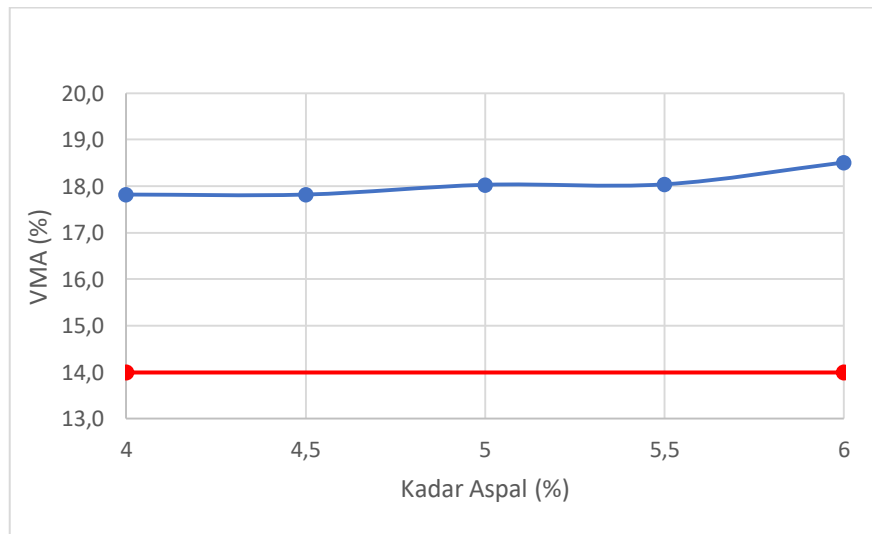
Dari hasil pengujian yang dilakukan untuk pengujian VFB hanya kadar aspal 4% dengan nilai 62,51% yang tidak memenuhi syarat untuk Spesifikasi Bina Marga yaitu minimum 63%. Dilihat dari grafik di atas nilai VFB semakin meningkat dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran. Hal ini disebabkan karena rongga yang ada dalam campuran semakin banyak terisi oleh aspal.

e. Void in Mineral Aggregate (VMA)

Void in Mineral Aggregate (VMA) atau rongga dalam agregat merupakan rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan. Rongga tersebut dipergunakan untuk menampung aspal yang mengikat antar agregat satu sama lain. Nilai VMA yang terlalu kecil menyebabkan lapisan perkerasan mempunyai lapisan aspal yang tipis sehingga mudah lepas dan kedap air yang menyebabkan lapisan perkerasan mudah rusak. Berikut hasil nilai VMA yang diperoleh berdasarkan pengujian :

Tabel 4.16: Hasil pengujian Void in Mineral Aggregate (VMA) campuran normal.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	VMA
4%	Min 14	17,82
4,5%	Min 14	17,82
5%	Min 14	18,03
5,5%	Min 14	18,04
6%	Min 14	18,51



Gambar 4.6: Grafik Nilai Void in Mineral Aggregate (VMA) Terhadap Kadar Aspal.

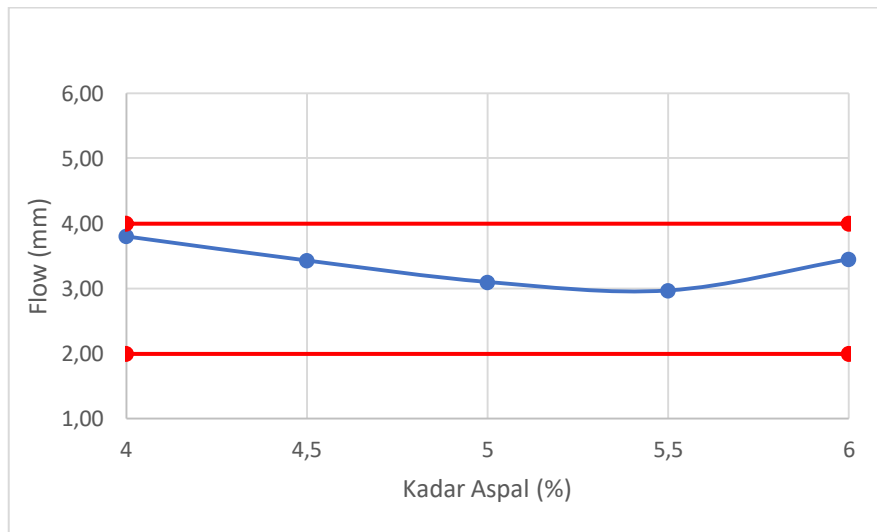
Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan nilai VMA keseluruhan memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 dengan syarat minimal 14%.

f. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan atau *flow* merupakan indikator dari sifat fleksibilitas campuran yang dihasilkan. Nilai *flow* menunjukkan nilai penurunan yang terjadi pada campuran lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima sampai batas runtuh, dinyatakan dalam satuan mm. Nilai *flow* dipengaruhi antara lain oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat dan proses pemadatan. Berikut hasil nilai *flow* yang diperoleh berdasarkan pengujian :

Tabel 4.17: Hasil pengujian Kelelehan (*flow*) campuran normal.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	<i>flow</i>
4%	2-4	3,80
4,5%	2-4	3,43
5%	2-4	3,10
05,5%	2-4	2,97
6%	2-4	3,45



Gambar 4.7: Grafik Nilai Kelelahan (*flow*) Terhadap Kadar Aspal.

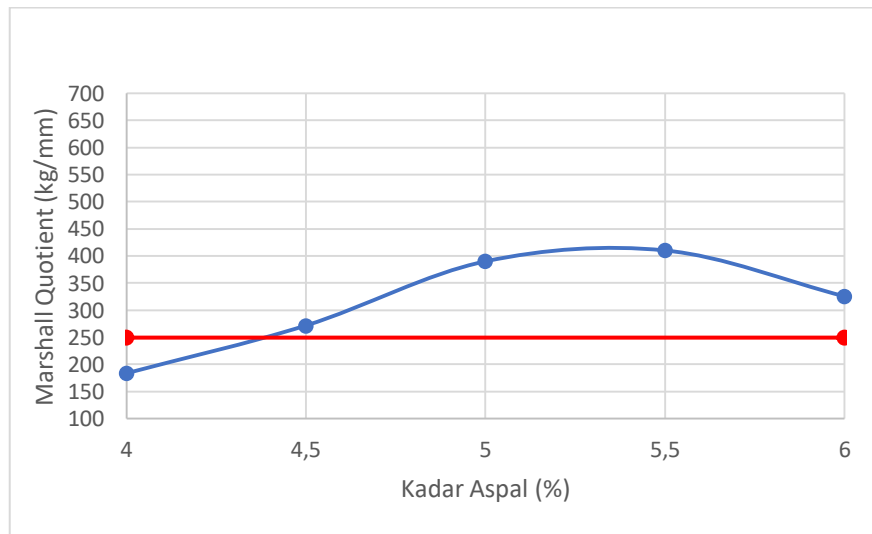
Dari hasil pengujian dengan mengacu syarat Spesifikasi Bina Marga 2018 bahwa nilai kelelahan sebesar 2 - 4. Maka nilai kelelahan yang didapatkan memenuhi syarat tersebut.

g. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient merupakan parameter dari kekakuan sebuah campuran yang dihasilkan. Dimana nilai MQ didapatkan dari hasil bagi antara nilai stabilitas dengan nilai flow dan dinyatakan dalam kg/mm. Campuran yang memiliki nilai MQ yang rendah, maka campuran aspal akan semakin fleksibel, cenderung menjadi plastis dan lentur sehingga mudah mengalami perubahan bentuk pada saat menerima beban lalu lintas yang tinggi. Dan sebaliknya jika nilai MQ terlalu tinggi maka campuran beraspal akan kaku dan mudah retak. Berikut hasil nilai MQ yang diperoleh berdasarkan pengujian :

Tabel 4.18: Hasil Pengujian *Marshall Quotient* (MQ) Campuran Normal.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	<i>Marshall Quotient</i> (MQ)
4%	-	183,8
4,5%	-	271,72
5%	-	390,0
05,5%	-	410,10
4	-	325,51

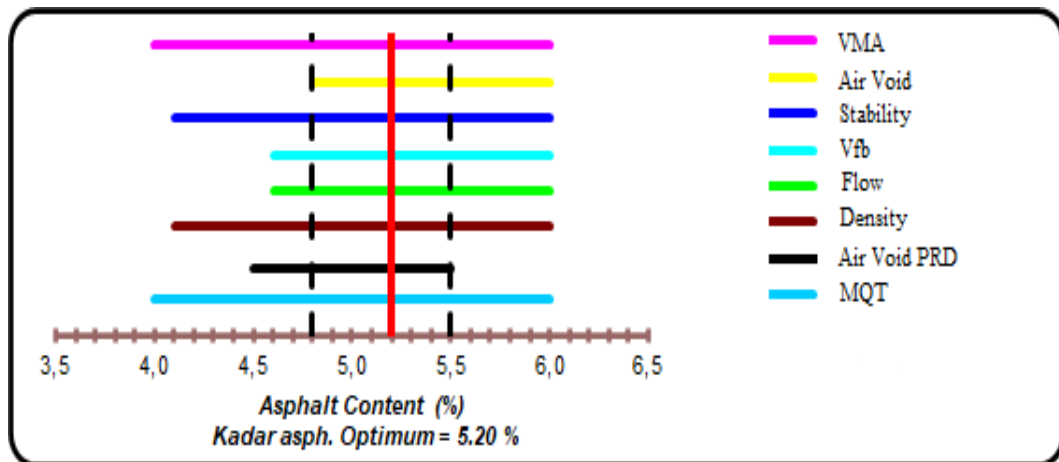


Gambar 4.8: Grafik Nilai *Marshall Quotient* (MQ) Terhadap Kadar Aspal.

Hasil marshall quotient yang didapat menggambarkan grafik naik, dimana semakin tinggi kadar aspal yang digunakan maka nilai marshall quotient semakin rendah. Hal ini diakibatkan dari banyaknya kandungan aspal pada campuran sehingga menjadi sangat lentur.

Tabel 4.19: Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Campuran Normal.

Karakteristik	Spesifikasi Umum	Kadar Aspal %				
		4	4,5	5	5,5	6
Bulk Density (Gr/cc)	-	2,245	2,257	2,263	2,275	2,274
Stability (Kg)	Min 800	698,0	932	1209	1218	1123
Air Voids (%)	3-5	6,68	5,54	4,62	3,47	2,85
Air Voids PRD (%)	Min 2	-	-	3,12	2,05	1,17
Voids Filled Bitumen (%)	Min 63	62,51	68,91	74,38	80,76	84,6
VMA (%)	Min 14	17,82	17,82	18,03	18,04	18,51
Flow (mm)	2-4	3,80	3,43	3,1	2,97	3,45
Marshall Quotient (Kg/mm)	Min 250	183,8	271,72	390,0	410,10	325,51



Gambar 4.9: Grafik Penentuan KAO

Nilai KAO didapatkan dari nilai parameter yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018, Nilai parameter yang didapatkan yaitu nilai VMA, VIM, VFB, density, Stabilitas, Flow, dan MQ dimasukkan dalam satu diagram dan ditentukan nilai kadar aspal yang memenuhi seluruh spesifikasi tiap parameter. Dapat dilihat pada gambar bahwa semua variasi kadar aspal memenuhi spesifikasi namun terdapat nilai parameter yang tidak seluruhnya memenuhi spesifikasi yaitu pada nilai vim. Nilai yang memenuhi hanya berada pada variasi 4,85 – 5,5 %, dan didapatkan batas atas – batas bawah dari variasi maka dicari kadar optimumnya yaitu nilai tengah dari kadar aspal yang memenuhi spesifikasi. Dengan hasil kadar aspal optimum yang diperoleh dari pengujian sebesar 5,20%.

4.2.3 Pencampuran Bahan Uji Dengan KAO



Gambar 4.10: Proses Pencampuran Bahan Uji.

Setelah didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) Sebesar 5,2%. Maka digunakan sebagai acuan penggunaan kadar aspal terhadap campuran AC-BC dengan bahan penambah *Serat Serabut Kelapa*. Berikut variasi yang digunakan pada tiap campuran :

Tabel 4.20: Hasil Perhitungan Berat Agregat yang Diperlukan Untuk Benda Uji Penggunaan Serat Serabut Kelapa 7%, 8%, 9%, pada KAO 5,2%.

Material	Persentase Material	Normal (gr)	Kadar Serat Serabut Kelapa		
			7%	8%	9%
Abu Batu	40%	450,9	436,1	436,1	436,1
Medium Agregat	34%	373,9	806,7	806,7	806,7
Coarse Agregat $\frac{3}{4}$	10%	110,0	915,8	915,8	915,8
Coarse Agregat 1"	15%	165,0	1079,3	1079,3	1079,3
Filler Semen	1%	10,9	1090,2	1090,2	1090,2
Serat Serabut Kelapa			4,22	4,83	5,43
Total	100%	1090,2	1094,4	1095,0	1095,6

4.2.4 Hasil Pengujian Marshall



Gambar 4.11: Proses Merendam Benda Uji Dalam Bak Perendam (*Water Bath*) Selama 30 – 40 Menit.



Gambar 4.12: Proses Pengujian Benda Uji Menggunakan Alat Marshall.

Uji marshall pada variasi campuran *serat serabut kelapa* dengan kadar aspal optimum dimaksudkan agar mendapatkan angka karakteristik marshall dan mengetahui pengaruh penambahan *serat serabut kelapa* dalam campuran aspal, serta mendapatkan kadar *serat serabut kelapa* yang optimum dalam pencampuran aspal. Hasil pengujian marshall dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut :

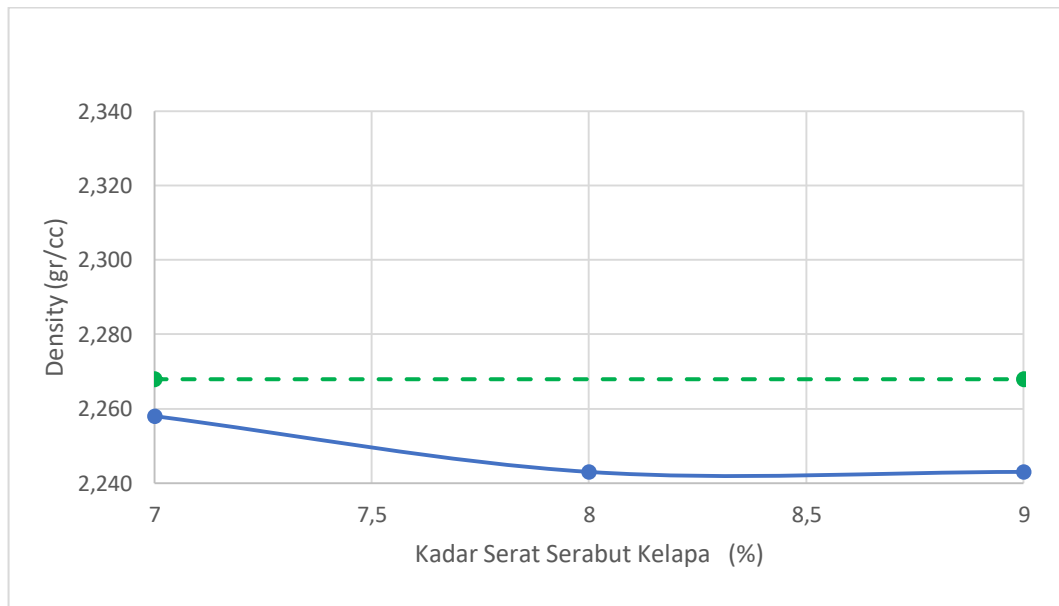
a. *Kepadatan (Bulk Density)*

Kepadatan adalah berat campuran pada setiap satuan volume. Faktor-faktor yang mempengaruhi kepadatan adalah gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, kualitas penyusunnya dan proses pemadatan yang meliputi suhu dan jumlah tumbukannya. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan tinggi akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah. Berikut ini adalah tabel dan grafik mengenai hubungan kadar bahan tambah serat serabut kelapa dengan kepadatan.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai kepadatan, hasil nilai kepadatan dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.21: Hasil Pengujian Kepadatan (*Bulk Density*) Variasi *Serat Serabut Kelapa*

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	<i>Bulk Density (gr/cc)</i>
7%	-	2,258
8%	-	2,243
9%	-	2,243



Gambar 4.13: Grafik Nilai *Bulk Density* Terhadap Variasi *Serat Serabut Kelapa*.

Dari Gambar 4.12 di atas menunjukkan bahwa penambahan kadar bahan tambah serat serabut kelapa mempengaruhi nilai kepadatan (density). Dimana nilai kepadatan yang menggunakan bahan tambah lebih rendah daripada yang tidak menggunakan bahan tambah.

Nilai kepadatan pada benda uji yang tidak menggunakan bahan tambah sebesar 2,268 gr/cc tertinggi, dengan bahan tambah serat serabut kelapa 7% sebesar 2,258 gr/cc. Sedangkan pada penambahan serat serabut kelapa 8% memiliki kepadatan 2,243 gr/cc dan 9% didapatkan nilai kepadatan sebesar 2,243 gr/cc.

b. Stabilitas (*Stability*)

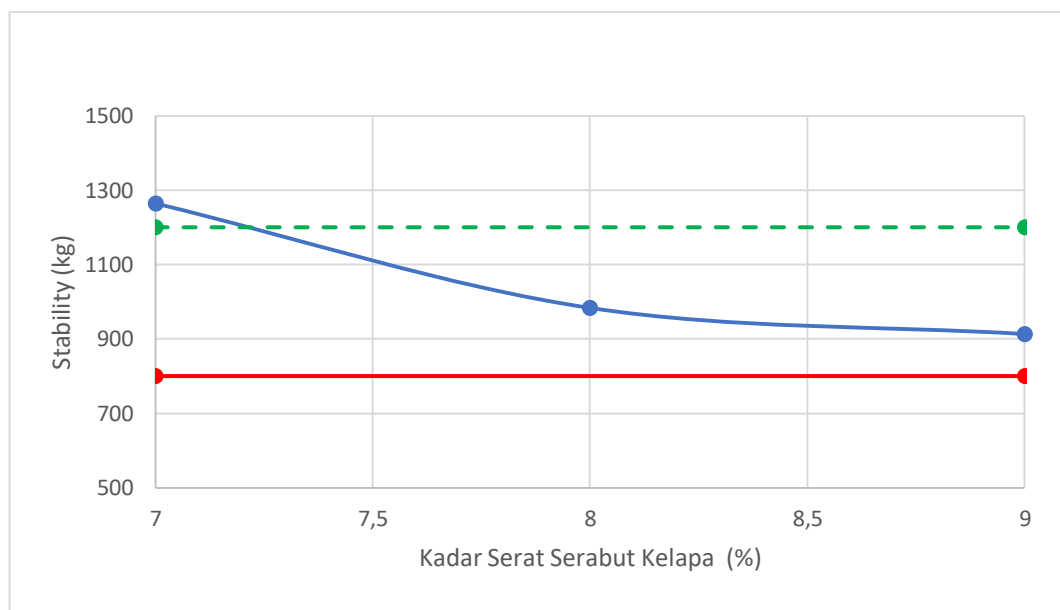
Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, dan bleeding. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani. Jalan yang melayani volume lalu lintas tinggi dan dominan terdiri dari kendaraan berat, membutuhkan perkerasan jalan dengan stabilitas tinggi. Sebaliknya perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk melayani lalu lintas kendaraan ringan tentu tidak perlu mempunyai stabilitas yang tinggi. Berikut ini

adalah grafik dan tabel perbandingan stabilitas antara aspal tanpa bahan tambah dengan aspal menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai stabilitas, hasil nilai stabilitas dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.22: Hasil Pengujian Kepadatan Stabilitas (*Stability*) Variasi Serat Serabut Kelapa.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	<i>Stability</i> (kg)
7%	Min 800	1264,5
8%	Min 800	983,5
9%	Min 800	913,3



Gambar 4.14: Grafik Nilai Stabilitas (*Stability*) Terhadap Variasi Serat Serabut Kelapa.

Dari Gambar 4.13 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada benda uji tanpa menggunakan bahan tambah adalah sebesar 1200 kg. Benda Uji dengan menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa dengan kadar 7% mengalami penurunan sebesar 1264,5 kg. Benda Uji dengan menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa dengan kadar 8% memiliki nilai stabilitas 983,5 kg, sedangkan benda uji dengan menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa kadar 9% memiliki nilai stabilitas 913,4 kg.

Pada hasil pengujian nilai stabilitas yang didapatkan nilai pada grafik terus mengalami penurunan. Nilai stabilitas semuanya memenuhi syarat spesifikasi umum Bina Marga.

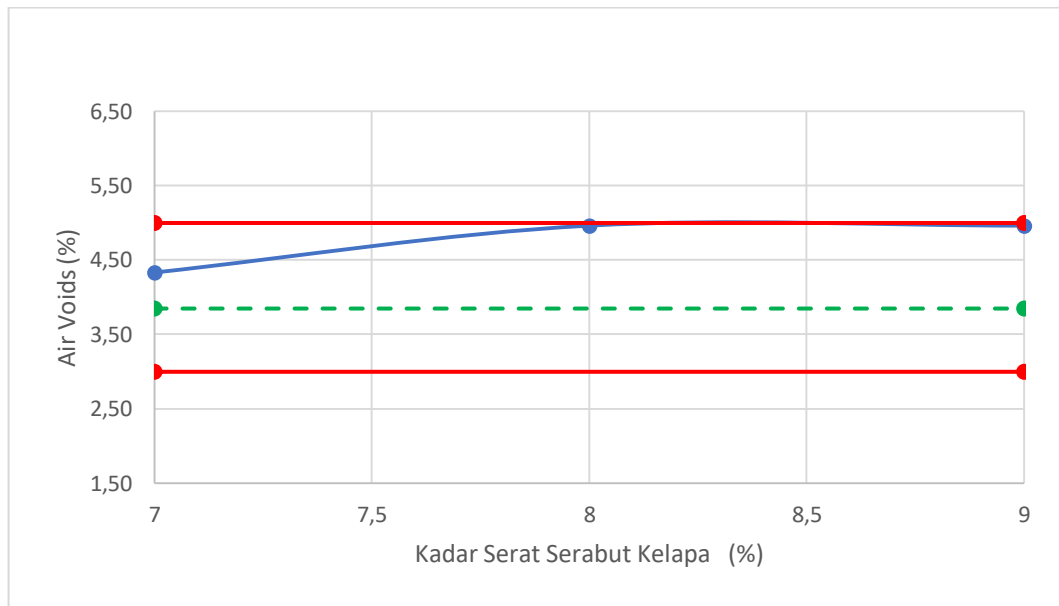
c. Air Voids (VIM)

VIM merupakan rongga udara dalam campuran aspal. Rongga udara ini terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM tersebut dinyatakan dalam persentase terhadap volume beton aspal padat. Berikut ini adalah tabel dan grafik perbandingan rongga udara dalam campuran antara agregat dan bahan tambah serat serabut kelapa.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai VIM, hasil nilai VIM dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.23: Hasil Pengujian Air Voids (VIM) Variasi *Serat Serabut Kelapa*.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	Air Voids (VIM)
7%	3-5	4,33
8%	3-5	4,96
9%	3-5	4,96



Gambar 4.15: Grafik Nilai Air Voids (VIM) Terhadap Variasi *Serat Serabut Kelapa*

Dari Gambar 4.14 di atas dapat dilihat bahwa karakteristik aspal pada rongga udara dalam campuran aspal ini kadar 7% 8% dan 9% hasilnya semua memenuhi syarat spesifikasi umum Bina Marga. Nilai terendah yang dipersyaratkan Bina Marga 3% dan tertinggi 5%.

Pada hasil pengujian nilai Air Voids / VIM semakin besar penambahan serat serabut kelapa didapatkan nilai pada grafik terus mengalami peningkatan. Semakin besar penambahan serat serabut kelapa dalam campuran maka rongga yang terbentuk semakin besar.

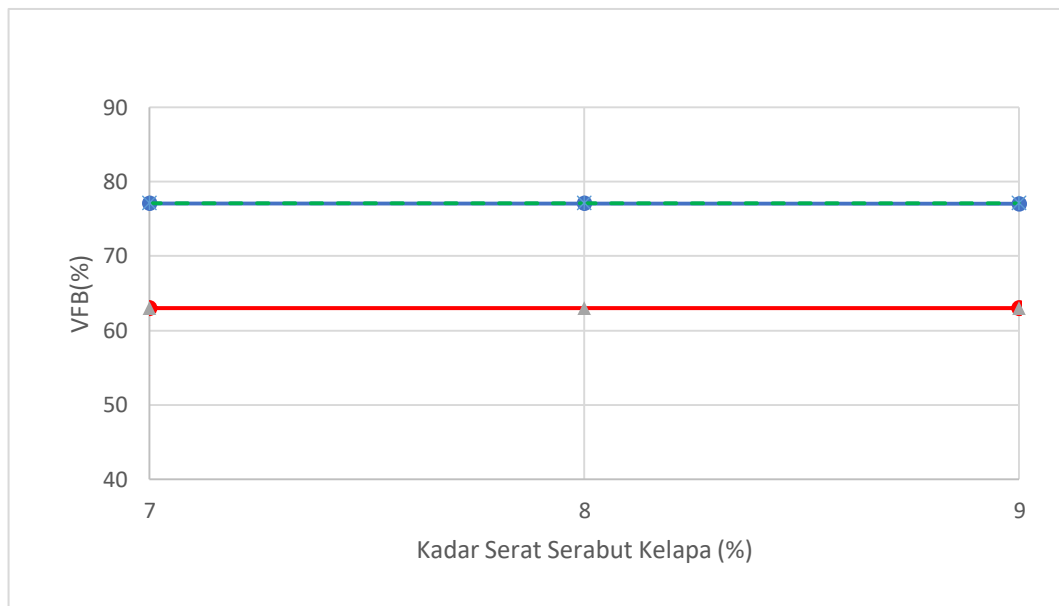
d. Voids Filled with Bitumen (VFB)

VFB adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFB yang disyaratkan minimal 65%. Faktor faktor yang mempengaruhi VFB antara lain kadar aspal, gradasi agregat, energy pemadatan (jumlah serta temperature pemadatan) dan absorbs agregat. Berikut ini adalah tabel dan grafik hubungan antara nilai VFB dengan menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai VFB, hasil nilai VFB dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.24: Hasil Pengujian Voids Filled with Bitumen (VFB) Terhadap *Serat Serabut Kelapa*.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	VFB
7%	Min 63	77,07
8%	Min 63	77,06
9%	Min 63	77,04



Gambar 4.16: Grafik Nilai Voids Filled with Bitumen (VFB) Terhadap Variasi *Serat Serabut Kelapa*.

Dari Gambar 4.15 di atas terlihat bahwa seiring penambahan kadar serat serabut kelapa nilai VFB semakin menurun.. Nilai VFB tertinggi yaitu pada bahan tanpa tambahan serat serabut kelapa sebesar 77,1%. Sedangkan untuk kadar bahan tambah serat serabut kelapa 7% sebesar 77,07%, kadar bahan tambah serat serabut kelapa 8% sebesar 77,06 dan pada kadar bahan tambah serat seabut kelapa 9% sebesar 77,04.

Dari grafik dapat dilihat nilai VFB mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar variasi *serat serabut kelapa*. Hal ini disebabkan serat menyerap aspal dan mengisi rongga lebih banyak.

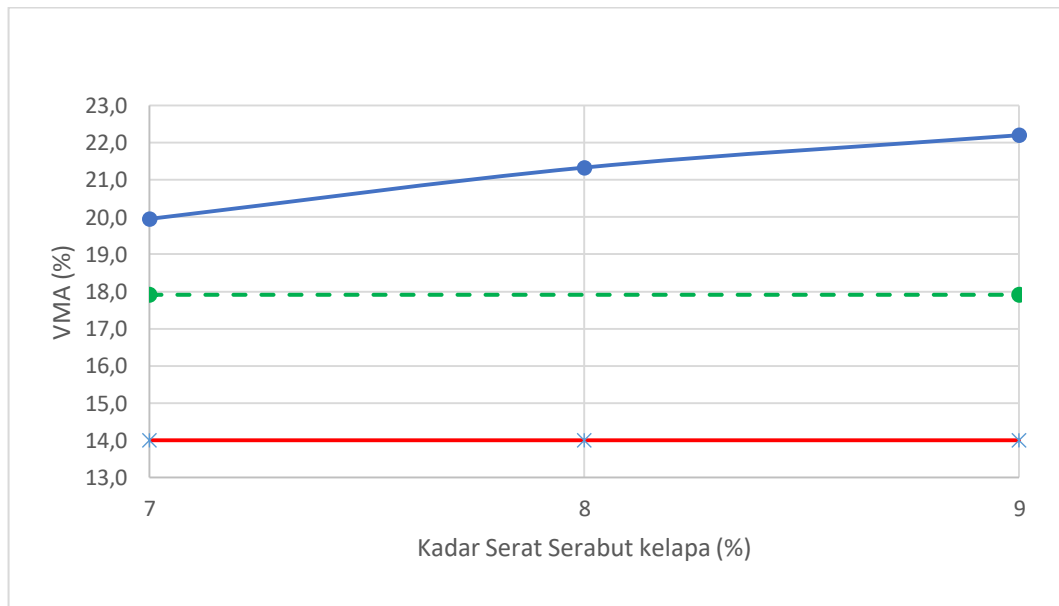
e. Void in Mineral Aggregate (VMA)

Rongga di antara mineral agregat atau VMA (*voids in mineral agregate*) adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan BJ Bulk (Gsb) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume Bulk campuran yang dipadatkan. Berikut ini grafik perbandingan rongga di antara mineral agregat atau VMA (*voids in mineral agregate*) antara benda uji yang tidak menggunakan bahan tambah dengan benda uji yang menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa dengan variasi kadar yang berbeda.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai VMA, hasil nilai VMA dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.25: Hasil Pengujian Void in Mineral Aggregate (VMA) Variasi *Serat Serabut Kelapa*.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	VMA
7%	Min 14	19,95
8%	Min 14	21,33
9%	Min 14	22,20



Gambar 4.17: Grafik Nilai Void in Mineral Aggregate (VMA) Terhadap Variasi Serat Serabut Kelapa.

Dari Gambar 4.16 di atas dapat diketahui bahwa penambahan serat serabut kelapa sangat mempengaruhi hasil dari rongga diantara mineral agregat. Untuk nilai VMA tanpa bahan tambah didapatkan nilai sebesar 17,92%. Nilai VMA tertinggi terjadi pada penambahan kadar serat serabut kelapa 9% sebesar 22,2%. Kemudian kadar 7% sebesar 19,95%, kadar 8% sebesar 21,33%. Dari hasil tersebut, maka semua benda uji telah memenuhi nilai VMA yang disyaratkan oleh Bina Marga minimal 14%.

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar variasi *serat serabut kelapa*. Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori.

f. Kelelahan (*flow*)

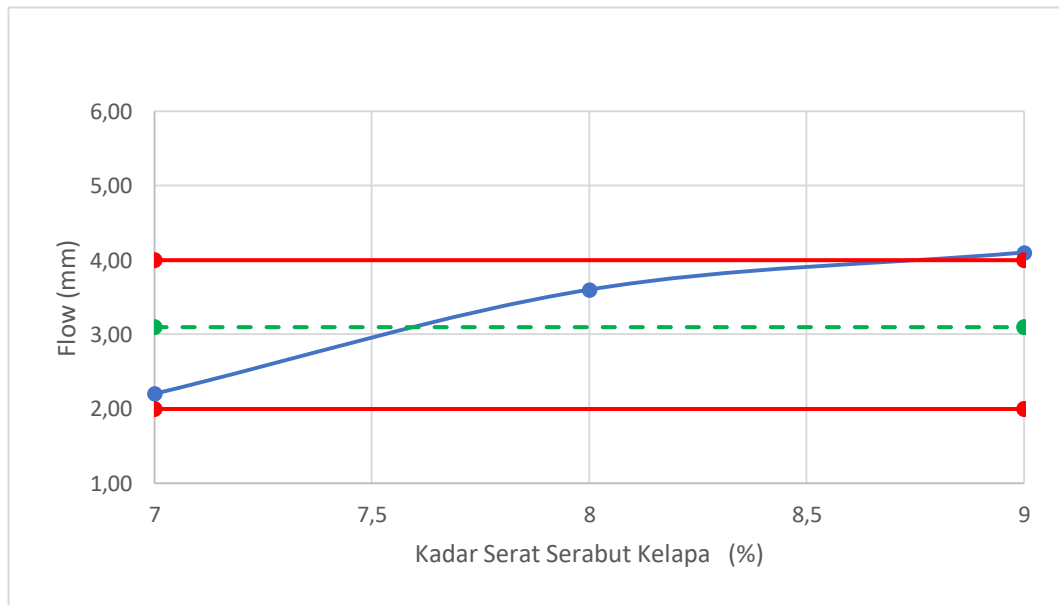
Flow adalah tingkat kelehan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 60° C. Ketahanan terhadap kelelahan (*flow*) merupakan kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Hal ini dapat tercapai jika mempergunakan kadar

aspal yang tinggi. Berikut ini adalah tabel dan grafik ketahanan terhadap kelelehan aspal yang menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan didapatkan nilai kelelehan, hasil nilai kelelehan dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 4.26: Hasil Pengujian Kelelehan (*Flow*) Variasi Serat Serabut Kelapa.

Kadar Aspal	Spesifikasi Umum	<i>Flow</i>
7%	2-4	2,20
8%	2-4	3,60
9%	2-4	4,10



Gambar 4.18: Grafik Nilai Kelelehan (*Flow*) Variasi Serat Serabut Kelapa.

Nilai campuran normal pada pelelehan ini sebesar 3,10 mm.

Untuk yang menggunakan bahan tambah 7% memiliki nilai kelelehan sebesar 2,20 mm dan berikutnya dengan bahan tambah 8% memiliki nilai kelelehan sebesar 3,60 mm dan untuk bahan tambah 9% memiliki nilai kelelehan sebesar 4,10 mm. Hanya 9% yang tidak memenuhi batas dari spesifikasi bina marga yang memiliki nilai flow maksimum 4mm.

Berikut adalah tabel rekapitulasi Dari hasil nilai pengujian sifat Marshall untuk nilai Berat Isi (*Bulk Density*), stabilitas (*Stability*), Persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Voids Filleds with Bitumen (VFB), Persentase Rongga Terhadap Agregat (VMA), Kelelehan (*Flow*) untuk campuran aspal normal dengan penambahan serat serabut kelapa 7%, 8% dan 9% dapat dilihat perbandingannya pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27: Rekapitulasi Hasil Uji Marshall Variasi Serat Serabut Kelapa 7%, 8%, 9% Pada KAO.

Karakteristik	Spesifikasi umum	Jenis Aspal			
		Normal	Serat Serabut Kelapa		
			7%	8%	9%
Bulk Density (gr/cc)	-	2,268	2,258	2,243	2,243
Stability (kg)	Min 800	1200	1264,5	983,5	913,3
Air Voids (%)	3-5	3,85	4,33	4,96	4,96
Voids Filleds Bitumen (%)	Min 63	77,10	77,07	77,06	77,04
VMA (%)	Min 14	17,92	19,95	21,33	22,20
Flow (mm)	2-4	3,10	2,20	3,60	4,10

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*) dengan menggunakan serat serabut kelapa, maka kesimpulan yang didapat dari penelitian ini:

1. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,20%
2. Perubahan pada nilai karakteristik Marshall substitusi aspal dengan *serat serabut kelapa*,, berikut adalah hasil pengujian:
 - a. Nilai bulk density pada benda uji campuran normal adalah sebesar 2,268 gr/cc. Benda uji dengan bahan tambah serat serabut kelapa 7% sebesar 2,258 gr/cc. Sedangkan pada penambahan serat serabut kelapa 8% memiliki kepadatan 2,243 gr/cc dan 9% didapatkan nilai kepadatan sebesar 2,243 gr/cc. Dengan ini nilai bulk density penambahan serat serabut kelapa memiliki nilai yang cukup baik karena nilai yang didapat tidak jauh dari nilai campuran normal
 - b. Nilai stabilitas pada benda uji campuran normal adalah sebesar 1200 kg. Benda Uji dengan bahan tambah serat serabut kelapa dengan kadar 7% sebesar 1264,5 kg. Benda Uji dengan menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa dengan kadar 8% mengalami penurunan memiliki nilai stabilitas 983,5 kg, sedangkan benda uji dengan menggunakan bahan tambah serat serabut kelapa kadar 9% juga mengalami penurunan memiliki nilai stabilitas 913,4 kg. Dengan ini nilai stabilitas dengan bahan tambah serat serabut kelapa semuanya memenuhi spesifikasi umum bina marga yang memiliki batas minimal 800. Nilai stabilitas kadar 7% memiliki nilai yang mendekati dengan nilai campuran normal.

- c. Nilai Air Voids / VIM pada benda uji campuran normal adalah sebesar 3,85. Benda uji dengan bahan tambah serat serabut kelapa 7% sebesar 4,33%, kadar serat serabut kelapa 8% mengalami kenaikan nilai VIM sebesar 4,96%, dan kadar serat serabut kelapa 9% sebesar 4,96%. Sehingga kadar serat serabut kelapa, 7%, 8%, dan 9% memenuhi spesifikasi bina marga yang memiliki batas minimal 3% dan maksimal 5%.
- d. Nilai VFB pada benda uji campuran normal adalah sebesar 77,10. Benda uji dengan bahan tambah serat serabut kelapa 7% sebesar 77,07%, kadar serat serabut kelapa 8% sebesar 77,06%, kadar serat serabut kelapa 9% sebesar 77,04%. Sehingga dengan bertambahnya serat serabut kelapa, nilai VFB mengalami penurunan dan kadar serat serabut kelapa, 7%, 8%, 9% memenuhi spesifikasi umum bina marga yang memiliki batas minimal 63%. Dengan ini nilai VFB penambahan serat serabut kelapa memiliki nilai yang baik karena nilai yang didapat mendekati dengan nilai campuran normal.
- e. Nilai VMA pada benda uji campuran normal adalah sebesar 17,92%. Benda uji dengan bahan tambah serat serabut kelapa 7% sebesar 19,95%, kadar serat serabut kelapa 8% sebesar 21,33%, kadar serat serabut kelapa 9% sebesar 22,20%. Sehingga dengan bertambahnya serat serabut kelapa, nilai VMA mengalami kenaikan dan kadar serat serabut kelapa, 7%, 8%, 9% memenuhi spesifikasi bina marga yang memiliki batas minimal 14%.
- f. Nilai *flow* pada benda uji campuran normal adalah sebesar 3,10 mm. Benda uji dengan bahan tambah serat serabut kelapa kadar 7% sebesar 2,20 mm, pada kadar 8% sebesar 3,60 mm, kadar 9% sebesar 4,10 mm. Sehingga dengan bertambahnya serat serabut kelapa, nilai *flow* mengalami kenaikan. Kadar 9% memiliki nilai *flow* 4,10 mm maka dari itu kadar 9% tidak memenuhi batas maksimum dari spesifikasi umum bina marga yang memiliki nilai *flow* maksimum 4mm.

3. Dari hasil pengujian Marshall yang meliputi pengujian Bulk Density, Stabilitas, VIM, VFB, VMA dan Flow, bahwa kadar serat serabut kelapa 7% dan 8% memiliki nilai yang baik dan memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2018. Sedangkan kadar serat serabut kelapa 9% memiliki nilai yang tidak begitu bagus, sehingga harus dilakukan penelitian lebih lanjut lagi agar lebih dapat dipastikan karena kurangnya referensi tentang penelian aspal AC-BC yang menggunakan campuran serat serabut kelapa.

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. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai aspal substitusi serat serabut kelapa, pada AC-BC agar lebih banyak referensi yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

- Lestari, Tri. 2012. *Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete- Binder Course (AC-BC) Bergradasi Kasar Akibat Perubahan Gradasi Agregat*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Lim, Andhi, Rudy Hermanto, Paravita Sri Wulandari, and Harry Patmadjaja. 2017. "Pengaruh Penambahan Sabut Kelapa Terhadap Stabilitas Campuran Aspal Emulsi Dingin"
- Linggo, JF. Soandrijanie, and P.Eliza Purnamasari. 2007. "Pengaruh Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah Dengan Filler Serbuk Bentonik Pada HRS-Base dan HRS-WC"
- Lubis, M. Iqbal Azhari. 2019. "Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Penambah Serat Selulosa Pada Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) (Studi Penelitian)."
- Mere, S., 2004, Pengaruh Penggunaan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah pada Campuran SMA (Split Mastic Asphalt) 0/11, Tugas Akhir S1, UAJY, Yogyakarta.
- Muhammad Faurus Syafiq, M. Zainal Arifin, Hendi Bowoputro, Luthfi Djakfar, and Lasmini Ambarwati. 2018. "Studi Pengaruh Penambahan Serabut Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Porus" *Rekayasa Sipil* 12(2)
- Nursandah, F. (2019). Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall. *4*(2), 262–267.
- Razuardi, R., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Penambahan Buton Rock Asphalt (Bra) Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (Ac-Wc).
- Rendrahadi, Kurniawan Dwi, 2019. "Pengaruh Penambahan Serat Serabut Kelapa Pada Campuran Asphalt Treated Base (ATB) Ditinjau Dari Uji Marshall"
- Royan, Noto, 1998, Pengaruh Penggunaan Sabut Kelapa Sebagai Bahan Tambah pada Campuran Hot Rolled Asfalt (HRA), Tesis S2, MSST, UGM, Yogyakarta.

- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas. In *Institut Teknologi Nasional*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Sukirman, Silvia. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Nova.