

TUGAS AKHIR

(SKRIPSI)

**PENGARUH PENAMBAHAN SERABUT KAYU PADA CAMPURAN AC-
BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL**

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Pada Fakultas Teknik Sipil Universitas Sangga

Buana YPKP

DISUSUN OLEH:

PEDRO LUIS LOPES

2112181089



**PROGRAM STUDY TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SANGGA BUAN YPKP
BANDUNG
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERABUT KAYU 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 :

PEDRO LUIS LOPES 2112181089

Disetujui Oleh :

Disetujui di Bandung Tanggal 5 Maret 2024 Oleh:

Dosen Pembimbing 1

Pembimbing 2



Ir. Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU., Aseng Eng.


Muhammd Syukri, ST., MT.

NIK. 432.200.091

NIK. 432.200.200

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Chandra Afriade Siregar, ST., MT., IPU., Aseng Eng.

NIK. 432.200.091

KATA PENGANTAR

Segala syukur dan puji hanya bagi Tuhan Maha Esa, oleh karena anugerah-Nya yang melimpah, kemurahan dan kasih setia yang besar akhirnya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini guna memenuhi salah satu persyaratan dalam mencapai Gelar Sarjana Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Adapun judul dari penulisan skripsi ini adalah : ” *PENGARUH PENAMBAHAN SERABUT KAYU PADA CAMPURAN ACBC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL* ”

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah salah satu syarat Akademis dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana untuk (Strata – 1) Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Saya menyadari Tidak dapat dipungkiri bahwa butuh usaha dan kerja keras dalam penyelesaian pengerjaan tugas akhir ini. Namun, karya ini tidak akan selesai tanpa orang-orang tercinta di sekeliling saya yang mendukung dan membantu dalam bentuk pikiran, material, serta motivasi yang tidak pernah ada habisnya.

Terima kasih saya sampaikan kepada :

1. Dr,Didin Saepudin, SE.,M.Si selaku Rektor Universitas SanggaBuana YPKP Bandung.
2. Dr. Teguh Nurhadi Suharsono, ST.,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.A.P.,M.A.P, selaku Wakil Rektor III Universitas Sangga Buana YPKP Bandung.
5. Slamet Risnanto,ST.,M.Kom. selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil Universitas Sangga Buana YPKP Bandung
6. Muhammad Syukri S,T. M.T selaku Ketua Program Studi S1 TeknikSipil sekaligus Dosen Pembimbing II peniliitian

7. Ir. H. Chandra Afriade Siregar, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I Transportasi Universitas Sangga Buan YPKP - Bandung
8. Seluruh Karyawan PT. Trisakti Manunggal perkasa internasional yang telah mengizinkan penelitian
9. Kedua orang tua saya yang telah memberi dukungan materil, motivasi dan spiritual dalam penyelesaian kegiatan perkuliahan.
10. Teman-teman sejawat di lingkungan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sangga Buana (USB) YPKP.
11. Rekan-rekan seangkatan yang senantiasa memberi dukungan dalam penyusunan laporan topsus ini.
12. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan penelitian.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini saya selaku penulis menyadari masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dalam perbaikan penyusunan laporan selanjutnya.

Akhir kata penulis berharap agar laporan ini bermanfaat bagi para pembaca umumnya saya pribadi khususnya selaku penulis. Atas segala perhatiannya, diucapkan trimakasih. Semoga Alla Yang Maha Kuasa memberika balasan yang setimpal atas kebaikan dan jasa-jasanya dengan pahala yang melimpah Amin.

Bandung, Januari 2023



Penulis

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN SERABUT KAYU PADA CAMPURAN AC_BC PENETRASI 60/70 TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

Meningkatnya volume lalu lintas kendaraan, berakibat pada peningkatan beban kendaraan, hal ini sering menjadi penyebab kondisi jalan mengalami kerusakan, akibat kondisi jalan yang buruk sangat berpengaruh pada perekonomian masyarakat. Selain faktor beban kendaraan yang lebih besar dari kapasitas beban sehingga terjadi kerusakan, faktor iklim dan cuaca juga sangat berpengaruh pada kekuatan, keawetan, maupun ketahanan lapisan perkerasan jalan. Lapisan perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai perkerasan lentur yang umum digunakan dan bersifat structural adalah Lapisan Aspal (Laston) Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serabut kelapa sebagai pengisi terhadap agregat dalam campuran Laston AC-BC. Pertama dicari terlebih dahulu nilai kadar aspal optimum tanpa penambahan serabut kayu dan dilanjutkan pembuatan benda uji dengan kadar aspal optimum dengan bahan tambah serabut kayu untuk mendapatkan variasi kadar serabut kayu yang optimal dengan melakukan pengujian marshall. Dari Hasil Pengujian yang dilakukan, kadar aspal optimum yang sesuai spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 dengan campuran Laston AC-BC didapat 7 %. Lalu disubstitusi terhadap agregat dengan bahan tambah serabut kayu dengan variasi 2 %, 3 %, dan 4 %. Dari hasil kadar aspal optimal normal sebesar 5,2 %. Maka campuran Laston AC-BC dengan kadar aspal 7 % ditambah variasi serabut kayu 2% mendapatkan kadar aspal optimum 5,%, kemudian ditambah variasi 3% mendapatkan kadar aspal optimum 5,4 %, dan ditambah variasi 4% mendapatkan kadar aspal optimum 5,5% serta menggunakan aspal pertamina 60/70 mendapat hasil pengujian Marshall yang beberapa parameter tidak memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018.

Kata kunci – Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC),Perkarsan jalan, Serabut Kayu.

ABSTRACT

THE EFFECT OF ADDING WOOD FIBERS TO AC_BC MIXTURES OF 60/70 PENETRATION ON MARSHALL CHARACTERISTICS

The increasing volume of vehicle traffic, resulting in an increase in vehicle loads, this is often the cause of road conditions experiencing damage, due to poor road conditions greatly affect the economy of the community. In addition to vehicle load factors that are greater than the load capacity resulting in damage, climate and weather factors also greatly affect the strength, durability, and durability of road pavement layers. Road pavement layers that use asphalt as a commonly used flexible pavement and are structural in nature are Asphalt Layers (Laston). The research aims to determine the effect of the addition of coconut fibers as a filler to the aggregate in the AC-BC Laston mixture. First look for the optimum asphalt content value without the addition of wood fibers and continue making test objects with optimum asphalt content with wood fiber additives to get the optimal variation of wood fiber content by conducting marshall testing. From the results of the tests carried out, the optimum asphalt content according to the 2018 Bina Marga General specifications with the AC-BC Laston mixture was obtained 7%. Then substituted for aggregate with wood fiber additives with variations of 2%, 3%, and 4%. From the results of the normal optimal asphalt content of 5.2%. Then the AC-BC Laston mixture with 7% asphalt content plus 2% wood fiber variation gets the optimum asphalt content of 5%, then plus 3% variation gets the optimum asphalt content of 5.4%, and plus 4% variation gets the optimum asphalt content of 5.5% and using Pertamina 60/70 asphalt gets Marshall test results that some parameters do not meet the 2018 Bina Marga General specifications.

Key words - Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC), road pavement, wood fiber.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	4
BAB II TINJAUAN TEORI	5
2.1 Aspal	5
2.2 <i>Ashpalt Treated Base (ATB)</i>	5
2.3 Aspal Polimer	6
2.4 Pembagian Aspal Laston	7
2.5 Agregat	8
2.5.1 Agregat Umum.....	8
2.5.2 Agregat Kasar.....	9
2.5.3 Agregat Halus.....	10
2.6 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>) Untuk Campuran Beraspal.....	12
2.6.1 Serabut Kayu	12
2.6.2 Karakteristik Serabut Kayu	13
2.7 Gradasi Agregat Gabungan.....	14
2.8 Bahan Aspal Untuk Campuran Beraspal	13
2.9 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar (SNI 03-1968-1990)	19

2.9.1 Ruang Lingkup	19
2.9.2 Pengertian	19
2.9.3 Peralatan	19
2.9.4 Benda Uji.....	20
2.9.5 Cara Pengujian.....	21
2.10 Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Uji <i>Marshall</i> (SNI 062489-1991)	22
2.10.1 Ruang Lingkup	22
2.10.2 Pengertian	22
2.10.3 Cara Uji	22
2.10.4 Perhitungan.....	23
2.10.5 Tabel Grafik dan Koreksi <i>Marshall</i>	23
2.10.5 Metode pengujian marshall	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Metode Penelitian	34
3.1.1 Data Primer.....	34
3.1.2 Data Sekunder	34
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	34
3.3 Lokasi Penilitan	34
3.4 Bahan dan Peralatan	35
3.3.1 Bahan.....	35
3.3.2 Peralatan	27
3.4 Persiapan Material	46
3.5 Pemeriksaan Agregat.....	48
3.6 Pembuatan benda Uji.....	48
3.7 Pengujian Dengan Alat <i>Marshall</i>	49
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	51
4.1 Hasil Penyajian Data.....	52
4.1.1 Pemeriksaan Karakteristik Agregat	52
4.1.2 Pemeriksaan Karakteristik Aspal.....	53

4.2 Analisa Rancangan Campuran.....	53
4.3 Pembuatan Benda Uji Pada Penentuan KAO	54
4.3.1 Perhitungan Kebutuhan Material Untuk Pembuatan Sampel Marshall	54
4.3.2 Data Uji <i>Marshall</i> Dan Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	56
4.3.3 Data Uji Marshall Pada Kadar Aspal Optimum	57
4.3.3 Data Uji Marshall Pada Kadar Aspal Optimum	57
4.4 Pembahasan	
4.4.1 Analisis Data Pada Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) ...	58
4.4.2 Analisa Data Pengujian Karakteristik Marshall Kadar Aspal Optimum	64
4.4.5 Analisa Data Pengujian Karakteristik Marshall Dengan Tambahkan Serabut Kayu	65
4.4.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	66
BAB V KESIMPILAN DAN SARAN	67
5.1 Kesimpulan	68
5.2 Saran	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	10
Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	11
Tabel 2.3 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	14
Tabel 2.4 Contoh Batas-Batas “Bahan Bergradasi Senjang” (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	15
Tabel 2.5 Ketentuan Untuk Aspal Keras (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018).	16
Tabel 2.6 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)	16
Tabel 2.7 Tabel Koreksi <i>Marshall</i> (Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat <i>Marshall</i> SNI 06-2489-1991)	17
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat	50
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Analisa	51
Tabel 4.3 Pemeriksaan Karakteristik Aspal	52
Tabel 4.4 Perencanaan Gradasi Gabungan	53
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Marshall Untuk Kadar Aspal Optimum	56
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Marshall Untuk Kadar Aspal Optimum	58
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum Dengan Tambahannya Serabut Kayu	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Susunan lapis konstruksi perkerasan lentur	7
Gambar 2.2. Grafik Angka Koreksi <i>Marshall</i>	20
Gambar 3.1. Bagan alur penelitian yang dilaksanakan	24
Gambar 3.3. penetrasi 60/70	27
Gambar 3.2. lokasi penelitian.....	27
Gambar 3.4. agregat halus.....	28
Gambar 3.5. agregat kasar.....	28

Gambar 3.6. serabut kayu.....	28
Gambar 3.7. solar	29
Gambar 3.8. neraca ohaus	29
Gambar 3.9. stopwactch	30
Gambar 3.10. penetrometer	31
Gambar 3.11. penetrasi.....	32
Gambar 3.12. cawan.....	32
Gambar 3.13. termometer.....	32
Gambar 3.14. cincin penguji	33
Gambar 3.15.bola baja	33
Gambar 3.16. kedudukan benda uji.....	33
Gambar 3.17. kompor listrik	34
Gambar 3.18. kawat kasa	34
Gambar 3.19. penjepit termometer.....	35
Gambar 3.20. Satu Set Saringan.....	35
Gambar 3.21. Mould	36
Gambar 3.22. Penumbuk.....	36
Gambar 3.23.Bak Pengaduk.....	37
Gambar 3.24. Pengujian Marshall.....	37
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Gabungan	53
Gambar 4.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-BC	57
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal Dan Stabilitas	58
Gambar 4.4 Grafik Nilai Bulk Density Terhadap Kadar Aspal	59
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Density	60
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan MQ	61
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal Dan VIM	62
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VMA.....	63
Gambar 4.9 Gambar Hubungan kadar aspal dan VFB.....	64
Gambar 4.10 Gambar Diagram Density.....	65

Gambar 4.11 Gambar Diagram VMA.....	65
Gambar 4.12 Gambar Diagram VFB	65
Gambar 4.13 Gambar Diagram VIM	65
Gambar 4.14 Gambar Diagram Stabilitas	65
Gambar 4.15 Gambar Diagram flow	



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Aspal merupakan zat padat hingga semi padat dengan warna berkisar dari hitam hingga coklat tua. Aspal merupakan bahan termoplastik karena meleleh jika dipanaskan dan mengeras kembali jika suhu turun. Aspal dapat diproduksi secara artifisial atau organik. Aspal alam dapat ditemukan di lingkungan; contohnya termasuk aspal yang ditemukan di pegunungan dan danau Pulau Buton di Trinidad. Batubara atau minyak bumi (aspal minyak) dapat disuling untuk membuat aspal buatan. Aspal minyak bumi merupakan jenis aspal yang sering digunakan pada aspal campuran panas. Menurut Mashuri (2010), ada tiga jenis aspal minyak: aspal emulsi, aspal dingin/cair, dan aspal keras (disebut juga aspal semen).

Di Indonesia, aspal minyak penetrasi 60/70 atau AC 60/70 digunakan sebagai bahan pengikat perkerasan jalan. Namun berdasarkan pantauan di lapangan, AC (60/70) disebut tidak terlalu kuat dan cenderung cepat mengeras sehingga menyebabkan retakan pada perkerasan. Hal ini disebabkan oleh iklim tropis Indonesia yang panas sepanjang tahun, curah hujan yang tinggi, dan kondisi permukaan jalan yang biasanya tidak stabil. Bahan pengikat yang memiliki kualitas tertentu, antara lain kuat, memiliki titik lunak yang tinggi, elastis, memiliki daya rekat yang kuat, dan tahan lama, diperlukan untuk mengatasi kendala yang ditimbulkan oleh iklim perkerasan jalan di Indonesia. Menjadikan aspal minyak penetrasi 60/70 lebih baik dalam hal kekerasan, titik lembek yang tinggi, elastisitas, daya rekat yang baik.

Sebut kayu yang digunakan memiliki persyaratan sebagai berikut:

- a) Serabut kayu yang bersih.
- b) Serat kayu baru

c) Memiliki kandungan serat kering 20%–28%. Persyaratan bahan tambahan harus dipenuhi agar dapat menghasilkan aspal serabut kayu secara efektif. Sifat-sifat yang harus ada pada bahan yang ditambahkan pada aspal adalah sebagai berikut:

1. Sepanjang penyimpanan, pengeringan, dan masa pakai, kualitas manfaat aspal asli harus dipertahankan.
2. Mudah ditangani, bahkan dengan mesin tradisional.
3. Dapat bertahan dengan baik selama pemrosesan, penyimpanan, dan servis baik secara kimia maupun fisik.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah sebagaimana ditunjukkan oleh latar belakang penjelasan di atas adalah:

1. Berapakah nilai karakteristik Marshall pada kombinasi Asphalt Concrete Binder Course penetrasi 60/70 yang memenuhi standar Bina Marga 2018 dan mengandung bahan tambahan serabut kayu?
2. Sejauh mana pengaruh serat kayu terhadap sifat Marshall pada aspal penetrasi 60/70?

1.3. Batasan Masalah

Cakupan studi yang tercakup dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Sifat Marshall dari campuran yang dibuat dengan aspal AC (60/70) diperiksa dalam penelitian ini.
2. Dampak penambahan serabut kayu pada campuran di lapisan perantara (AC-BC) diselidiki dalam penelitian ini.

1.4. Maksud Dan Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menentukan nilai karakteristik Marshall pada campuran AC-BC dengan menggunakan serat kayu dan penetrasi 60/70 yang memenuhi persyaratan Bina Marga tahun 2018.
2. Untuk mengetahui pengaruh sifat Marshall terhadap penambahan serat kayu pada campuran AC-BC penetrasi 60/70.

1.5. Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat dari penelitian ini:

1. Berkenaan dengan aplikasi serabut kayu sebagai bahan tambahan pada campuran aspal dengan tingkat penetrasi 60/70, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah.
2. Secara teori, penelitian ini dapat memperdalam pengetahuan kita tentang analisis data dan membantu kita dalam mendapatkan nilai Marshall untuk analisis yang komprehensif.
3. Penelitian ini secara realistis dapat menentukan keefektifan penyisipan serabut kayu ke dalam aspal, berdasarkan tingkat AC 60/70.

1.6. Sistematika Penulisan

Laporan kajian dengan topik khusus ini dibagi menjadi tiga bab dan lampiran yang memuat uraian berbagai bagian. Berikut sistematika umum laporan penelitian ini:

BAB I PENDAHULUAN : Menguraikan konteks, uraian masalah, ruang lingkup, tujuan, dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN TEORI : Mengkaji teori-teori yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat guna memberikan landasan ilmiah bagi teori tersebut.

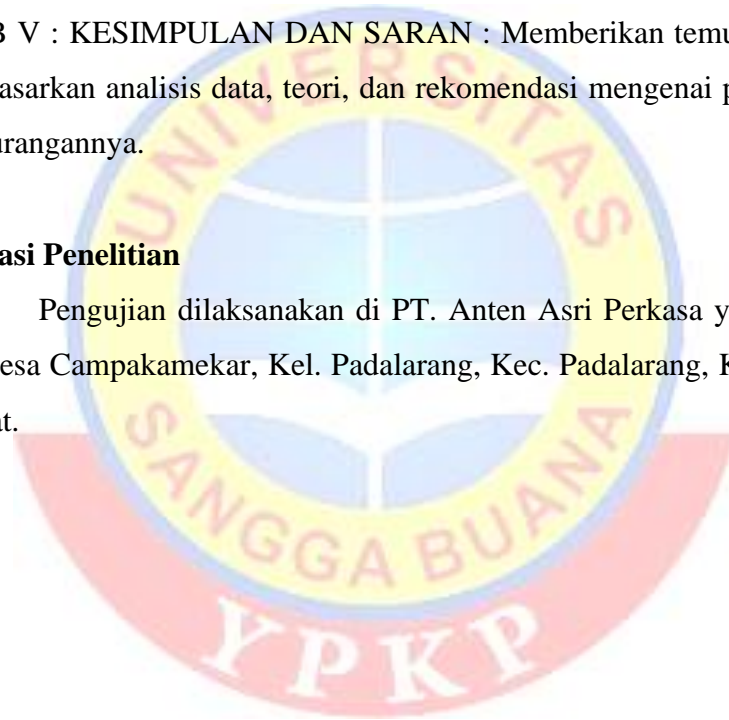
BAB III : METODE PENELITIAN : Meliputi langkah-langkah pemecahan masalah dan kerangka pemecahan masalah.

Bab IV): Menyajikan hasil kajian dan pembahasan untuk memberikan konteks data.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN : Memberikan temuan penelitian berdasarkan analisis data, teori, dan rekomendasi mengenai penelitian dan kekurangannya.

1.7. Lokasi Penelitian

Pengujian dilaksanakan di PT. Anten Asri Perkasa yang berlokasi di Desa Campakamekar, Kel. Padalarang, Kec. Padalarang, Kab. Bandung Barat.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Aspal

Aspal, juga dikenal sebagai bahan aspal, adalah bahan berwarna hitam atau coklat tua yang berfungsi sebagai pengikat. Aspal berbentuk padat hingga agak padat pada suhu kamar dan sebagian besar terdiri dari bitumen, sebuah hidrokarbon. (Amal, 2012) Aspal adalah bahan semen kental yang terbentuk secara alami atau dibuat secara artifisial dimana berbentuk rapat atau agak rapat. Berwarna gelap, hampir hitam. Pitch, tar, atau aspal adalah contoh dari aspal. Pitch adalah produk sampingan dari distilasi fraksional tar, sedangkan aspal ditemukan di alam atau sebagai sisa dari penyulingan minyak bumi. Tar adalah kondensat yang tersisa setelah penyulingan destruktif dari batu bara, minyak bumi, kayu, atau bahan organik lainnya.

Pitch dan tar adalah bahan sintetis dan bukan sumber daya alam. Aspal umumnya disebut sebagai aspal karena hanya aspal, dari tiga bentuk aspal yang disebutkan sebelumnya, yang sering digunakan sebagai bahan pembuat trotoar. Karena aspal adalah termoplastik, aspal akan meleleh pada cuaca panas dan membeku lagi pada cuaca dingin. Proses pembuatan perkerasan jalan memanfaatkan sifat ini. Empat sampai sepuluh persen berat atau sepuluh sampai lima belas persen volume campuran mengandung aspal dalam campuran perkerasan. Sukirman (2016).

2.2. Aspal Dasar

Pada konstruksi lentur, lapisan bawah dikenal sebagai lapisan pondasi (asphalt treated base), yang merupakan komponen dari beton aspal campuran panas. Ditempatkan di atas lapisan pondasi bawah, perkerasan jenis ini terdiri dari campuran agregat dan bahan pengikat yang

dipadatkan. Tujuannya adalah untuk menopang dan mendistribusikan beban dan berfungsi sebagai platform untuk lapisan permukaan yang akan diletakkan. Selain itu, ATB direkayasa untuk meningkatkan ketahanannya terhadap deformasi dan pencairan yang tidak dapat dipulihkan (Amal, 2012).

2.3. Aspal Polimer

Aspal yang telah diperkuat dengan polimer dikenal sebagai aspal modifikasi polimer, dan terdiri dari dua jenis: aspal plastomer dan aspal elastomer. Polipropilena dan polietilena adalah contoh plastomer, sedangkan stirena butadiena stirena (SBS) dan aspal serat kayu alami adalah contoh elastomer (SNI 6749:2008). Kualitas aspal telah ditingkatkan melalui penggunaan polimer sintetis. Di sisi lain, ketergantungan terhadap produsen luar negeri dan kurangnya nilai tambah untuk barang produksi dalam negeri ditunjukkan oleh permintaan bahan impor. (Prastanto 2014).

Berdasarkan penetrasi, titik pelunakan, titik nyala, dan persentase penurunan berat badan setelah temuan uji pemanasan, konsentrasi ideal, atau 5%, ditentukan.. Data uji Marshall yang mencakup nilai-nilai berikut: 1246,37 kg, 3,50 mm, 95,67%, dan 346,33 kg/mm untuk stabilitas, kelelahan, stabilitas residu setelah perendaman, dan hasil bagi Marshall. Nilai-nilai tersebut lebih tinggi dari aspal tanpa bahan aditif (kontrol) dan memiliki standar SNI 062489-91) untuk aspal polimer. Prasanto bersama rekan-rekannya (2015).

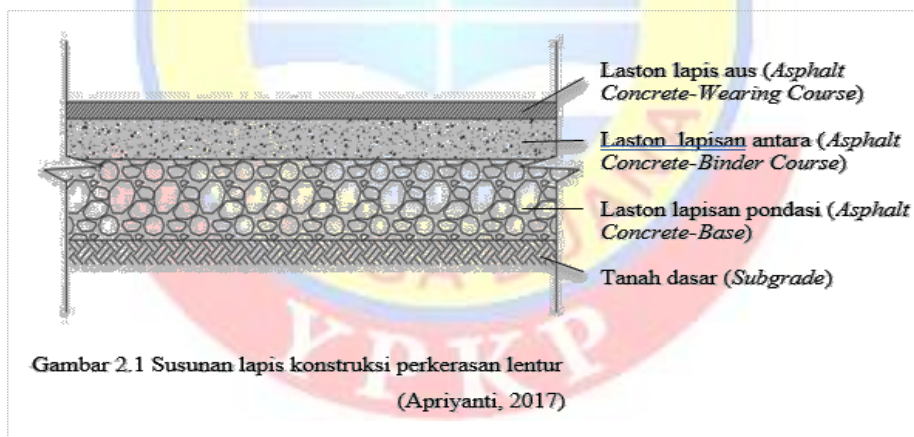
2.4. Divisi Laston

Dervisi dari laston, sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2018 adalah sebagai berikut:

1. Lastron memiliki tekstur yang halus dan diameter butiran maksimum 19,0 mm. Ini disebut sebagai AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) sebagai lapisan aus.
2. Lastron, lapisan perantara/pengikat dengan diameter butir maksimum 25,4 mm dan tekstur sedang, disebut sebagai AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course).
3. Lastron, sering disebut sebagai AC-Base (Asphalt Concrete-Base), adalah lapisan pondasi. Lapisan ini memiliki tekstur kasar dengan diameter butiran maksimum 37,5 mm.

Berikut ini adalah elemen-elemen yang membentuk perkerasan jalan:

- a. Laston Lapis Aspal Beton
- b. Laston lapis peralihan (lapis pondasi bawah beton aspal)
- c. Lapis pondasi atas beton aspal Kelas bawah



Asphalt Institute pada awalnya menciptakan lapisan beton aspal, yang sering dikenal sebagai aspal beton (AC), sebagai lapisan teratas konstruksi perkerasan jalan (Agustian & Ridha, 2018).

Lapisan teratas dari struktur perkerasan yang melekat langsung pada roda kendaraan dikenal sebagai lapisan aus laston (AC-WC). Selain berfungsi sebagai lapisan aus dan memberikan permukaan jalan yang rata

dan tidak licin, lapisan ini juga melindungi konstruksi di bawahnya dari kerusakan akibat air dan cuaca (Razuardi, Saleh, & Isya, 2018).

2.1. Agregat

Material berbutir seperti pasir, kerikil, batu pecah, dan terak tungku merupakan contoh agregat, sebagaimana didefinisikan oleh SNI 03-2847-2002. Agregat digabungkan dengan bahan pengikat untuk membuat campuran semen hidrolik atau beton.

2.5.1 Agregat Umum

Rincian berikut tercantum dalam spesifikasi umum agregat bina marga 2018:

- a) Agregat yang akan digunakan dalam pekerjaan harus menjamin bahwa campuran aspal memenuhi semua standar yang ditentukan dalam Tabel 2.6, dengan proporsi yang mengikuti rumus campuran kerja.
- b) Persetujuan dari Pengawas Pekerjaan diperlukan sebelum menggunakan agregat. Agregat harus ditumpuk sesuai dengan semua peraturan yang relevan.
- c) vendor harus mengumpulkan bahan yang cukup untuk digunakan dalam campuran aspal setidaknya satu bulan sebelum memulai pekerjaan. Tumpukan tersebut harus selalu diperbaharui untuk kebutuhan campuran aspal pada bulan berikutnya.
- d) Penyedia harus mempertimbangkan kemampuan agregat untuk menyerap aspal saat memilih sumber agregat. Negosiasi harga satuan campuran aspal tidak diperbolehkan karena variasi komposisi aspal yang disebabkan oleh penyerapan yang berbeda-beda.

- e) Untuk SMA dan jenis campuran aspal lainnya, penyerapan air maksimum oleh agregat adalah 2% dan 3%.

2.5.2. Agregat Kasar

Menurut spesifikasi umum Bina Marga 2018, agregat kasar memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a) Bagian agregat kasar yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) yang diuji basah adalah yang akan digunakan dalam rancangan campuran. Persyaratan yang tercantum pada Tabel 2.1 menyatakan bahwa agregat harus bersih dari lempung dan kotoran lainnya, kokoh, dan bersih.
- b) Angularitas agregat kasar harus memenuhi spesifikasi yang diberikan pada Tabel 2.1. Menurut pengujian yang dilakukan sesuai dengan SNI 7619:2012, sudut agregat kasar didefinisikan sebagai persentase berat agregat yang memiliki permukaan bidang pecah satu atau lebih dari 4,75 mm.
- c) Fraksi agregat kasar harus ditumpuk secara terpisah dan harus disediakan ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (cold bin feeds) sehingga gradasi agregat gabungan dapat dikendalikan dengan baik.

Tabel 2.1: Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai	
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium Sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12 %	
	Magnesium Sulfat		Maks 18 %	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	Maks 6 %	
		500 putaran	Maks 30 %	
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks 8 %
		500 putaran		Maks 40 %
Kekekalan 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 %	
Mat erial lolos ayakan No.200	-	SNI ASTM C117 2012	Maks 1 %	

Catatan:

- *) 100/90 berarti satu atau lebih permukaan rekahan terdapat pada 100% agregat kasar, dan dua atau lebih permukaan rekahan terdapat pada 90% agregat kasar.
- ***) Sembilan puluh sembilan persen agregat kasar memiliki dua atau lebih permukaan rekahan, sedangkan sembilan puluh lima persen agregat kasar memiliki satu atau lebih permukaan rekahan (95/90).

2.5.3. Agregat Halus

Menurut spesifikasi umum Bina Marga 2018, agregat halus memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a) Agregat halus dapat berasal dari sumber bahan apa pun, tetapi terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah yang lolos ayakan No. 4 (4,75 mm).
- b) Fraksi agregat halus pecah mesin dan pasir harus disimpan terpisah dari agregat kasar.
- c) Agregat halus pecah mesin dan pasir harus disimpan terpisah dan disediakan ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin (cold bin feeds) yang terpisah sehingga gradasi gabunga dan persentase pasir dalam campuran dapat dikendalikan dengan baik.
- d) penggunaan pasir alam dalam dalam campuran AC diperbolehkan hingga batas maksimum 15% dari berat total campuran.

Agregat halus harus bersih, keras, dan bebas dari lempung, atau kontaminan lainnya. Batu pecah halus harus memenuhi standar mutu yang ditentukan.

Untuk memastikan agar agregat halus memenuhi tersebut:

e) Direkomendasikan agar bahan baku agregat halus menjalani pencucian mekanis sebelum diproses melalui mesin penghancur batu. atau skrining bersamaan dengan prosedur selanjutnya:

- Penggunaan langsung fraksi agregat halus dari tahap crusher pertama tidak disarankan.
- Sebuah alat pemecah yang ditempatkan di antara pemecah primer dan pemecah sekunder harus digunakan untuk menyaring agregat dari tahap crusher primer.
- Penghancur sekunder akan menghancurkan material yang tertahan di layar vibro scalping, dan saringannya dapat digunakan sebagai agregat halus.
- Hanya material yang lolos dari saringan vibro scalping yang dapat digunakan untuk lapisan pondasi agregat.
- Persyaratan yang ditentukan dalam Tabel 2.2 harus dipenuhi oleh agregat halus.

Tabel 2.2: Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

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

2.6. Pengisi yang digunakan di permukaan beraspal

Filler memiliki ketentuan sebagai berikut, sesuai dengan persyaratan dasar Bina Marga 2018:

- a) Bahan pengisi yang ditambahkan dapat berupa debu batu kapur (*limestone dust*), debu kapur padam, debu kapur magnesium atau dolomit sesuai dengan standar AASHTO M303-89(2014), atau dapat juga berupa semen atau abu terbang tipe C dan F yang sumbernya

telah disetujui oleh Pengawas Pekerjaan. Bahan pengisi berjenis semen hanya diizinkan untuk campuran beraspal panas dengan pengikat jenis aspal keras Pen 60-70.

- b) Bahan pengisi yang ditambahkan harus dalam keadaan kering dan bebas dari gumpalan. Jila diuji dengan pengayakan sesuai dengan SNI ASTM C136:2012 bahan tersebut harus mengandung bahan yang lolos ayakan No. 200 (75 micron) tidak kurang dari 75% dari beratnya.
- c) Untuk bahan pengisi berjenis semen, kadar yang ditambahkan harus berada dalam rentang 1% hingga 2% dari berat total agregat. Sedangkan untuk bahan pengisi lainnya, kadar yang ditambahkan harus berada dalam rentang 1% hingga 3% dari berat total agregat. Namun untuk campuran SMA tidak ada batasan kadar pengisi tetapi tidak diperolehkan menggunakan semen sebagai bahan pengisi.

2.6.1. Serabut Kayu

Menggunakan aspal yang dimodifikasi dengan polimer merupakan salah satu metode untuk meningkatkan kualitas perkerasan. Salah satu jenis elastomer polimer dengan harga terjangkau adalah serat kayu alami. Indonesia sebagai penghasil serat kayu alami harus mencari pengganti penggunaan serat kayu alami dalam modifikasi aspal. Tiga jenis aspal diubah dengan serat kayu alami KKK 60 untuk investigasi, dengan penambahan serat kayu sebesar 0%, 2%, 3%, dan 4% dari total campuran aspal. Selain itu, Dynamic Shear Rheometer (DSR) digunakan untuk menguji karakteristik reologi aspal modifikasi pada aspal baru, baik setelah penuaan singkat maupun setelah penuaan yang berkepanjangan.

2.6.2. Karakteristik Serabut Kayu

Kayu merupakan salah satu jenis materi limbah organik yang dihasilkan dari area perusahaan penggergajian kayu ataupun pengrajin furnitur, yang saat ini belum dimanfaatkan secara maksimal. Serabut kayu adalah serabut yang berasal dari kayu yang dipotong dengan gergaji.

Serabut yang akan digunakan memerlukan pengerjaan yang disebut mineralisasi. Proses ini digunakan untuk mengurangi kandungan ekstraktif seperti gula, tanin, dan asam-asam organik dari tumbuhan, sehingga energi lekatan dan pengerasan aspal tidak terganggu. Pemeriksaan yang dilakukan pada serabut kayu meliputi pengecekan kandungan air serabut kayu awal (sebelum mineralisasi), pengecekan kandungan air serabut kayu akhir (setelah proses mineralisasi), dan pemeriksaan berat isi serabut kayu dalam kondisi longgar. Serabut gergaji kayu adalah limbah dari perusahaan kayu yang ternyata dapat digunakan sebagai zat penyerap.

2.7. Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat campuran dalam campuran beraspal, yang dinyatakan dalam persentase terhadap berat agregat dan bahan pengisi, harus mengikuti batasan yang ditunjukkan pada Tabel 2.3, berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2018. Jarak antara gradasi agregat dalam rancangan campuran dan rasio harus mengikuti batasan yang ditentukan dalam Tabel 2.3.

Setidaknya 80% dari agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) juga harus lolos saringan No. 30 (0,600 mm) untuk menghasilkan gradasi HRS-WC atau HRS-Base yang sesuai. Pengawas Pekerjaan dapat menerima gradasi meskipun tidak sesuai dengan celah yang diperlukan dalam Tabel 2.4 di bawah ini, selama kualitas campuran memenuhi persyaratan.

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 (SMA)		Asphalt	Laston (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
%Berat yang Lolos ayakan No.8	40	50	60	70
%Berat Yang Lolos Ayakan No.30	Paling sedikit 32	Paling sedikit 40	Paling sedikit 48	Paling sedikit 56
% Kesenjangan	8 atau kurang	10 atau kurang	12 atau kurang	14 atau kurang

2.8. Bahan Aspal untuk Campuran Beraspal

Berikut ini adalah syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh kombinasi aspal untuk perkerasan jalan, sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga 2018:

a) Material untuk Aspal

Bahan aspal yang memenuhi persyaratan Tabel 2.5 dapat digunakan. Sesuai dengan spesifikasi yang tercantum dalam Tabel 2.6 atau seperti yang diarahkan oleh pengawas pekerjaan, bahan pengikat ini harus dikombinasikan dengan agregat untuk membuat campuran

beraspal. Pengujian untuk kualitas yang ditentukan Tabel 2.5 dan pengambilan yang dilakukan sesuai dengan standar SNI 06-6399-2000. Penyedia jasa dapat memilih jenis aspal Tipe II PG 70 dari Tabel 2.5 di bawah ini jika jenis aspal yang dimodifikasi tidak ditentukan dalam tabel.

b) Pengujian dan Ekstraksi Bahan Aspal

Contoh bahan aspal harus diekstraksi dari benda uji sesuai dengan metode SNI 03-3640-1994 (metoda soklet) atau SNI 03-6894-2002 (metoda sentrifus) atau AASHTO T164-14 (metoda tungku pengapian). Jika metoda sentrifus digunakan, setelah konsentrasi larutan aspal yang terekstraksi mencapai 200 mm, partikel mineral yang terkandung harus dipindahkan ke alat sentrifugal. Pemindahan ini dianggap memenuhi syarat jika kadar abu dalam bahan aspal yang dipulihkan tidak melebihi 1% (dengan pengapian). Jika bahan aspal diperlukan untuk pengujian lebih lanjut, bahan aspal tersebut harus dipulihkan dalam larutan sesuai dengan prosedur SNI 03-6894-2002.

c) Pengujian dan Penyimpanan Aspal

Sebelum mengisi tangki penyimpanan AMP, aspal tipe I harus diperiksa penetrasi pada suhu 25°C pada saat kedatangan (SNI 2456:2011). Pengujian stabilitas penyimpanan untuk Tipe II harus mengikuti ASTM D5976-00 Bagian 6.1. Hingga hasil pengujian diketahui, semua jenis aspal baru harus disimpan dalam tangki sementara. Sebelum aspal diuji dan disertifikasi, aspal tidak dapat digunakan.

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	
2.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-64422000	-	70	76
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	ASTM D2170-10	≥ 300	≤ 3000	
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	Dilaporkan	
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	$\geq 1,0$	-	
9.	Stabilitas penyimpanan perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011	-	≤ 12	
10.	Kadar paraffin lilin (%)	NI 03-36392002	2		
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTEOT(SNI-03-6835-2002)					
11.	Berat yang hilang (%)	NI 06-24411991	$\leq 0,8$	$\leq 0,8$	
12.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≥ 12 kPa, (°C)	NI 06-64422000	-	70	76
13.	Penetrasi pada 25°C (% semula)	SNI 2456-2011	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 50	≥ 50	≥ 25
Residu aspal segar setelah PAV (SNI 03-6837-2002) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 MPa					
15.	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C)	SNI 06-64422000	-	31	34

Catatan:

1. Pengendalian Mutu Penetrasi Aspal

- Pengujian semua sifat-sifat aspal harus dilakukan sesuai dengan persyaratan yang disebutkan.
 - Untuk pengendalian mutu di lapangan, toleransi untuk aspal dengan penetrasi ≥ 50 adalah ± 4 (0,1 mm) dan untuk aspal dengan penetrasi < 50 adalah ± 2 (0,1 mm) berdasarkan nilai penetrasi yang dilaporkan saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
2. Pengendalian Mutu Titik Lembek
- Pengujian semua sifat-sifat aspal harus dilakukan sesuai dengan persyaratan yang disebutkan.
 - Untuk pengendalian mutu di lapangan, toleransi titik leleh adalah $\pm 1^{\circ}\text{C}$ dari nilai titik leleh yang dilaporkan saat pengujian semua sifat-sifat aspal keras.
3. Pengujian Viskositas
- Viskositas juga diuji pada suhu 100°C dan 160°C untuk tipe I, dan pada suhu 100°C dan 170°C untuk tipe II. Untuk menentukan suhu yang akan digunakan.
4. Konversi Satuan Viskositas

Hasil pengujian harus dikonversi Standar Internasional jika pengujian viskositas tidak dilakukan sesuai dengan ketentuan.

✦ Tabel 2.6: Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Sifat-Sifat Campuran	Syarat	Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112(3)
Rasio partikel yang 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)
Sisa Stabilitas Marshall (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C ⁽⁵⁾	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan refusal (refusal) ⁽⁶⁾	Min	2		

Catatan:

1. VCAmix dan VCAdre
 - Penentuan VCAmix (Rongga dalam agregat kasar dalam campuran yang padat) dan VCAdre (Rongga dalam fraksi agregat kasar dalam kondisi dry-rodded) harus sesuai dengan standar AASHTO R46-08 (2012).
2. Pengujian Draindown
 - Pengujian draindown harus dilakukan sesuai dengan standar AASHTO T305-14.
3. Modifikasi Marshall
 - Prosedur modifikasi Marshall harus diikuti sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
4. Perhitungan Rongga dalam Campuran

- Sejalan dengan SNI 03-6893-2002, uji berat jenis maksimum agregat (uji Gmm) akan digunakan untuk menghitung jumlah rongga dalam campuran.
5. Pengujian Kepekaan Terhadap Kadar Air

Sebagai alternatif pengujian sensitivitas kelembaban, AASHTO T283-14 dapat disetujui atau tidak disetujui oleh pengawas pekerjaan. Pengkondisian pencairan-beku tidak diperlukan.

Pada nilai VIM $7\% \pm 0,5\%$, nilai Indirect Tensile Strength Retained (ITSR) minimum yang harus dicapai adalah 80%. Buatlah benda uji Marshall dengan variasi tumbukan pada komposisi aspal yang ideal, yaitu 2x40, 2x50, 2x60, dan 2x75 tumbukan, untuk mendapatkan nilai VIM $7\% \pm 0,5\%$. Tentukan nilai VIM dan buatlah korelasi antara jumlah tumbukan dan VIM berdasarkan temuan ini. Tentukan apakah dampak memiliki nilai VIM yang memenuhi standar berdasarkan grafik yang dihasilkan. Kemudian, lakukan pengujian ITSr sesuai dengan SNI 6753:2008 atau AASTHO T283-14 tanpa pengkondisian pada suhu -18 ± 3 °C.

6. Penumbukan dengan Vibratory Hammer

Untuk mencegah butiran agregat dalam campuran pecah, yang terbaik adalah menggunakan palu getar untuk menemukan kepadatan penolakan. Ketika menggunakan tumbukan tangan, 600 pukulan per kotak harus dilakukan untuk cetakan dengan diameter 6 inci dan 400 pukulan per kotak untuk cetakan dengan diameter 4 inci.

7. Pengujian Mesin Pelacak Roda (WTM)

60°C adalah suhu yang diperlukan untuk melakukan pengujian Mesin Pelacak Roda (WTM).

- Protokol pengujian harus sesuai dengan Panduan Teknis untuk Desain dan Konstruksi Perkerasan Jalan dari Japan Road Association (JRA 2005).

2.9 Proses Untuk Memeriksa Saringan Agregat Kasar Dan Halus Menurut SNI 03-1968-1990

2.9.1 Batasan Masalah

Kuantitas dan golongan tanah dalam partikel halus, kasar tercakup dalam prosedur pengujian ini. Di antaranya, temuan uji analisis gabungan ayakan material dapat digunakan untuk:

1. Memeriksa material;
2. Merencanakan kombinasi dan memastikan kualitas aspal.

2.9.2. Definisi

Proses penghitungan persentase butiran agregat yang melewati serangkaian ayakan berdasarkan beratnya dikenal sebagai analisis ayakan agregat. Nilai persentase tersebut kemudian ditampilkan pada bagan devisi biji-bijian.

2.9.3. Alat-alat

Alat- alat antara lain:

1. timbangan dan timbangan yang akurat hingga 0,2% dari berat benda uji;
2. Kumpulkan saringan yang umum digunakan;
3. oven dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampel hingga $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$;
4. alat pemisah contoh;
5. mesin pengguncang saringan;
6. talam-talam;
7. kuas, sikat kuning, sendok, dan alat-alat lainnya.

2.9.4. Benda Uji

Benda uji diperoleh dari alat pemisah contoh atau metode perempat banyak : benda uji disiapkan sesuai standar yang berlaku dan terkait kecuali jika butiran yang melewati saringan No. 200 tidak perlu diketahui jumlahnya dan jika syarat ketelitian tidak memerlukan pencucian.

- 1) Agregat halus terdiri dari :
 - a) ukuran maksimum 4,76 mm; dengan berat minimum 500 gram;
 - b) ukuran maksimum /138 mm; dengan berat minimum 100 gram.
- 2) agregat kasar terdiri dari berbagai ukuran dengan berat minimum yang sesuai dengan standar yang berlaku.
 - a) dimensi maksimum 3,5"; dan berat minimum 35,0 kg
 - b) dimensi maksimum 3"; berat minimum: 30,0 kg
 - c) dimensi maksimum /15"; berat minimum 25,0 kg
 - d) dimensi maksimum 2"; berat minimum 20,0 kg
 - e) dimensi maksimum 1,5"; berat minimum 15,0 kg
 - f) dimensi maksimum 1"; berat minimum 10,0 kg
 - g) dimensi maksimum 3 /4" berat minimum 5,0 kg
 - h) dimensi maksimum 1 /2"; berat minimum /15 kg
 - i) dimensi maksimum 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.

2.9.5. Cara Pengujian

Urutan proses dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Penetrasi aspal

Pengujian penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh faktor berat beban total, ukuran sudut dan kehalusan permukaan jarum, temperatur dan waktu. Oleh karena itu perlu disusun dengan rinci ukuran, persyaratan dan batasan peralatan, waktu dan beban yang digunakan dalam penentuan penetrasi aspal.

2. Pengujian titik lembek

Cara Uji titik lembek aspal dengan alat Cincin dan Bola (Ring and Ball), dimaksudkan untuk menentukan angka titik lembek aspal yang berkisar dari 30 sampai dengan 157°C dengan cara Ring and Ball. Pada cara uji ini diuraikan mengenai penggunaan beberapa media; air suling, gliserin dan Ethylene glycol, penggunaan berbagai media memperlihatkan berbagai variasi temperatur titik lembek. Untuk aspal yang biasa digunakan pada perkerasan jalan yaitu aspal pen 60 mempunyai temperatur titik lembek dari 48°C sampai dengan 58°C. Pengujian titik lembek ini penting di dalam persyaratan aspal, yang mengindikasikan aspal cenderung melunak pada kenaikan temperatur pada perkerasan jalan.

3. Pengujian berat jenis

Perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isi sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

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

2.10.1. Ruang Lingkup

Pengujian ini meliputi pengukuran stabilitas dan alir (flow) dari suatu campuran aspal dengan agregat ukuran maksimum /154 cm.

2.10.2. 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.

2.10.3. Cara Uji

Cara uji dilakukan, sebagai berikut :

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

- 1) Rendamlah benda uji dalam bak perendam (water bath) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap $60^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$ untuk benda uji yang menggunakan aspal padat, untuk benda uji yang menggunakan aspal cair masukkan benda uji ke dalam oven selama minimum 2 jam dengan suhu tetap $25^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$;
- 2) Keluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan;
- 3) Pasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji;
- 4) Pasang arloji pengukur alir (flow) pada kedudukannya di atas salah satu batang penunjuk 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.

2.10.4. Perhitungan

Untuk menghitung hasil pengujian, digunakan rumus sebagai berikut:

- 1) Persen aspal terhadap campuran (%) :

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

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

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

- 3) Stabilitas (kg);

Pembacaan arloji tekan \times Angka korelasi beban
Alir (flow) (mm); Dibaca pada arloji pengukur alir.

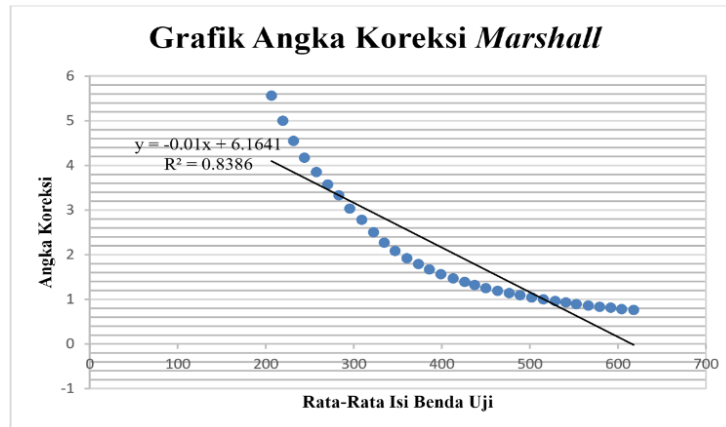
2.10.5. Tabel dan Grafik Koreksi Marshall

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

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.



Gambar 2.2: Grafik Angka Koreksi *Marshall*

2.10.5 Metode pengujian marshall

Setelah semua benda uji dibuat maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk memperoleh hasil yang diinginkan dengan alat yang bernama *Marshall Test*. Pemeriksaan dengan *Marshall Test* pertama kali diperkenalkan oleh Bruce *Marshall* dan dikembangkan oleh U.S Corps of Engineer. Hasil pemeriksaannya, *Marshall* menggunakan prosedur PC-0201-76, AASHTO T 245-74 atau ASTM D 1559-62T (Sukirman, 2010).

Marshall Test merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran, sedangkan arloji kelelahan (*flow meter*) berfungsi untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Setelah dilakukan *Marshall Test* menurut Sukirman (2010), metode *marshall* akan diperoleh data- data sebagai berikut:

1. Stabilitas yang dinyatakan dalam bilangan bulat. Stabilitas menunjukkan kekuatan dan ketahanan terhadap terjadinya alur (*ruting*).

2. Kelelahan plastis (*flow*) yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. *Flow* dapat digunakan sebagai indikator terhadap lentur.
3. VIM yang merupakan persen rongga dalam campuran dan dinyatakan dalam bilangan desimal satu angka belakang koma. VIM merupakan indikator dari durabilitas.
4. VMA yang merupakan persen rongga terhadap agregat dan dinyatakan dalam bilangan bulat. VMA bersama dengan VIM merupakan indikator dari durabilitas.

Berikut adalah rumus-rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari parameter-parameter *marshall*:

- a. Berat jenis *bulk* dari total agregat

Setiap masing-masing fraksi dari agregat (agregat kasar, agregat halus dan *filler*) mempunyai nilai berat jenis *bulk* sendiri-sendiri. Berikut adalah rumus untuk mencari berat jenis *bulk* dari total agregat:

$$G_{sbtotal} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{p_1}{G_{sb1}} + \frac{p_2}{G_{sb2}} + \frac{p_3}{G_{sb3}} + \dots + \frac{p_n}{G_{sbn}}}$$

Keterangan :

$G_{sbtotal}$: Berat jenis *bulk* agregat gabungan, (gr/cc)

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

$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sb3}$: Berat jenis *bulk* dari masing-masing agregat, (gr/cc)

- b. Berat jenis semu dari total agregat

Berikut adalah rumus untuk mencari nilai dari berat jenis semu dari total agregat:

$$G_{satotal} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{p_1}{G_{sa1}} + \frac{p_2}{G_{sa2}} + \frac{p_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{p_n}{G_{san}}}$$

Keterangan :

G_{satotal} : Berat jenis semu agregat gabungan, (gr/cc)

P1, P2, P3 : Persentase berat dari masing-masing agregat, (%)

$G_{\text{sa1}}, G_{\text{sa2}}, G_{\text{sa3}}$: Berat jenis semu dari masing-masing agregat, (gr/cc)

c. Berat jenis efektif agregat

Berat jenis efektif total agregat dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{\text{se}} = \frac{G_{\text{sb}} + G_{\text{sa}}}{2}$$

Keterangan :

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

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

G_{sa} : Berat jenis semu agregat, (gr/cc)

d. Berat jenis maksimum campuran

Berat jenis maksimum campuran diperlukan untuk mencari atau menghitung kadar rongga udara dalam campuran. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari berat jenis maksimum campuran:

$$G_{\text{mm}} = \frac{P_{\text{mm}}}{\frac{p_{\text{s}}}{G_{\text{se}}} + \frac{p_{\text{b}}}{G_{\text{b}}}}$$

Keterangan :

G_{mm} : Berat jenis maksimum campuran, (gr/cc)

P_{mm} : Persentase berat total campuran (=100)

P_{s} : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran, (%)

- P_b : Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran, (%)
- G_{se} : Berat jenis efektif, (gr/cc)
- G_b : Berat jenis aspal, (gr/cc)

e. Berat jenis *bulk* campuran padat

Berat jenis *bulk* campuran padat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{mb} = \frac{W_a}{V_{bulk}}$$

Keterangan :

- G_{mb} : Berat jenis campuran setelah dipadatkan, (gr/cc)
- V_{bulk} : Volume campuran setelah pemadatan, (cc)
- W_a : Berat di udara, (gr)

f. Kepadatan (*density*)

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan. Nilai kepadatan dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\text{Kepadatan} = \frac{W_m}{(W_{mssd} - W_{mpw})}$$

Keterangan :

- W_m : Berat benda uji setelah dipadatkan, (gr)
- W_{mssd} : Berat benda uji ssd setelah dipadatkan, (gr)
- W_{mpw} : Berat benda uji dalam air setelah dipadatkan, (gr)

g. VIM (*Void in the mix*)

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Syarat nilai VIM adalah sekitar 3% - 5% sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010. Nilai VIM dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{VIM} = \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \times 100$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran, (%)

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

G_{mb} : Berat jenis *bulk* campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

h. VMA (*Void In Mineral Agregate*)

VMA adalah kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimal 14 % sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2010. VMA dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{VMA} = \frac{100 (G_{sb} - G_{mb}) + G_{mb} \cdot P_s}{G_{sb}}$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat, (%)

G_{mb} : Berat jenis *bulk* campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

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

P_s : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran (%)

i. VFA (*Void Filled With Asphalt*)

VFA merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 65%. Nilai VFA dapat dihitung dengan rumus seperti berikut:

$$VFA = \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \times 100$$

Keterangan :

VFA : Persentase rongga udara yang terisi aspal, (%)

VMA : Persentase rongga udara pada mineral agregat, (%)

VIM : Persentase rongga udara pada campuran, (%)

j. Kelelehan (*Flow*)

Flow adalah tingkat kelelehan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 60 °C. Dikarenakan tidak tersedianya alat *flowmeter* di laboratoium, maka nilai flow didapat dari hasil mengurangi rata-rata diameter awal benda uji sebelum pengujian dengan rata-rata diameter benda uji setelah pengujian.

k. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat *marshall*. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi *proving ring* dengan satuan Ibs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji. Berikut adalah rumus untuk mencari nilai stabilitas:

$$S = p \times q$$

Keterangan :

S : Nilai stabilitas (kg)

p : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q : Angka koreksi tebal benda uji

BAB III

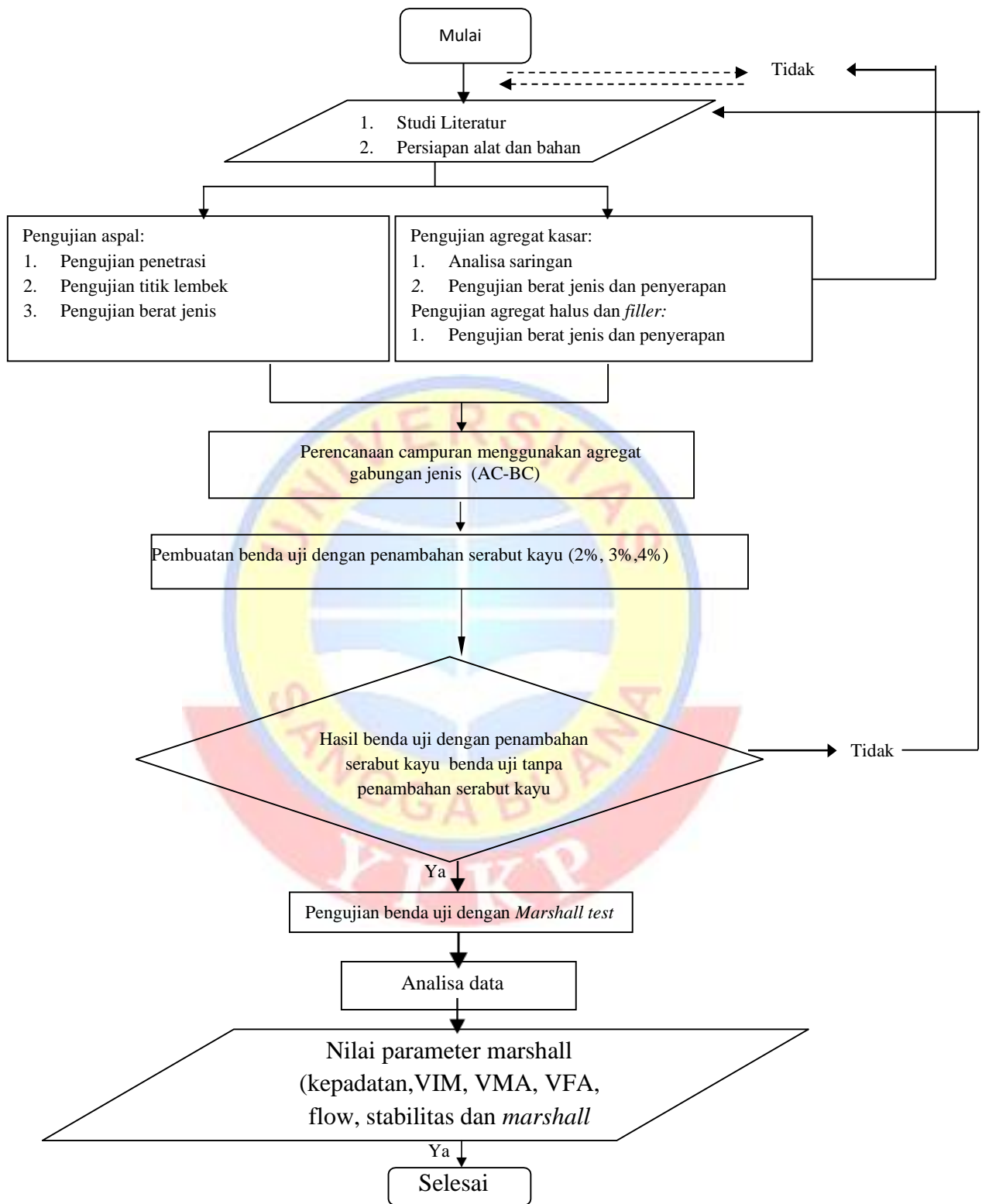
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

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

Setelah mencari informasi tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti penetrasi aspal, titik nyala aspal, titik lembek aspal, berat jenis aspal, daktalitas 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* serabut kayu 2 %, aspal dengan *filler* serabut kayu 3%, dan aspal dengan *filler* serabut kayu 4%. Setelah pembuatan benda uji selesai kemudian dilakukan test Marshall. Dari pengujian Marshall yang dilakukan kita dapat memperoleh data-data yang dibutuhkan sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 3.1: Bagan 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 serabut kayu 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

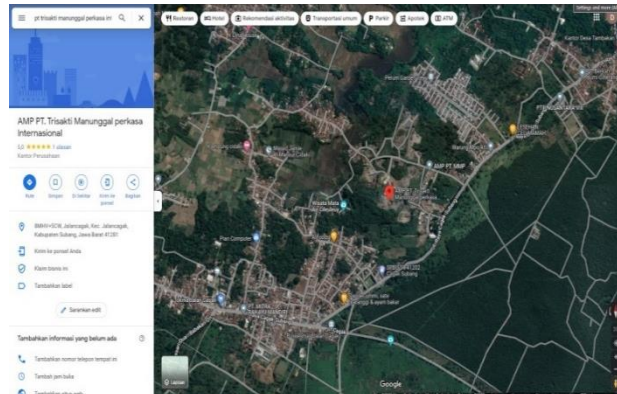
Data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa buku yang berhubungan dengan konstruksi jalan (literatur) dan konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Sangga Buana YPKP Bandung. Data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia serta buku-buku atau literatur sebagai penunjang guna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

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dimulai pada bulan Desember 2022. Penelitian dilakukan di Laboratorium AMP Trisakti Manunggal Perkasa Internasional di Subang.

3.3 Lokasi penelitian

Tempat pengujian dilaksanakan di PT. Trisakti Manunggal Perkasa yang berlokasi di Blok Pasir Domba Desa Jalan Capek, Kecamatan Jalan Capek Kabupaten Subang



Gambar 3.2. lokasi penelitian

3.4. Bahan dan Peralatan

3.3.1. Bahan

Bahan dalam suatu pengujian dibedakan menjadi dua, yakni bahan yang akan diuji dan bahan penunjang sebagai bahan yang menunjang proses pengujian. Bahan pengujian dalam penelitian ini adalah aspal, sedangkan bahan penunjangnya yaitu agregat halus, agregat kasar, limbah serabut kayu dan minyak tanah.

a. Aspal penetrasi 60/70.

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



Gambar 3.3. solar

b. Agregat halus.

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



Gambar 3.4. agregat halus

c. Agregat kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini agregat kasar bersal dari PT. Trisakti Manunggal Perkasa Internasional.



Gambar 3.5. agregat kasar

d. Serabut Kayu

Serabut kayu ini merupakan limbah yang diperoleh dari hasil penggergajian kayu yang menggunakan mesin kayu, limbah ini diambil dari berbagai meubel di Subang Jawa Barat Indonesia.



Gambar3.6. serabut kayu

e. Solar

Solar berfungsi sebagai pembersih alat-alat yang telah terkena aspal setelah pengujian.



Gambar 3.7. solar

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.

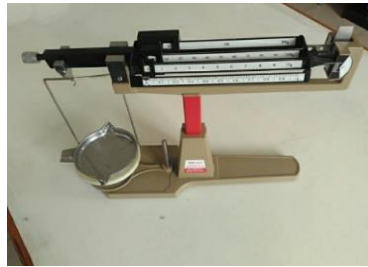
Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk pengujian :

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 3.8. neraca ohaus

b. Alat-alat pengujian penetrasi aspal

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

2) *Stopwatch*

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



Gambar 3.9. stopwatch

3) *Penetrometer*

Penetrometer adalah alat yang digunakan dalam pengujian penetrasi aspal. Pada alat ini terdapat jarum yang digunakan untuk menusuk aspal untuk mengukur nilai penetrasinya. Untuk menguji nilai penetrasimaspal, tombol pada sebelah atas jarum ditekan agar

jarum dapat tuurun. Niali penetrasi aspal akan ditunjukkan oelh jarum penunjukm angka pada arlogi 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 gram \pm 0,05 gram. Berat total pemegang jarum beserta jarum 50 gram \pm 0,05 gram. Pemegang jarum harus mudah dilepas dari penetrometer untuk keperluan pengecekan berat. Penetrometer harus dilengkapi dengan *waterpass* untuk memeastikan 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 3.10. Penetrometer

4) 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 jarurm 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 kecut 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 117 inch). Berat jarum harus 150 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 3.11. penetrasi

5) Cawan

Cawan berfungsi sebagai wadah aspal padat, cawan ini berbentuk tabung yang berbahan aluminium



Gambar 3.12. cawan

c. Alat-alat pengujian 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. Dalam pengujian ini, termometer digunakan untuk mengukur suhu aspal padat yang akan diuji penetrasinya.



Gambar 3.13. termometer

2) *Cincin Penguji*

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 3.14. cincin pengujian

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 3.15. bola baja

4) *Kedudukan benda uji*

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



Gambar 3.16. kedudukan benda uji

5) *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 3.17. kompor listrik

6) *Plat penghantar/ kawat kasa*

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 3.18. kawat kasa

7) *Penjepit termometer*

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



3.19. penjepit thermometer

2. Alat-alat pengujian agregat

a. Satu set alat pengujian analisa saringan / ayakan

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); 1,18 mm (No. 8); 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 3.20. 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 3.21. Mould

b. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbuk

Alat penumbuk benda uji mempunyai permukaan tumbuk yang berbentuk silinder dengan berat 4.53 kg dan tinggi jatuh bebas 45.7 cm. Dalam penumbukan benda uji juga dilengkapi dengan landasan pematik yang terdiri dari pelat baja berbentuk persegi dengan ukuran 20.32 x 20.32 cm dan tebal sekitar 3 cm



Gambar 3.22. Penumbuk

c. Bak pengaduk

Bak pemaduk ini terbuat dari logam seng berbentuk balok dengan ukuran kira-kira panjang 30cm, lebar 20cm dan kedalam 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 3.23. Bak Pengaduk

c. Alat pengujian benda uji dengan metode marshall

Alat untuk melakukan pengujian *marshall test*, bak perendam, termometer, kompor listrik, sarung tangan dan lain-lain



Gambar 3.24. Pengujian Marshall

3.5 persiapan Material

Ada beberapa langkah dalam penelitian ini yang perlu diselesaikan. Menentukan komposisi kombinasi, persiapan material, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, pemeliharaan, dan pengujian benda uji adalah langkah pertama dalam proses ini. Langkah-langkah ini dilakukan sesuai dengan

pedoman umum pekerjaan aspal yang dimodifikasi untuk digunakan di laboratorium.

Analisis material tertentu dibatasi hanya untuk meneliti atribut yang dianggap signifikan untuk perhitungan komposisi campuran. Air dan bahan tambahan, misalnya, tidak diuji untuk mengetahui sifat-sifatnya, oleh karena itu tidak semua bahan diuji.

Agregat dan aspal adalah satu-satunya komponen yang berasal dari sumber yang berbeda. Setiap bahan dijaga agar bebas dari kontaminasi eksternal dan berada di lokasi yang aman untuk menghindari perubahan fisik dan kimiawi. Untuk menjaga agar bahan tetap kering, bahan tersebut disimpan dalam kantong plastik. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70. Agregat kasar berbasis pasir juga diperoleh dari Padalarang. Serat kayu diperoleh dari pabrik mebel milik Bapak Ryada sebagai sumber daya tambahan.

3.6. Pemeriksaan Agregat

Agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus berupa pasir diangkut. Sejumlah tes digunakan untuk memeriksa agregat, termasuk:

- Uji gradasi
- Uji kandungan lumpur;
- Uji berat jenis dan penyerapan agregat halus;
- Uji keausan
- Uji berat volume

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menemukan jumlah campuran aspal yang ideal.

3.7. Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah yang terlibat dalam membuat objek uji adalah sebagai berikut:

- a. Kumpulkan semua bahan benda uji, seperti agregat kasar dan halus, aditif serat kayu yang diaplikasikan pada plastik dan aspal, sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
- b. Kumpulkan semua peralatan yang dibutuhkan untuk mencampur aspal.
- c. Panaskan aspal dan serat kayu hingga suhu 300°C sebelum dicampur dengan agregat..
- d. Panaskan agregat hingga suhu 120 derajat Celcius.
- e. Setelah komponen-komponen tersebut mencapai suhu yang diinginkan, campurkan aspal dan agregat. Semua elemen dicampur dan diaduk secara menyeluruh hingga mencapai suhu sekitar 160 derajat Celcius.
- f. siapkan cetakan, termasuk cetakan yang sudah dilumasi dan dipanaskan. Tempatkan kertas lakmus ke bagian bawah cetakan.
- g. Menambahkan semua komponen yang telah dicampur dan masih dalam suhu pencampuran maksimum ke dalam cetakan mould yang dilubangi dengan spatula yang telah dipanaskan sebelumnya. Menusuk dengan spatula dengan cara menusuk bagian tepi sebanyak 15 kali dan bagian tengah sebanyak 10 kali.
- h. Tumbuk adonan di dalam cetakan sebanyak 75 kali, lalu ganti permukaan lainnya dan tumbuk lagi sebanyak 75 kali.
- i. Setelah proses penumbuhan selesai mengeluarkan dengan menggunakan alat pelepas benda uji, lepaskan benda uji dari cetakan.
- j. Beri tanda identifikasi pada spesimen uji setelah dikeluarkan dari cetakan untuk membantu Anda membedakannya dari yang lain. Setelah itu, biarkan sampel uji mengering.

- k. Penimbangan setiap benda uji untuk menentukan nilai berat benda uji kering dilakukan setelah benda uji kering.
- l. Setelah direndam, benda uji dibiarkan selama kurang lebih 24 jam.
- m. Setelah periode perendaman sekitar dua puluh empat jam, benda uji diekstraksi dari bak perendaman dan dikeringkan dengan kain kering hingga mencapai kondisi SSD atau permukaan yang kering.
- n. Setelah itu, benda uji ditimbang untuk menentukan berat SSD (kering permukaan jenuh).
- o. Selanjutnya, perbedaan uji diukur dan beratnya dalam air diperoleh. menguji setiap benda uji terhadap alat marshall setelah itu.

3.8. Menggunakan Alat Marshall untuk Pengujian

- a) Metoda Marshall untuk kombinasi Aspal menyatakan (SNI 062489-1991) Berikut ini adalah langkah-langkah dalam menggunakan Algoritma Marshall:
- b) Untuk benda uji yang dibuat dengan aspal padat, letakkan dalam penangas air selama 30 hingga 40 menit pada suhu $60^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$; untuk benda uji yang dibuat dengan aspal cair, letakkan dalam oven selama paling sedikit dua jam pada suhu tetap $25^{\circ}\text{C} (\pm 1^{\circ}\text{C})$; b. Keluarkan benda uji dari penangas air atau oven dan letakkan di bagian bawah kepala pengepres;
- c) Lepaskan tekanan dari tekukan pada benda uji dan biarkan keluar sepenuhnya di dalam mesin uji;
- d) Pegang selongsong dengan kuat pada segmen atas kepala tekanan, letakkan pengukur aliran di atas salah satu batang pemandu dan atur jarum ke angka nol.;
- e) Naikkan kepala penekan dan benda uji sehingga menyentuh dasar cincin uji sebelum memberikan beban;
- f) Atur jarum arloji penekan ke posisi nol;

- g) Ketika jarum arloji tekanan menunjukkan bahwa pembebanan maksimum telah tercapai atau pembebanan telah berkurang, berikan pembebanan pada spesimen dengan mantap dengan kecepatan sekitar 50 mm per menit. Untuk spesimen yang
- h) Mencatat nilai alir (flow) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini akan membahas beberapa hal yang penting untuk memperoleh hasil penelitian yang secara objektif untuk menemukan hal baru.

Pengumpulan data dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut:

- Penyajian Data
- Pembahasan
- Rekapitulasi hasil pengujian

4.1 Hasil Penyajian Data

4.1.1 Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, yang terdiri dari agregat kasar dan halus yang berasal dari Ex Bale Endah. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang dipakai dan spesifikasi yang disyaratkan dan disajikan dalam Tabel 4.1 dan hasil pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus disajikan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat

Jenis Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Screening			
Berat Jenis Curah (Bulk)	Gr/cc	2,620	≥ /15
Berat Jenis SSD	Gr/cc	2,664	≥ /15
Berat Jenis Semu	Gr/cc	2,742	≥ /15
Penyerapan Air	%	1,706	Max 3
Splite 17 mm			
Berat Jenis Curah (Bulk)	Gr/cc	2,665	≥ /15
Berat Jenis SSD	Gr/cc	2,694	≥ /15
Berat Jenis Semu	Gr/cc	2,745	≥ /15
Penyerapan Air	%	1,097	Max 3

Splite 23 mm			
Berat Jenis Curah (Bulk)	Gr/cc	2,717	≥ /15
Berat Jenis SSD	Gr/cc	2,744	≥ /15
Berat Jenis Semu	Gr/cc	2,791	≥ /15
Penyerapan Air	%	0,966	Max 3
Abu Batu			
Berat Jenis Curah (Bulk)	Gr/cc	2,542	≥ /15
Berat Jenis SSD	Gr/cc	2,602	≥ /15
Berat Jenis Semu	Gr/cc	2,702	≥ /15
Penyerapan Air	%	2,333	Max 3
Sand Equivalent	%	77,55	Min 60
Lolos Saringan No.200	%	9,97	Max 10
Gumpalan Lempung Agg.Halus	%	0,840	Max 1

Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Analisa

Ukuran Saringan		% Lolos Saringan			
Inchi	mm	Screening	Split 17	Split 23	Abu batu
1"	25	100	100	100	100
3/4"	19,0	100	100	70,41	100
1/2"	12,5	100	74,01	4,15	100
3/8"	9,5	93,3	36,65	1,05	100
No. 4	4,75	40,52	2,10	0,23	99,86
No. 8	2,36	2,37	0,25	0,23	85,58
No. 16	1,18	0,90	0,25	0,23	61,12
No. 30	0,6	0,26	0,25	0,23	43,86
No. 50	0,3	0,26	0,25	0,23	30,90
No. 100	0,15	0,26	0,25	0,23	18,88
No. 200	0,075	0,26	0,25	0,23	9,97

4.1.2 Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Jenis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal minyak penetrasi 60/70 yang diperoleh dari Pt. Anten Asri Perkasa. Hasil pemeriksaan karakteristik aspal disajikan dalam Tabel 4.3 sebagai berikut :

Tabel 4.3 Pemeriksaan Karakteristik Aspal

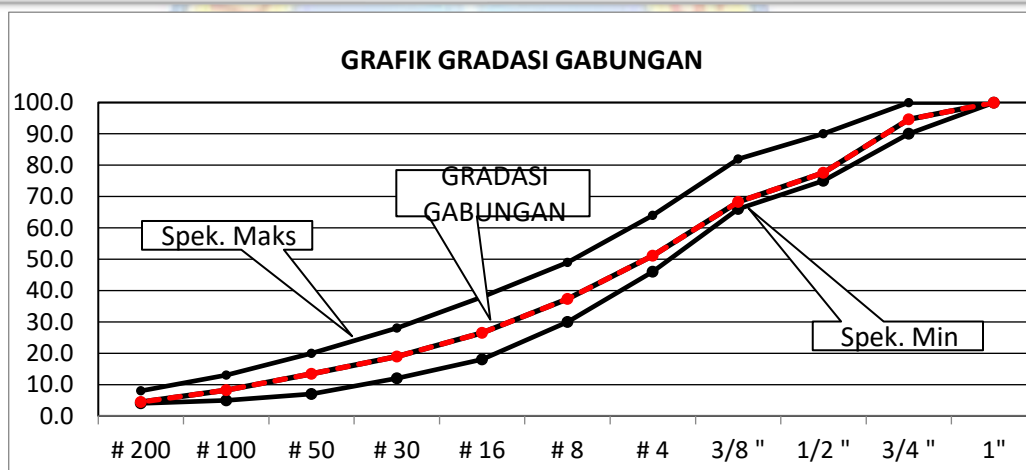
Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Spesifikasi	Hasil Pengujian	Satuan
Penetrasi Pada 25	SNI 2456: 2011	60-70	62,3	0,1 mm
Titik Lembek	SNI 2434: 2011	≥ 48	49,00	
Daktalitas	SNI 2432:2011	≥ 100	114,5	Cm
Kelarutan dalam C ₂ HCL ₃	SNI 2438:2011	≥ 99		%
Titik Nyala	SNI 2433:2011	≥ 232	290	°C
Berat jenis	SNI 2441:2011	Min 1	1,030	Gr/ml

4.2 Analisa Rancangan Campuran

Perlu diketahui agregat gabungan untuk pembuatan campuran aspal. Proporsisi agregat gabungan merupakan penggabungan agregat atau pencampuran agregat kasar, agregat medium, agregat halus dan filter sehingga menjadi campuran yang homogen dengan susunan butiran sesuai dengan spesifikasi. Hasil penentuan gradasi agregat untuk campuran ini dilakukan dengan cara trial and error dari microsoft excel berupa tabel hasil agregat gabungan campuran AC-BC dan metode grafik dengan ketentuan Spesifikasi Umu Bina Marga 2018 Revisi 6. Tiap hasil analisis saringan dimasukkan kedalam grafik dan kemudian didapatkan persentasi yang digunakan untuk pencampuran yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.4 Perencanaan Gradasi Gabungan

URAIAN	UKURAN SARINGAN											
	1" 25	3/4" 19	1/2" 12,5	3/8" 9,5	# 4 4,75	# 8 2,36	# 16 1,18	# 30 0,6	# 50 0,3	# 100 0,15	# 200 0,075	
Spesifikasi gradasi												
Maksimal	100	100	90	82	64	49	38	28	20	13	8	
Minimal	100	90	75	66	46	30	18	12	7	5	4	
Data Material												
Abu Batu (0 - 5) mm	100,00	100,00	100,00	100,00	99,86	85,58	61,12	43,86	30,90	18,88	9,97	
Screening (6 - 12) mm	100,00	100,00	100,00	93,33	40,52	2,37	0,90	0,26	0,26	0,26	0,26	
Splitte 17 mm	100,00	100,00	74,01	36,65	2,10	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Splitte 23 mm	100,00	70,41	4,15	1,05	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
Komposisi Campuran												
Abu Batu (0 - 5) mm	43,0%	43,00	43,00	43,00	42,94	36,80	26,28	18,86	13,29	8,12	4,2	
Screening (6 - 12) mm	19,0%	19,00	19,00	19,00	17,73	7,70	0,45	0,17	0,05	0,05	0,0	
Splitte 17 mm	20,0%	20,00	20,00	14,80	7,33	0,42	0,05	0,05	0,05	0,049	0,04	
Splitte 23 mm	18,0%	18,00	12,67	0,75	0,19	0,04	0,04	0,04	0,042	0,042	0,04	
Total Campuran	100%	100,0	94,67	77,55	68,25	51,10	37,34	26,54	19,00	13,43	8,26	4,43



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Gabungan

Hasil analisis saringan dari pengujian menunjukkan bahwa Gradasi agregat memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Persentase total informasi yang dikumpulkan untuk campuran tipikal:

1. Abu batu = 43%
2. Screening = 20%
3. Split 17 = 19%
4. Split 23 = 18%

4.3 Pembuatan Benda Uji Pada Penentuan KAO

Untuk memperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran lapis aspal beton (Laston) dalam penelitian ini digunakan kadar aspal dari 4% sampai 6% dengan tingkat kenaikan kadar aspal 0,5%. Kadar aspal optimum (KAO) adalah kadar aspal yang mengalami overlap dari selang yang memenuhi semua spesifikasi dari parameter-parameter yang ditentukan dengan menggunakan standar Bina Marga, dimana ada 6 parameter yang harus dipenuhi, yaitu :

Stabilitas, Density, Kelelahan (Flow), Marshall Quotient (MQ). Rongga terisi aspal (VFA), Rongga dalam Campuran (VIM) dan Rongga dalam agregat (VMA).

4.3.1 Perhitungan Kebutuhan Material Untuk Pembuatan Sampel Marshall

- **Perhitungan Kebutuhan Material Untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)**

Berat 1 briket marshall = 1200,0 gram

Kadar aspal = 5,2% terhadap total campuran

Berat Aspal = 5,2% x 1200,0 gr = 62,4 gr

Berat total agregat = 1200,0 gr - 62,4 gr = 1137,6 gr

- Abu batu 43,0 % thd. Agg x 1137,6 = 489,2 gr

- Screening 19,0% thd. Agg x 1137,6 = 216,1 gr

- Split 17 20,0% thd. Agg x 1137,6 = 227,5 gr

- Split 23 18,0% thd. Agg x 1137,6 = 204,8 gr

Total 100% thd. Total agg = 1137,6 gr

- **Persentase Material Terhadap Total Campuran :**

- Abu batu (489,2 / 1200,0) x 100 = 40,8%

- Screening (216,1 / 1200,0) x 100 = 18%

- Split 17 (227,5 / 1200,0) x 100 = 19%

- Split 23 $(204,8 / 1200,0) \times 100 = 17\%$
- Aspal pen 60/70 $(62,4 / 1200,0) \times 100 = 5,2\%$

TOTAL CAMPURAN HOTMIX = 100%

- **Perhitungan Kebutuhan Material Untuk Variasi-1 Penambahan**

Serbuk Kayu /10 % :

Berat 1 briket marshall = 1200 gr
 Kadar aspal = 5,2 % thd total campuran
 Kadar serabut kayu = /10 % thd total agregat
 Berat aspal = $5,2\% \times 1200,0 \text{ gr} = 62,4 \text{ gr}$
 Berat total agregat = $1200,0 \text{ gr} - 62,4 \text{ gr} = 1137,6 \text{ gr}$

- Serabut kayu /10 % thd total agg x 1137,6 = 22,8 gr
- Abu batu 43,0% thd agg x $(1137,6 - 22,8) = 479,4 \text{ gr}$
- Screening 19,0 % thd agg x $(1137,6 - 22,8) = 211,8 \text{ gr}$
- Split 17 20,0% thd agg x $(1137,6 - 22,8) = 223,0 \text{ gr}$
- Split 23 18,0% thd agg x $(1137,6 - 22,8) = 200,7 \text{ gr}$

Jumlah kebutuhan agregat = 1137,6 gr

- **Persentase material terhadap total agregat :**

- Serabut kayu $(22,8 / 1137,6) \times 100 = 2,0 \%$
- Abut batu $(479,4 / 1137,6) \times 100 = 42,1 \%$
- Screening $(211,8 / 1137,6) \times 100 = 18,6 \%$
- Split 17 $(223,0 / 1137,6) \times 100 = 19,6 \%$
- Split 23 $(200,7 / 1137,6) \times 100 = 17,6 \%$

TOTAL CAMPURAN = 100,0 %

- **Persentase material terhadap total campuran hotmix**

- Serabut kayu $(22,8 / 1200,0) \times 100 = \%$
- Abu batu $(479,4 / 1200,0) \times 100 = 1,9 \%$
- Screening $(211,8 / 1200,0) \times 100 = 39,9 \%$

- Split 17 (223,0 / 1200,0) x 100 = 17,7 %
- Split 23 (200,7 / 1200,0) x 100 = 18,6 %
- Aspal pen 60/70 (62,4 / 1200,0) x 100 = 5,2 %

TOTAL CAMPURAN HOTMIX = 100,0%

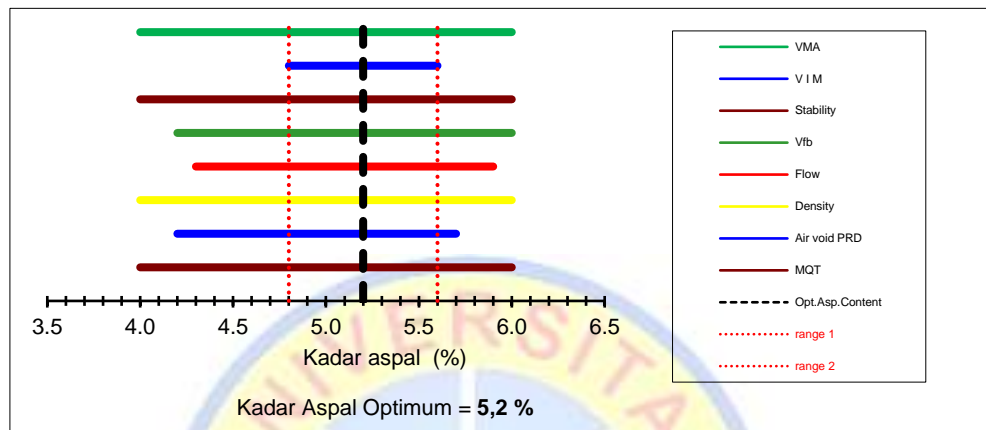
4.3.2 Hasil Uji Marshall dan Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Pengujian Marshall, di mana hasil pengujian diperlukan untuk mengidentifikasi Kadar Aspal Optimum (KAO), dapat digunakan untuk menentukan kadar aspal optimal benda uji. Sampel dapat dibuat untuk tujuan ini. Data-data yang diperlukan setelah pengujian Marshall yaitu : Stabilitas, Density, Kelelahan (Flow), Marshall Quotient (MQ). Rongga terisi aspal (VFA), Rongga dalam Campuran (VIM) dan Rongga dalam agregat (VMA).

Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Marshall Untuk Kadar Aspal Optimum

Karakteristik Marshall Campuran Beraspal		Stabilitas (kg)	Density	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
Spesifikasi	Min	800	-	2	250	3	15	65
	Maks	-	-	4	-	5	-	-
4		1046	2.238	1.80	581	6.26	17.77	64.77
		1019	2.241	1.70	599	6.14	17.66	65.23
		1060	2.236	1.50	706	6.36	17.85	64.37
Rata-Rata		1042	2.238	1.67	629	6.25	17.76	64.79
4,5		1128	2.259	2.60	434	5.20	17.45	70.20
		1141	2.259	2.80	408	5.19	17.44	70.24
		1114	2.257	2.50	446	5.27	17.51	69.90
Rata-Rata		1128	2.258	2.63	429	5.22	17.47	70.11
5		1245	2.273	3.00	394	4.79	17.37	72.42
		1203	2.275	2.80	450	4.70	17.29	72.82
		1182	2.274	2.90	412	4.75	17.33	72.59
Rata-Rata		1212	2.274	2.90	419	4.75	17.33	72.61
5.5		1245	2.276	3.40	366	4.79	17.69	82.70
		1203	2.278	3.50	344	4.70	17.61	83.13
		1282	2.280	3.40	348	4.75	17.54	83,47
Rata-Rata		1210	2.278	3.43	353	4.75	17.61	83.10
6		1155	2.262	4.30	269	2.59	18.62	86.05
		1114	2.268	4.20	265	2.35	18.42	87.24
		1141	2.266	4.20	272	2.43	18.49	86.86
Rata-Rata		1137	2.265	4.23	269	2.46	18.51	86.73

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test Marshall tersebut diatas, maka ditentukan Kadar Aspal Optimum sebagai berikut :



Gambar 4.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) AC-BC

Nilai KAO dari nilai parameter yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Setelah memasukkan nilai parameter yang dihasilkan yaitu nilai VMA, VIM, VFB, Kepadatan, Stabilitas, Flow, dan MQ-ke dalam satu diagram, maka akan diperoleh nilai kadar aspal yang memenuhi semua persyaratan untuk setiap parameter. Nilai yang memenuhi hanya pada variasi 4,8 - 5,6 %, dan didapatkan batas atas - batas bawah dari variasi maka dicari kadar optimumnya yaitu nilai tengah aspal yang memenuhi spesifikasi. Dengan hasil kadar aspal optimum diperoleh dari pengujian sebesar 5,20%.

4.3.3 Data Uji Marshall Pada Kadar Aspal Optimum

Pengujian ini dilakukan untuk mencari : Stabilitas, Density, Kelelahan (Flow), Marshall Quotient (MQ). Rongga terisi aspal (VFB), Rongga dalam Campuran (VIM) dan Rongga dalam agregat (VMA) pada Kadar Aspal Optimum (KAO).

Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Marshall Untuk Kadar Aspal Optimum

Karakteristik Marshall Campuran Beraspal		Stabilitas (kg)	Density	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
Spesifikasi	Min	800		3	250	3	15	65
	Maks	-		-	-	5	-	-
5,2		1182	2.274	3.30	358	3.85	17.49	77.91
		1196	2.276	3.10	386	3.76	17.42	78.34
		1182	2.271	3.00	394	3.98	17.60	77.31
Rata- Rata		1187	2.274	3.13	379	3.86	17.50	75.86

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum Dengan Tambahan Serabut Kayu

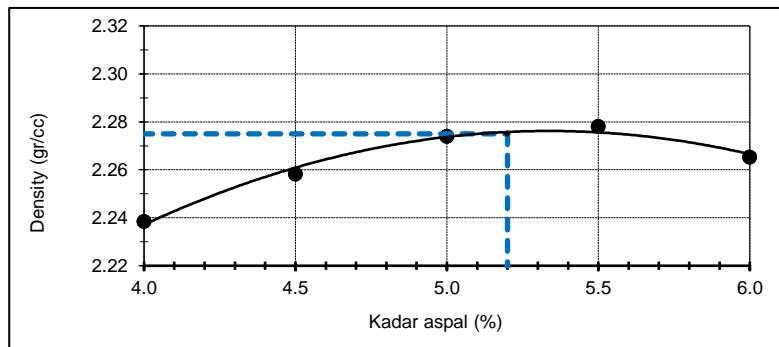
Karakteristik Marshall Campuran Beraspal		Stabilitas (kg)	Density	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
Spesifikasi	Min	1000	-	2	250	3	15	65
	Maks	-	-	4	-	5	-	-
Serabut kayu 2.0%		1114	2.236	3.90	286	4.98	17.05	70.79
		1100	2.246	3.50	314	3.05	16.68	81.71
		1141	2.295	3.80	300	3.94	15.82	75.09
Rata-Rata		1119	2.259	3,73	300	3.99	16.52	75.86
Serabut kayu 3.0%		1005	2.277	3.70	272	4.90	14.61	66.46
		1060	2.231	3.90	272	5.69	16.35	65.20
		1046	2.345	3.60	291	5.07	15.80	67.91
Rata-Rata		1037	2.251	3.73	278	5.22	15.59	66.52
Serabut kayu 4.0%		1087	2.230	3.70	294	5.84	15.76	62.94
		1128	2.241	2.90	389	5.38	15.34	64.93
		1073	2.189	3.20	335	6.10	17.33	62.80
Rata-Rata		1096	2.220	3,27	339	5.77	16.14	64.22

4.4 Pembahasan

4.4.1 Analisis Data Pada Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

a) Stabilitas (Stability)

Jika lapisan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk yang tidak dapat dipulihkan, maka lapisan tersebut dianggap stabil. menjadi alur, bercak, atau gelombang.pengaruh kadar aspal terhadap Stabilitas campuran AC-BC



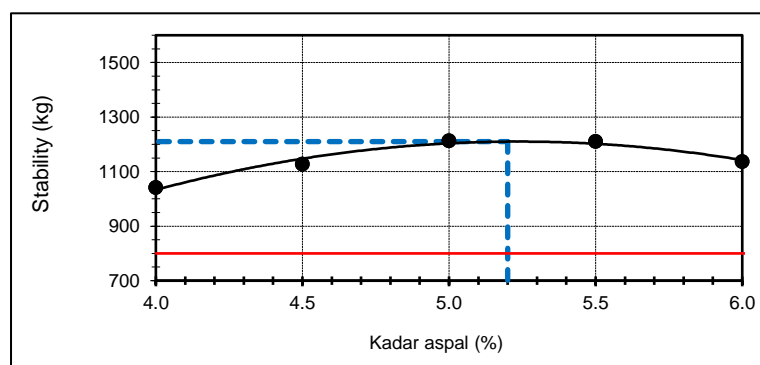
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal Dan Stabilitas

Dari Gambar 4.3 diatas menyatakan bahwa nilai dari kadar aspal 4% sampai 5%, kemudian stabilitas menurun dengan penambahan kadar aspal 6%. Stabilitas turun karena aspal terlalu tebal menyelimuti agregat. Nilai stabilitas diatas memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga minimal 800 kg. Semakin tinggi kadar aspal dalam campuran makan akan meningkatkan nilai stabilitas hingga optimum dan mengalami penurunan. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi dapat menyebabkan perkarasan mudah retak dan bila terlalu rendah mudah terjadinya deformasi.

b) kepadatan (Bulk Density)

Kepadatan atau Bulk Density ini merupakan nilai yang menunjukkan kepadatan dari campura beraspal. Faktor yang mempengaruhi nilai kepadatan adalah suhu pemadatan, komposisi bahan penyusun, kadar aspal, dan jumlah tumbukan pemadatan.

- pengaruh kadar aspal terhadap Marshall Kepadatan campuran AC-BC

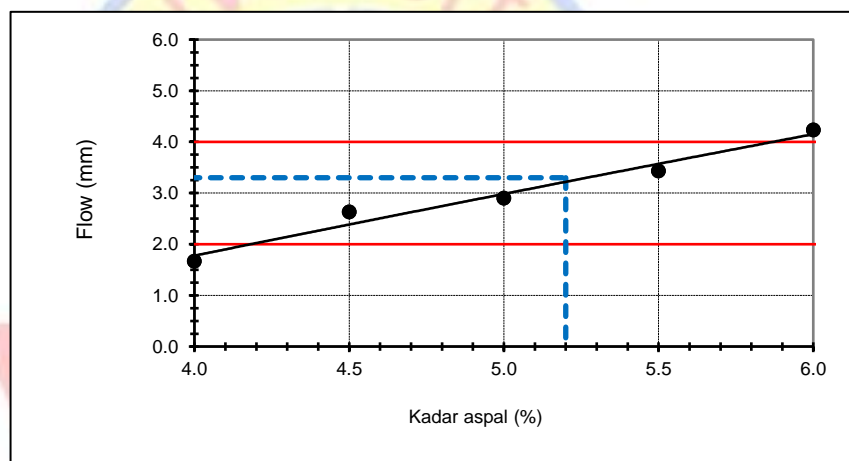


Gambar 4.4 Grafik Nilai Bulk Density Terhadap Kadar Aspal.

Dari hasil pengujian untuk nilai Bulk Density pada aspal normal didapatkan nilai tertinggi pada campuran 5,5% dengan nilai /1264 gr/cc.

c) flow (kelelahan)

Kelelahan flow merupakan indikator dari sifat fleksibel campuran yang di hasilkan. Nilai flos menunjukkan nilai penurunan yang terjadi pada campuran lapis perkarasan akibat menahan beban yang diterima sampai batas runtuh, dinyatakan dalam satuan mm. Nilai flow dipengaruhi antara lainoleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat dan proses pemadatan.



Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Density

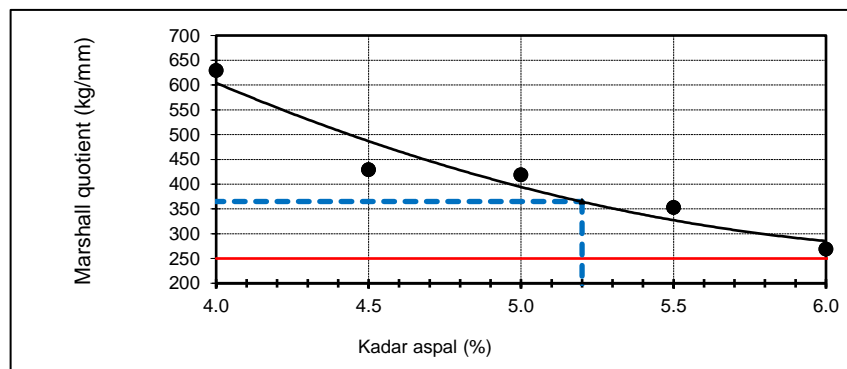
Dari hasil pengujian dengan mengacu syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 bahwa nilai kelelahan sebesar 2-4. Maka nilai kelelahan yang didapatkan memenuhi syarat tersebut.

d) Hasil Bagi Marshall

Salah satu ukuran kekakuan campuran akhir adalah hasil bagi Marshall. 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.

- Pengaruh kadar aspal terhadap Marshall Quotient campuran AC-BC



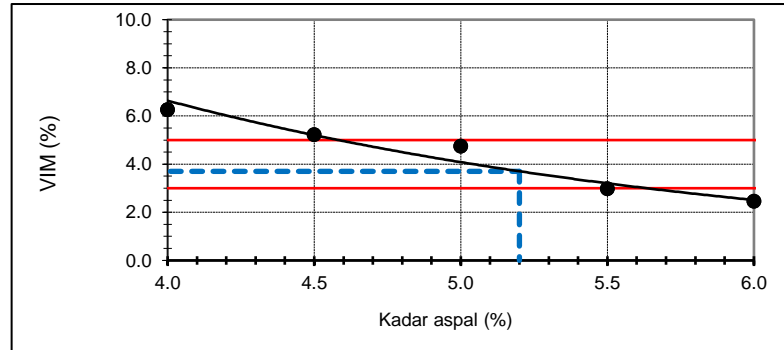
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan MQ

Dari Gambar 4.5 diatas nilai MQ memenuhi spesifikasi minimal 250 kg/mm yang disyaratkan. MQ merupakan hasil bagi antara stabilitas dan flow yang mengindikasikan pendekatan kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran aspal. Semakin besar nilai MQ berarti campuran semakin kaku dan sebaliknya bila semakin kecil nilainya campuran semakin lentur.

e) 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 VIM maka semakin tinggi kemampuan aspal untuk 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.

- Pengaruh kadar aspla terhadap VIM campuran AC-BC

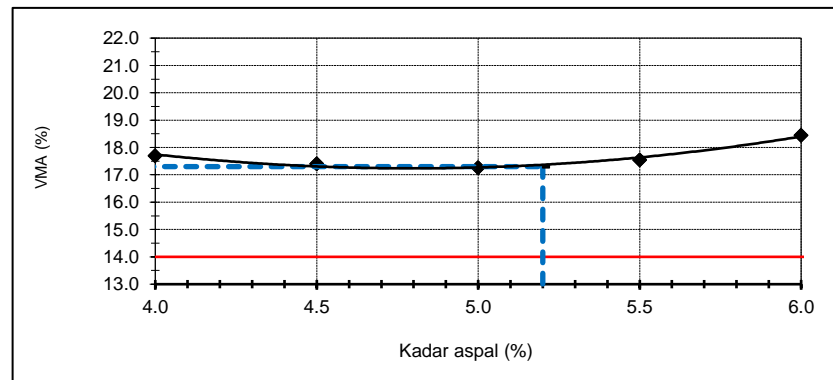


Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal Dan VIM

Dari Gambar 4.7 diatas nilai VIM semakin kecil dengan penambah kadar aspal, dengan bertambahnya kadar aspal, maka jumlah aspal yang mengisi rongga antar butiran agregat semakin rendah, sehingga volume rongga dalam campura menurun. VIM menyatakan banyaknya rongga udara dala campuran.

f) Void In Mineral Agreggat

Rongga di antara butiran agregat dalam campuran aspal yang dihasilkan disebut sebagai rongga dalam agregat mineral (VMA). Rongga ini digunakan untuk menampung aspal yang mengikat partikel-partikel menjadi satu. Nilai VMA yang terlalu rendah mengakibatkan lapisan aspal yang tipis dan cepat lepas serta kedap air, sehingga lapisan perkerasan mudah rusak..

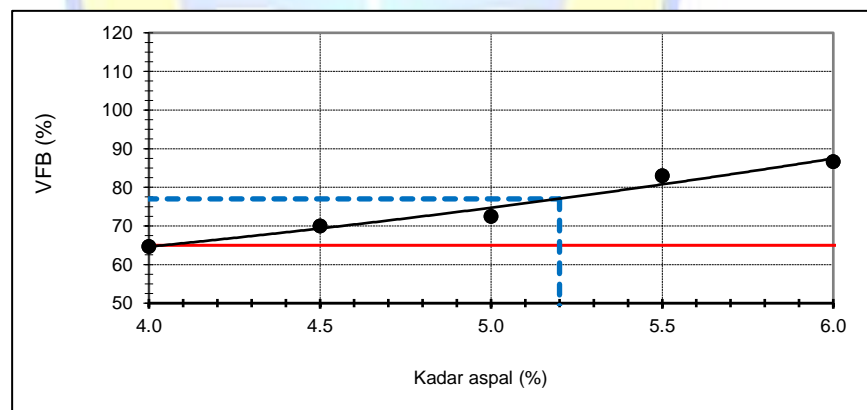


Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VMA

Dari Gambar 4.8 diatas nilai VMA semakin meningkat dengan penambahan kadar aspal. Semakin kadar aspal diatas maka campuran semakin awet. Akan tetapi VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

g) Voids Filled with Butimen (VBF)

VFB atau rongga yang terisi aspal merupakan parameter yang menunjukkan banyak aspal yang terisi dalam rongga campura beraspal yang telah didapatkan. Nilai VFB dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat atau VFA. Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi VFb antara lain kadar aspal, gradasi agregat, dan kekuatasn saat pemadatan (jumlah dan temperatur pemadatan).



- Pengaruh kadar aspal terhadap VFB campuran AC-BC

Gambar 4.9 Gambar Hubungan kadar aspal dan VFB

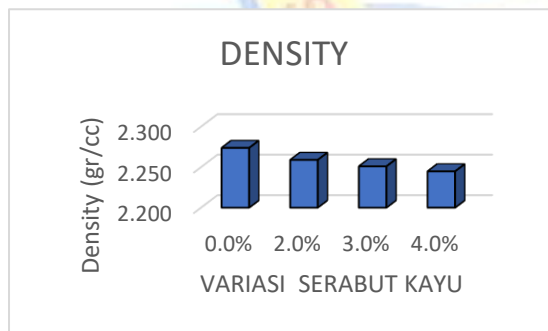
Nilai VFB menunjukkan persentase besarnya rongga yang dapat terisi aspal. Semakin banyak kadar aspal maka campuran semakin awet dan semakin sedikit kadar aspal agregat yang terselimuti aspal semakin tipis yang menyebabkan campuran tidak awet. Nilai VFB berpengaruh pada sifat kedekatan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran.

4.4.2 Analisa Data Pengujian Karakteristik Marshall Kadar Aspal Optimum

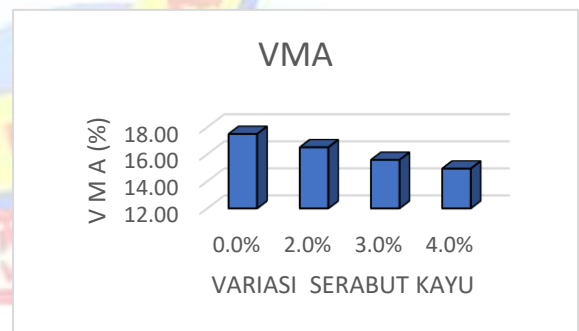
Setelah menentukan kadar aspal optimum dari pengujian Marshall dengan kadar aspal 4% sampai 7%, dengan tingkat kenaikan kadar aspal 0,5%. Data hasil pengujian dan analisa parameter Marshall disajikan pada tabel 4.8, selanjutnya Kadar Aspal Optimum (KAO) ditentukan dengan mengguakan standar Bina Marga, dimana ada 6 parameter yang harus dipenuhi yaitu : Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), *Marshall Quotien* (MQ), rongga terisi aspal (VFB), rongga dalam campuran (VIM) dan rongga dalam agregat (VMA) menghasilkan kadar aspal optimum 5,20 %.

4.4.3 Analisa Data Pengujian Karakteristik Marshall Dengan Tambahan Serabut Kayu

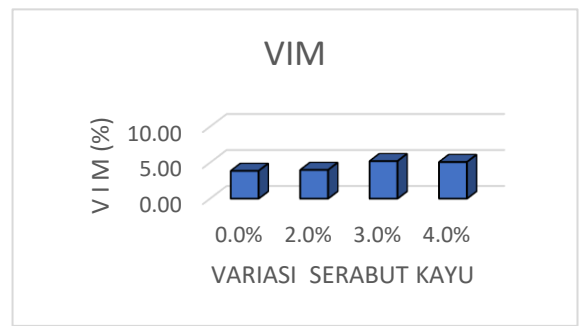
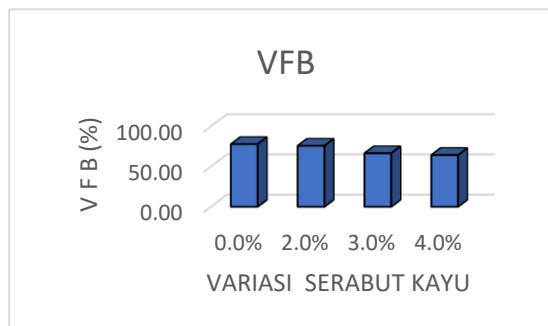
Dengan menambahkan serabut kayu 2%, 3%, dan 4% kedalam AC-BC akan berpengaruh pada semua parameter yang sudah ditetapkan oleh standar Bina Marga Tahun 2018 yaitu : *Density*, VMA, VFB, VIM, *Stability*, *Flow*, MQ. Berikut diagram hasil pengujiannya :



Gambar 4.10 Gambar Diagram *Density*

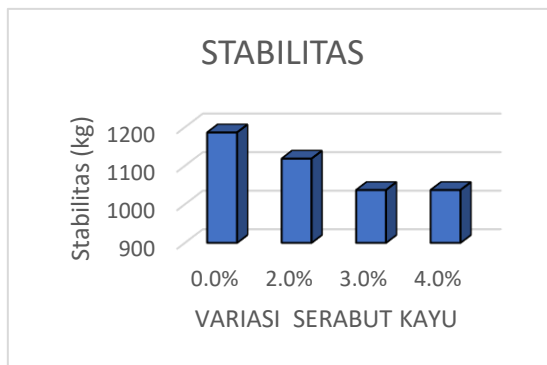


Gambar 4.11 Gambar Diagram VMA

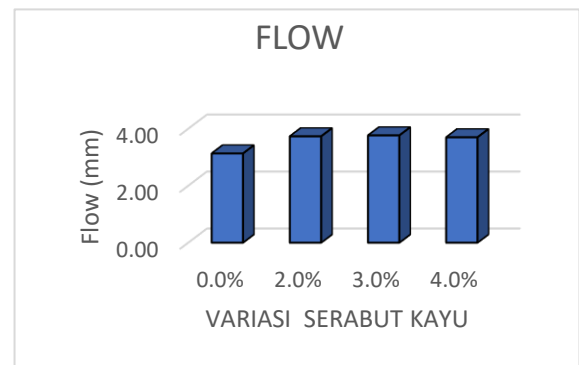


Gambar 4.12 Gambar Diagram VFB

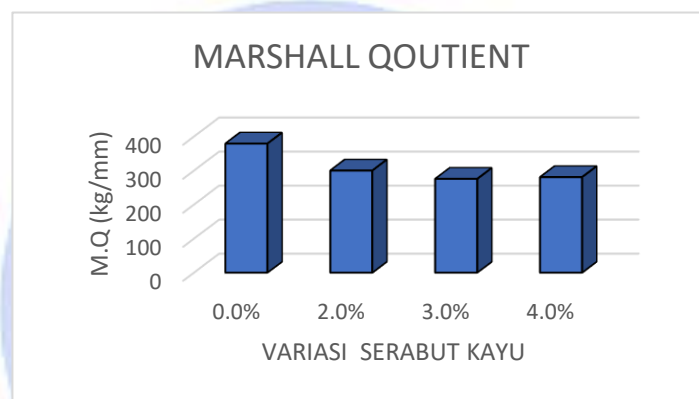
Gambar 4.13 Gambar Diagram VIM



Gambar 4.14 Gambar Diagram Stabilitas



Gambar 4.15 Gambar Diagram Flow



Gambar 4.16 Gambar Diagram MQ

4.4.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall

MARSHALL PROPERTIES							
URAIAN	UNIT	HASIL TES					SPEK-SNI 2018 REV-II
		Grafik KAO	KAO 0.0%	Penambahan Serabut Kayu			
				2.0%	3.0%	4.0%	
- Kadar Aspal Optimum	%			5.2			-
- Density	gr/cc	2.275	2.274	2.259	2.251	2.245	-
- VMA	%	17.30	17.50	16.52	15.59	14.94	Min. 14
- VFB	%	77.00	77.93	75.86	66.52	64.30	Min. 65
- VIM	%	3.70	3.86	3.99	5.22	5.09	3.0 - 5.0
- Stability	kg	1210	1187	1119	1037	1037	Min .800
- Flow	mm	3.30	3.13	3.73	3.73	3.73	2.0 - 4.0
- Marshall Quotient	kg/mm	365	379	300	278	278	Min. 250

Dari rekapitulasi hasil pengujian *marshall* diatas, dapat kita lihat beberapa parameter mengalami perubahan. Bisa kita lihat di tabel pada penambahan serabut

kayu 2% bahwa setiap parameter telah memenuhi syarat, parameter VIM pada penambahan serabut kayu 3% tidak memenuhi syarat karena melampaui batas maksimumnya, lalu pada penambahan 4% parameter VFB dan VIM tidak memenuhi syarat. Sedangkan pada penambahan 2% memiliki hasil yang baik karena memenuhi standar yang telah ditentukan oleh Bina Marga.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari pengujian yang dilakukan terhadap campuran normal didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,20%.
2. Dari pengujian yang dilakukan terhadap campuran
3. Perubahan pada nilai karakteristik Marshall substitusi pada serabut kayu, berikut adalah hasil pengujian:
 - a. Nilai bulk density dengan spesifikasi normal /1275 pada kadar serabut kayu 2% sebesar /1259 kg/cc, kadar serabut kayu 3% sebesar /1251 kg/cc, kadar serabut kayu 4% sebesar /1245 kg/cc.
 - b. Nilai stabilitas dengan spesifikasi minimum 800 normal 1210 kg, pada kadar serabut kayu 2% sebesar 1119 kg, kadar serabut kayu 3% sebesar 1037 kg, kadar serabut kayu 4% sebesar 1037 kg.
 - c. Nilai VIM dengan spesifikasi 3-5 normal 3,70 pada kadar serabut kayu 2% sebesar 3,99 %, kadar serabut kayu 3% sebesar 5,22 %, kadar serabut kayu 4% sebesar 5,09 %. Nilai VIM pada 3% dan 4% melampaui batas sehingga tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018.
 - d. Nilai VFB dengan spesifikasi minimum 65 normal 77,00 pada kadar serabut kayu 2% sebesar 75,86 , kadar serabut kayu 3% sebesar 66,52 , kadar serabut kayu 4% sebesar 64.30. Nilai VFB pada 4% kurang dari batas minimum sehingga tidak memenuhi spesifikasi umum bina marga 2018.

- e. Nilai VMA dengan spesifikasi minimum 14 normal 17,30 pada kadar serabut kayu 2% sebesar 16,52%, kadar serabut kayu 3% sebesar 15,59%, kadar serabut kayu 4% sebesar 14,94 sehingga kadar serabut kayu pada setiap persenan memenuhi spesifikasi umum dari bina marga 2018.
 - f. Nilai *flow* dengan spesifikasi 2-4 normal 3,30 pada kadar serabut kayu 2% sebesar 3,73mm, kadar serabut kayu 3% sebesar 3,77mm, kadar serabut kayu 4% sebesar 3,70mm sehingga kadar serabut kayu pada setiap persenan memenuhi spesifikasi dari bina marga umum 2018.
4. Dari hasil penelitian aspal dengan penambahan serabut kayu dapat disimpulkan bahwa penggunaan serabut kayu campuran aspal memiliki nilai yang tidak begitu bagus, sehingga harus dilakukan penelitian lebih lanjut lagi agar lebih dapat dipastikan karena kurangnya referensi tentang penelitian aspal AC-BC yang menggunakan campuran serabut kayu.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa data dalam penelitian 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 pengisi serabut kayu pada AC-BC agar lebih banyak referensi yang didapat.

DAFTAR PUSKATA

- Agustian, K., & Ridha, M. (2018). Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Dengan Menggunakan 6% Styrofoam Sebagai Bahan Substitusi Aspal. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.30601/unayaded.v4i1.193>
- Amal, A. S. (2012). Pemanfaatan Styrofoam Pada Aspal AC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshall Pada Asphalt Treated Base (Atb). *Jurnal Media Teknik Sipil*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jmts.v9i1.1111>
- Apriyanti, M. (2017). *Styrofoam Sebagai Bahan Aditif Pada Campuran Aspal Ac – Wc Ditinjau Dari Sifat Fisik Bahan Aspal Dan Nilai Stabilitas*. 9,15–26.
- Desain, A. M. (n.d.). *Bab Iii Banuuuu*. 30–56. <https://www.google.com/search?q=apa+karakteristik+dari+styrofoam%3F&oq=&aqs=chrome.0.35i39i362l8.73725318j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 715–724. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10031>
- Mashuri. (2010). Karakteristik aspal sebagai bahan pengikat yang ditambahkan styrofoam. *SMARTek*, 8(1), 1–12.
- Mechanically Depolymerization of Natural Rubber for Asphalt Additive Material. *Jurnal Penelitian Karet*, 32(1), 81–87. Retrieved from <http://ejournal.puslitkaret.co.id/index.php/jpk/article/view/154/103>
- Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*.1991.SNI 06-2489-1991
- Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*.1990.SNI03-1968-1990
- Nursandah, F. (2019). *LASTON AC-WC TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL*. 4(2), 262–267.

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

Prastanto, H., Cifriadi, A., & Ramadhan, A. (2015). Karakteristik Dan Hasil Uji Marshall Aspal Termodifikasi Dengan Karet Alam Terdepolimerisasi Sebagai Aditif. *Jurnal Penelitian Karet*, 33(1), 75. <https://doi.org/10.22302/jpk.v33i1.173>

Razuardi, R., Saleh, S. M., & Isya, M. (2018). Pengaruh Penambahan Buton Rock Asphalt (Bra) Sebagai Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus (Ac-Wc).

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

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

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



LAMPIRAN

Sampel aspal	: Ex. PT. Pertamina
Jenis aspal	: Pen 60/70
Tanggal uji	:

PENGUJIAN TITIK LEMBEK
SNI 06 - 2434 - 1991

Pembukaan	Contoh di panaskan	Pembacaan waktu	Suhu
Contoh	Mulai Jam	14,30	Oven
	Selesai Jam	15,00	Temp
Mendinginkan	Didiamkan pada suhu		
Contoh	Mulai Jam :	15,00	
	Selesai Jam :	16,00	
Mencapai suhu	direndam pada suhu	16,00	
	5 ° C	16,15	
Pemeriksaan	Mulai Jam :	16,15	
	Selesai Jam	16,20	
Pemeriksaan	Titik Irbek		
	Mulai Jam :	16,20	
	Selesai Jam :	16,31	

No	Suhu yang diamati		Waktu		Titik lembek ° C	
	° C	° F	I	II	I	II
1	5		0			
2	10		71			
3	15		129			
4	20		184			
5	25		237			
6	30		288			
7	35		340			
8	40		397			
9	45		451			
10	50		507			
11	55		562			
12	60		619		49,0	49,0
		SPESIFIKASI ≥ 48		Rata-rata	49,0	

Sampel aspal	: Ex. PT. Pertamina
Jenis aspal	: Pen 60/70
Tanggal uji	:

PENGUJIAN PENETRASI ASPAL
SNI 06 - 2456 - 1991

PERSIAPAN			
Contoh di panaskan	Mulai jam	: 14,30	Suhu aspal : 25° C
	Selesai jam	: 15,00	
Contoh di diamkan pada suhu ruang	Mulai jam	: 15,00	Suhu ruang ° C
	Selesai jam	: 15,30	
Contoh di rendam pada Temp 25° C	Mulai jam	: 15,30	
	Selesai jam	: 16,30	
Pemeriksaan penetrasi	Mulai jam	: 16,30	
	Selesai jam	: 16,40	

PEMERIKSAAN			
Penetrasi pada suhu 25° C			
Beban 100 gram selama 5 detik		I	II
Pengamatan	1	62	64
	2	64	62
	3	61	63
	4	63	61
	5	61	62
Rata - rata	62,2	62,4	62,3
Jenis aspal	Pen 60/70 (Tipe 1)		
Persaratan umum	Min. 60	Max. 70	

TEST LONJONG & KEPIPIHAN AGGREGAT
ASTM D-4791

Jenis material	: Agregat Kasar 17 mm
Sumber material	: Ex. Bale Endah
Tanggal uji	:

				A	B
A	Berat contoh material sebelum	GR		1792,4	1665,8
B	Berat contoh material Tertahan 3/8 "	GR		1792,4	1665,8
C	Berat contoh material Pipih	GR		78,6	73,4
D	Berat contoh material lonjong	GR		28,5	26,7
E	Persentase kepipihan	GR	(C / B) X 100	4,39	4,41
F	Persentase Lonjong	%	(D / B) X 100	1,59	1,60
G	Persentase Kepipihan + Lonjong	%	E + F	5,98	6,01
RATA - RATA		%		5,99	
SPESIFIKASI				MAX 10%	

**PENGUJIAN KADAR LUMPUR DAN GUMPALAN LEMPUNG
DIDALAM AGGREGAT
(SNI 3-4141-1966)**

Tanggal uji :

No	Jenis Material	No Saringan			Berat Material		Persentase	Spesifikasi
		Lolos (inc)	Tertahan (inc)	Tertahan Setelah Perendaman (inc)	Sebelum (gr) A	Sesudah (gr) A	Kadar Lumpur (%) $C = (A - B / A) \times 100$	
1	Abu Batu (0 - 5 mm)	# 4	# 16	# 30	500	495,8	0,840	Max 1 %
2	Agregat Sedang (6 - 12) mm	3/4"	3/8"	# 4	2000	1990,7	0,465	
3	Agregat Kasar 17 mm	3/4"	1/2"	# 4	3000	2990,5	0,317	
4	Agregat Kasar 23 mm	1"	3/4"	# 4	3000	2993,2	0,227	

Tanggal uji :
Jenis material : Agregat Kasar

**PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT
DENGAN MESIN LOS ANGELES**

Gradasi Saringan		Nomor Contoh	
Lolos	Tertahan	I Coarse Agg. (19 - 25 mm)	II Coarse Agg. (19 - 25 mm)
1 1/2 "	3/4"		
3/4 "	1/2"	2500	2500
1/2 "	3/8"	2500	2500
3/8 "	1/4 "		
1/4 "	No.4		
Total		5000	5000

Ukuran Saringan		Berat Agregat			
Lolos	Tertahan	A	B	C	D
1 1/2 "	1 "	1250			
1 "	3/4 "	1250			
3/4 "	1/2 "	1250	2500		
1/2 "	3/8 "	1250	2500		
3/8 "	1/4 "			2500	
1/4 "	No.4			2500	
No.4	No.8				5000
Total		5000	5000	5000	5000
Jml. Bola Baja		12	11	8	6

Metode Pengetesan		Metode-B	Metode-B
Berat sebelum (A)		5000	5000
Berat sesudah diayak Saringan No. 12 (B)		4012	4038
(A) - (B)		988	962
Keausan $\frac{(A) - (B)}{(A)} \times 100\%$		19,76	19,24
Keausan Rata-Rata		19,50	

**PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT
SNI 03-4428-1997**

Jenis sampel : Abu Batu (0 - 5 mm) Ex. Bale Endah
Tanggal uji :

NO.	URAIAN	NO. CONTOH		
		I	II	III
1	TERA TINGGI TANGKAI PENUNJUK BEBAN KEDALAM GELAS UKUR (GELAS DALAM KEADAAN KOSONG)	10,00	10,00	
2	BACA SKALA LUMPUR (PEMBACAAN SKALA PERMUKAAN LUMPUR LIHAT PADA DINDING GELAS UKUR).	3,80	3,40	
3	MASUKAN BEBAN, BACA SKALA BEBAN PADA TANGKAI PENUNJUK	13,10	12,50	
4	BACA SKALA PASIR (3) - (1)	3,10	2,50	
5	NILAI SAND EQUIVALENT $\frac{\text{SKALA PASIR (4)}}{\text{SKALA LUMPUR (2)}} \times 100 (\%)$	81,58	73,53	
6	NILAI RATA-RATA SAND EQUIVALENT	77,55		(%)

Spec Sand Equivalent Min - 50 %

**SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF
FINE AGGREGATE
AASHTO T 84 - 74
ASTM C 120 - 68**

Sampel : Abu Batu (0 - 5 mm) Ex. Bale Endah
Tanggal uji :

	A	B	AVERAGE
- MASS OF SATURATED SURFACE DRY SAMPLE IN AIR 500 gr	500	500	gr
- MASS OVEN DRY SAMPLE IN AIR	W1 487,8	489,4	gr
- MASS OF PICNOMETER FILLED WITH WATER	W2 2562,6	2559,8	gr
- MASS OF PICNOMETER WITH SAMPLE AND - WATER TO CALIBRATION MARK	W3 2869,0	2869,0	gr

	A	B	AVERAGE	
- BULK SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W2 + 500 - W3}$	2,520	2,565	2,542 gr/cc
- BULK SPECIFIC GRAVITY (SATURATED SURFACE DRY BASIS)	$\frac{500}{W2 + 500 - W3}$	2,583	2,621	2,602 gr/cc
- APPARENT SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W2 + W1 - W3}$	2,689	2,716	2,702 gr/cc
- ABSORPTION	$\frac{(500 - W1)}{W1} \times 100$	2,501	2,166	2,333 %

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF

MEDIUM AGGREGATE

AASTHO T 85 - 74

ASTM C 127 - 68

Sampel : Screening (6 - 12 mm) Ex. Bale Endah

Tanggal uji :

		A	B	AVERAGE	
- MASS OF OVEN DRY SAMPLE IN AIR	W1	1490,6	1452,4		gr
- MASS SATURATED SURFACE DRY SAMPLE IN AIR	W2	1516,2	1477,0		gr
- MASS OF SATURATED SAMPLE IN WATER	W3	948,4	921,4		gr

Page 2

		A	B	AVERAGE	
- BULK SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W2 - W3}$	2,625	2,614	2,620	gr/cc
- BULK SPECIFIC GRAVITY (SATURATED SURFACE DRY BASIS)	$\frac{W2}{W2 - W3}$	2,670	2,658	2,664	gr/cc
- APPARENT SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W1 - W3}$	2,749	2,735	2,742	gr/cc
- ABSORPTION	$\frac{W2 - W1}{W1} \times 100$	1,717	1,694	1,706	%

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF

COARSE AGGREGATE

AASTHO T 85 - 74

ASTM C 127 - 68

Sampel : Splitte 17 mm Ex. Bale Endah

Tanggal uji :

		A	B	AVERAGE	
- MASS OF OVEN DRY SAMPLE IN AIR	W1	1502,4	1560,6		gr
- MASS SATURATED SURFACE DRY SAMPLE IN AIR	W2	1518,4	1578,2		gr
- MASS OF SATURATED SAMPLE IN WATER	W3	957,2	989,8		gr

Page 3

		A	B	AVERAGE	
- BULK SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W2 - W3}$	2,677	2,652	2,665	gr/cc
- BULK SPECIFIC GRAVITY (SATURATED SURFACE DRY BASIS)	$\frac{W2}{W2 - W3}$	2,706	2,682	2,694	gr/cc
- APPARENT SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W1 - W3}$	2,756	2,734	2,745	gr/cc
- ABSORPTION	$\frac{W2 - W1}{W1} \times 100$	1,065	1,128	1,097	%

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF

COARSE AGGREGATE

AASTHO T 85 - 74
ASTM C 127 - 68

Sampel : Splite 23 mm Ex. Bale Endah
Tanggal uji :

		A	B	AVERAGE	
- MASS OF OVEN DRY SAMPLE IN AIR	W1	1672,4	1724,6		gr
- MASS SATURATED SURFACE DRY SAMPLE IN AIR	W2	1688,6	1741,2		gr
- MASS OF SATURATED SAMPLE IN WATER	W3	1071,2	1108,4		gr

Page 4

		A	B	AVERAGE	
- BULK SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W2 - W3}$	2,709	2,725	2,717	gr/cc
- BULK SPECIFIC GRAVITY (SATURATED SURFACE DRY BASIS)	$\frac{W2}{W2 - W3}$	2,735	2,752	2,744	gr/cc
- APPARENT SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W1 - W3}$	2,782	2,799	2,791	gr/cc
- ABSORPTION	$\frac{W2 - W1}{W1} \times 100$	0,969	0,963	0,966	%

SPECIFIC GRAVITY AND ABSORPTION OF

COARSE AGGREGATE

AASTHO T 85 - 74
ASTM C 127 - 68

Sampel : Serabut Kayu
Tanggal uji :

		A	B	AVERAGE	
- MASS OF OVEN DRY SAMPLE IN AIR	W1	701,4	699,8		gr
- MASS SATURATED SURFACE DRY SAMPLE IN AIR	W2	709,2	678,8		gr
- MASS OF SATURATED SAMPLE IN WATER	W3	156,0	123,2		gr

Page 5

		A	B	AVERAGE	
- BULK SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W2 - W3}$	1,268	1,260	1,264	gr/cc
- BULK SPECIFIC GRAVITY (SATURATED SURFACE DRY BASIS)	$\frac{W2}{W2 - W3}$	1,282	1,222	1,252	gr/cc
- APPARENT SPECIFIC GRAVITY	$\frac{W1}{W1 - W3}$	1,286	1,214	1,250	gr/cc
- ABSORPTION	$\frac{W2 - W1}{W1} \times 100$	1,112	(3,001)	(0,945)	%

SIEVE ANALISYS AGGREGATE

FINE AGGREGATE

Sample Abu Batu (0 - 5 mm)
Tanggal :

KIND OF MATERIAL		Abu Batu (0 - 5 mm)			AVERAGE	Abu Batu (0 - 5 mm)		
SIEVE SIZE		RETAINED		PASSING	%	RETAINED		PASSING
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
3/4"	19,0							
1/2"	12,5							
3/8"	9,5	-	-	100,00	100,00	-	-	100,00
# 4	4,75	2,0	0,19	99,81	99,86	1,0	0,10	99,90
# 8	2,36	156,6	14,84	85,16	85,58	144,6	14,01	85,99
# 16	1,15	418,2	39,63	60,37	61,12	393,6	38,12	61,88
# 30	0,60	600,0	56,86	43,14	43,86	572,2	55,42	44,58
# 50	0,300	735,2	69,67	30,33	30,90	707,4	68,52	31,48
# 100	0,150	856,4	81,16	18,84	18,88	837,0	81,07	18,93
# 200	0,075	959,6	90,94	9,06	9,97	920,0	89,11	10,89
Weight Of Sample (gr)		1055,2				1032,4		

SIEVE ANALISYS AGGREGATE

MEDIUM AGGREGATE

Sample Screening (6 - 12 mm)
Tanggal :

KIND OF MATERIAL		Screening (6 - 12 mm)			AVERAGE	Screening (6 - 12 mm)		
SIEVE SIZE		RETAINED		PASSING	%	RETAINED		PASSING
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
3/4"	19,0	-	-	100,00	100,00	-	-	100,00
1/2"	12,5	-	-	100,00	100,00	-	-	100,00
3/8"	9,5	84,7	7,74	92,26	93,33	59,1	5,60	94,40
# 4	4,75	646,6	59,07	40,93	40,52	632,6	59,88	40,12
# 8	2,36	1.058,8	96,73	3,27	2,37	1.040,8	98,52	1,48
# 16	1,15	1.079,4	98,61	1,39	0,90	1.052,0	99,58	0,42
# 30	0,60	1.091,4	99,71	0,29	0,26	1.054,0	99,77	0,23
# 50	0,300	1.091,4	99,71	0,29	0,26	1.054,0	99,77	0,23
# 100	0,150	1.091,4	99,71	0,29	0,26	1.054,0	99,77	0,23
# 200	0,075	1.091,4	99,71	0,29	0,26	1.054,0	99,77	0,23
Weight Of Sample (gr)		1094,6				1056,4		

SIEVE ANALISYS AGGREGATE

COARSE AGGREGATE

Sample Splite 17 mm
Tanggal :

KIND OF MATERIAL		Splite 17 mm			AVERAGE	Splite 17 mm		
SIEVE SIZE		RETAINED		PASSING	%	RETAINED		PASSING
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
3/4"	19,0	-		100,00	100,00	-	-	100,00
1/2"	12,5	367,6	26,17	73,83	74,01	396,0	25,81	74,19
3/8"	9,5	874,1	62,22	37,78	36,65	989,4	64,48	35,52
# 4	4,75	1.376,0	97,95	2,05	2,10	1.501,3	97,84	2,16
# 8	2,36	1.403,2	99,89	0,11	0,25	1.528,6	99,62	0,38
# 16	1,15	1.403,2	99,89	0,11	0,25	1.528,6	99,62	0,38
# 30	0,60	1.403,2	99,89	0,11	0,25	1.528,6	99,62	0,38
# 50	0,300	1.403,2	99,89	0,11	0,25	1.528,6	99,62	0,38
# 100	0,150	1.403,2	99,89	0,11	0,25	1.528,6	99,62	0,38
# 200	0,075	1.403,2	99,89	0,11	0,25	1.528,6	99,62	0,38
Weight Of Sample (gr)		1404,8				1534,4		

SIEVE ANALISYS AGGREGATE

COARSE AGGREGATE

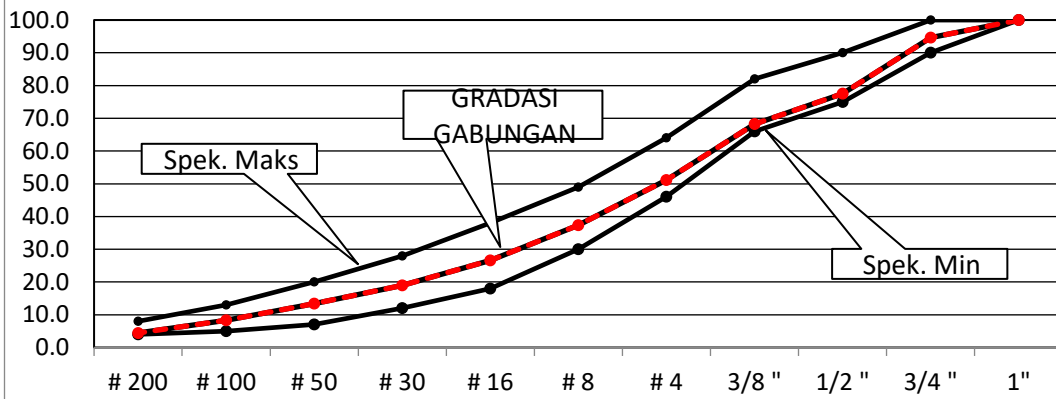
Sample Splite 23 mm
Tanggal :

KIND OF MATERIAL		Splite 23 mm			AVERAGE	Splite 23 mm		
SIEVE SIZE		RETAINED		PASSING	%	RETAINED		PASSING
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
1"	25	-	-	100,00	100,00	-	-	100,0
3/4"	19,0	494,6	32,20	67,80	70,41	441,6	26,98	73,02
1/2"	12,5	1.483,2	96,58	3,42	4,15	1.557,2	95,13	4,87
3/8"	9,5	1.523,8	99,22	0,78	1,05	1.615,4	98,68	1,32
# 4	4,75	1.533,2	99,83	0,17	0,23	1.632,2	99,71	0,29
# 8	2,36	1.533,2	99,83	0,17	0,23	1.632,2	99,71	0,29
# 16	1,15	1.533,2	99,83	0,17	0,23	1.632,2	99,71	0,29
# 30	0,60	1.533,2	99,83	0,17	0,23	1.632,2	99,71	0,29
# 50	0,300	1.533,2	99,83	0,17	0,23	1.632,2	99,71	0,29
# 100	0,150	1.533,2	99,83	0,17	0,23	1.632,2	99,71	0,29
# 200	0,075	1.533,2	99,83	0,17	0,23	1.632,2	99,71	0,29
Weight Of Sample (gr)		1535,8				1637,0		

**PERENCANAAN GRADASI CAMPURAN
AC - BINDER COURSE**

URAIAN	UKURAN SARINGAN											
	1"	3/4 "	1/2 "	3/8 "	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200	
Inc. mm	25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,6	0,3	0,15	0,075	
Spesifikasi gradasi												
Maksimal	100	100	90	82	64	49	38	28	20	13	8	
Minimal	100	90	75	66	46	30	18	12	7	5	4	
Data Material												
Abu Batu (0 - 5) mm	100,00	100,00	100,00	100,00	99,86	85,58	61,12	43,86	30,90	18,88	9,97	
Screening (6 - 12) mm	100,00	100,00	100,00	93,33	40,52	2,37	0,90	0,26	0,26	0,26	0,26	
Splite 17 mm	100,00	100,00	74,01	36,85	2,10	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Splite 23 mm	100,00	70,41	4,15	1,05	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	
Komposisi Campuran												
Abu Batu (0 - 5) mm	43,0%	43,00	43,00	43,00	43,00	42,94	36,80	26,28	18,86	13,29	8,12	4,29
Screening (6 - 12) mm	19,0%	19,00	19,00	19,00	17,73	7,70	0,45	0,17	0,05	0,05	0,050	0,05
Splite 17 mm	20,0%	20,00	20,00	14,80	7,33	0,42	0,05	0,05	0,05	0,05	0,049	0,049
Splite 23 mm	18,0%	18,00	12,67	0,75	0,19	0,04	0,04	0,04	0,04	0,042	0,042	0,042
Total Campuran	100%	100,0	94,67	77,55	68,25	51,10	37,34	26,54	19,00	13,43	8,26	4,43

GRAFIK GRADASI GABUNGAN



**PENGUJIAN BERAT JENIS MAKSIMUM (GMM)
CAMPURAN BERASPAL
SNI 03-6893-2002**

Jenis hotmix : AC - BINDER COURSE
 Jenis aspal : PEN 60/70 Ex. Pertamina
 Tanggal uji :

NO.	JENIS PENGUJIAN	KET	KADAR ASPAL					KAO 5,20%
			4,00%	4,50%	5,00%	5,50%	6,00%	
1	Berat Botol + Sampel (gr)	A	1602,2	1602,2	1602,2	1602,2	1602,2	1602,2
2	Berat Botol (gr)	B	602,2	602,2	602,2	602,2	602,2	602,2
3	Suhu Pengujian °C	C	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0
4	Berat Sampel (gr)	D = A - B	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
5	Berat Botol + Air (gr)	E	2550,4	2550,4	2550,4	2550,4	2550,4	2550,4
6	Berat Botol + Air + Sampel (gr)	F	3131,6	3130,7	3131,5	3124,5	3119,8	3127,6
7	Koreksi Suhu Pengujian	G	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
8	Berat Jenis Maksimum (gr/cc)	$H = [D/(D+E-F)] \times G$	2,388	2,383	2,387	2,348	2,322	2,365

SURFACE AREA

ASTM SIEVE SIZE	GRADASI AGGREGAT	Spesifikasi	Faktor Luas Permukaan Aggregat
1 "	100,00	100	} 1 x 0,41
3/4	94,67	90 - 100	
1/2"	77,55	90 - 75	
3/8"	68,25	82 - 66	
#4	51,10	64 - 46	
#8	37,34	49 - 30	x 0,41
#16	26,54	38 - 18	x 0,82
#30	19,00	28 - 18	x 1,64
#50	13,43	20 - 7	x 2,87
#100	8,26	13 - 5	x 6,14
#200	4,43	8 - 4	x 12,29
Perbandingan campuran agregat (% terhadap berat total agregat)	AC - BINDER COURSE		x 32,77
	Jumlah luas permukaan aggregate (m ² /kg)		
	4,79		

TABEL KOREKSI STABILITY

NO.	VOLUME	KOREKSI	KETERANGAN
1	457 - 471	1,19	Ukuran Mould 4"
2	472 - 496	1,09	
3	497 -509	1,04	
4	510 - 523	1	
5	524 - 536	0,96	
6	537 - 547	0,93	
7	548 - 560	0,86	

PERCOBAAN MARSHALL

Jenis hotmix : AC - BINDER COURSE
 Jenis aspal : Pen 60/70 Ex. Pertamina
 Kal. Proving Ring 14,1523 Kg

Kadar Aspal	4,0	4,5
Gmm Theoretical	2,514	2,495
Absp aspal	0,899	0,899
Bit. Film Thickness (micron)	6,70	7,82
Bj. Eff. Agregat	2,674	2,674

Bj. Bulk Agregat	2,613
Bj. Aspal	1,030
Surface Area	4,68

No.	Aspal terhadap batuan	Kadar Aspal	Berat (gr)			Isi Benda Uji	BD Bulk Campuran	GMM Uji	Rongga diantara Agregat	Rongga Udara	Rongga Ter isi Aspal	Stabilitas (kg)			Kelelahan Plastis (mm)	Hasil Bagi Marsall	Kadar Aspal Efektiv
			Di Udara	Dalam Air	Kering Permukaan							Di Baca	Di Sesuaikan	Di Koreksi			
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	
I. 1	96,0	4,0	1193,4	664,6	1197,8	533,2	2,238	2,388	17,77	6,26	64,77	77	1090	1046	1,80	581	3,14
I. 2	96,0	4,0	1185,6	665,0	1194,0	529,0	2,241	2,388	17,66	6,14	65,23	75	1061	1019	1,70	599	3,14
I. 3	96,0	4,0	1173,2	654,7	1179,4	524,7	2,236	2,388	17,85	6,36	64,37	78	1104	1060	1,50	706	3,14
RATA - RATA							2,238	2,388	17,76	6,25	64,79			1042	1,67	629	3,14
II. 1	95,5	4,5	1182,4	662,7	1186,2	523,5	2,259	2,383	17,45	5,20	70,20	83	1175	1128	2,60	434	3,64
II. 2	95,5	4,5	1196,6	671,1	1200,8	529,7	2,259	2,383	17,44	5,19	70,24	84	1189	1141	2,80	408	3,64
II. 3	95,5	4,5	1188,8	667,9	1194,6	526,7	2,257	2,383	17,51	5,27	69,90	82	1160	1114	2,50	446	3,64
RATA - RATA							2,258	2,383	17,47	5,22	70,11			1128	2,63	429	3,64
SPEKIFIKASI									Min. 14	3 - 5	Min. 65		Min. 800	2 - 4	Min. 250		

PERCOBAAN MARSHALL

Jenis hotmix : AC - BINDER COURSE
 Jenis aspal : Pen 60/70 Ex. Pertamina
 Kal. Proving Ring 14,1523 Kg

Kadar Aspal	5,0	5,5
Gmm Theoretical	2,476	2,458
Absp aspal	0,899	0,899
Bit. Film Thickness (micron)	8,96	10,10
Bj. Eff. Agregat	2,674	2,674

Bj. Bulk Agregat	2,613
Bj. Aspal	1,030
Surface Area	4,68

No.	Aspal terhadap batuan	Kadar Aspal	Berat (gr)			Isi Benda Uji	BD Bulk Campuran	GMM Uji	Rongga diantara Agregat	Rongga Udara	Rongga Ter isi Aspal	Stabilitas (kg)			Kelelahan Plastis (mm)	Hasil Bagi Marsall	Kadar Aspal Efektiv
			Di Udara	Dalam Air	Kering Permukaan							Di Baca	Di Sesuaikan	Di Koreksi			
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	
III. 1	95,0	5,0	1204,6	679,2	1209,2	530,0	2,273	2,387	17,37	4,79	72,42	87	1231	1182	3,00	394	4,15
III. 2	95,0	5,0	1186,2	670,6	1192,0	521,4	2,275	2,387	17,29	4,70	72,82	89	1260	1260	2,80	450	4,15
III. 3	95,0	5,0	1194,2	672,8	1198,0	525,2	2,274	2,387	17,33	4,75	72,59	88	1245	1196	2,90	412	4,15
RATA - RATA							2,274	2,387	17,33	4,75	72,61			1212	2,90	419	4,15
IV. 1	94,5	5,5	1177,4	663,7	1181,0	517,3	2,276	2,348	17,69	3,06	82,70	88	1245	1245	3,40	366	4,65
IV. 2	94,5	5,5	1182,8	669,0	1188,2	519,2	2,278	2,348	17,61	2,97	83,13	85	1203	1203	3,50	344	4,65
IV. 3	94,5	5,5	1203,6	680,3	1208,2	527,9	2,280	2,348	17,54	2,90	83,47	87	1231	1182	3,40	348	4,65
RATA - RATA							2,278	2,348	17,61	2,98	83,10			1210	3,43	353	4,65
SPEKIFIKASI									Min. 14	3 - 5	Min. 65		Min. 800	2 - 4	Min. 250		

PERCOBAAN MARSHALL

Jenis hotmix : AC - BINDER COURSE
 Jenis aspal : Pen 60/70 Ex. Pertamina
 Kal. Proving Ring 14,1523 Kg

Kadar Aspal	6,0
Gmm Theoretical	2,440
Absp aspal	0,899
Bit. Film Thickness (micron)	11,26
Bj. Eff. Agregat	2,674

Bj. Bulk Agregat	2,613
Bj. Aspal	1,030
Surface Area	4,68

No.	Aspal terhadap batuan	Kadar Aspal	Berat (gr)			Isi Benda Uji	BD Bulk Campuran	GMM Uji	Rongga diantara Agregat	Rongga Udara	Rongga Ter isi Aspal	Stabilitas (kg)			Kelelahan Plastis (mm)	Hasil Bagi Marsall	Kadar Aspal Efektiv
			Di Udara	Dalam Air	Kering Pemukaan							Di Baca	Di Sesuaikan	Di Koreksi			
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	
V. 1	94,0	6,0	1201,2	674,6	1205,6	531,0	2,262	2,322	18,62	2,59	86,09	85	1203	1155	4,30	269	5,15
V. 2	94,0	6,0	1198,8	676,0	1204,6	528,6	2,268	2,322	18,42	2,35	87,24	82	1160	1114	4,20	265	5,15
V. 3	94,0	6,0	1186,4	666,6	1190,2	523,6	2,266	2,322	18,49	2,43	86,86	84	1189	1141	4,20	272	5,15
RATA - RATA							2,265	2,322	18,51	2,46	86,73		1137	4,23	269	5,15	
SPEKIFIKASI									Min. 14	3 - 5	Min. 65		Min. 800	2 - 4	Min. 250		

PERCOBAAN MARSHALL - KADAR ASPAL OPTIMUM

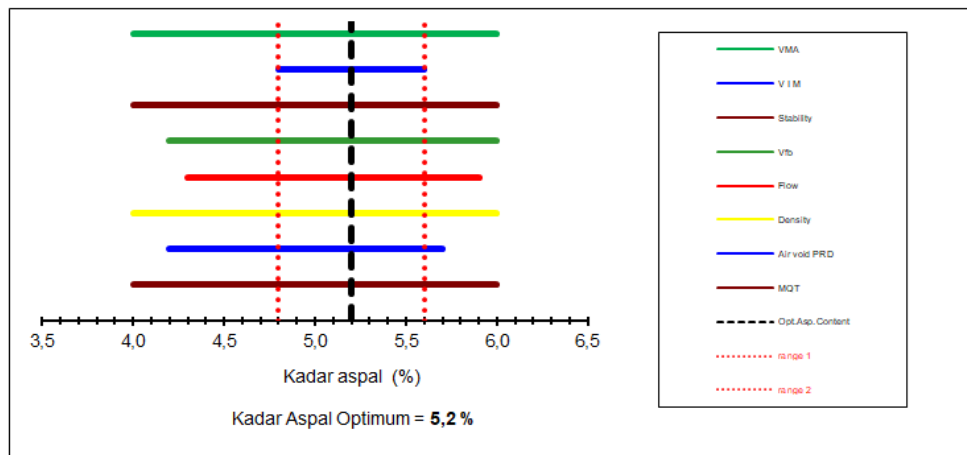
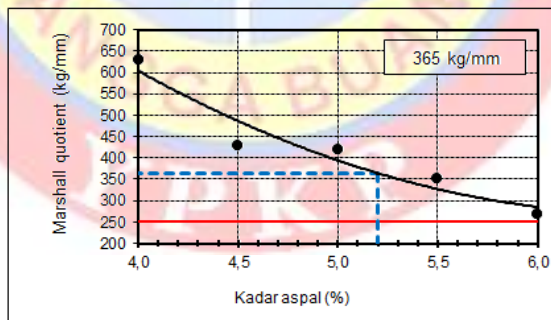
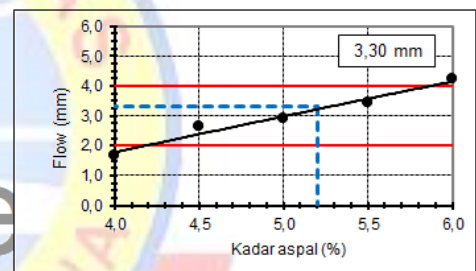
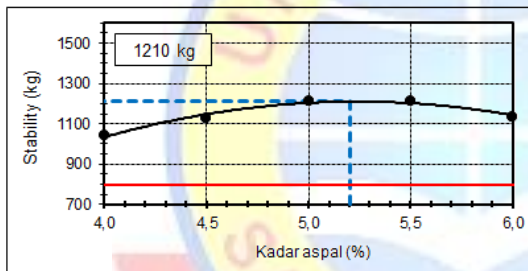
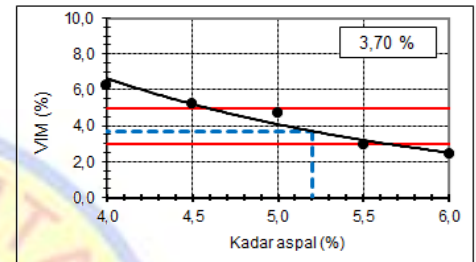
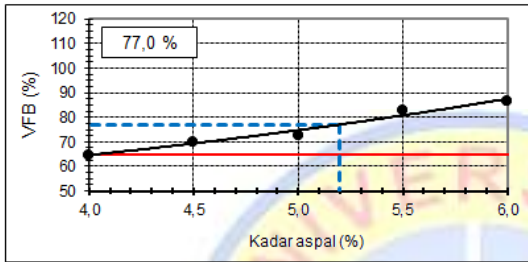
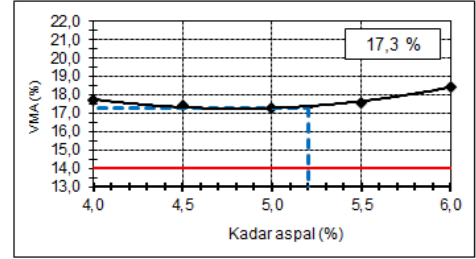
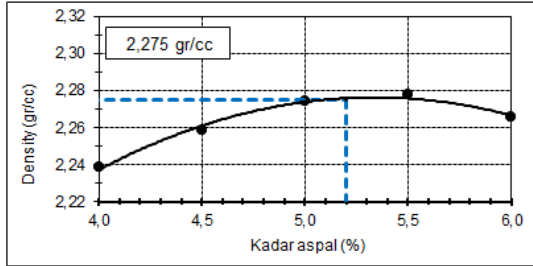
Jenis hotmix : AC - BINDER COURSE
 Jenis aspal : Pen 60/70 Ex. Pertamina
 Kal. Proving Ring 14,1523 Kg

Kadar Aspal	5,20
Gmm Theoretical	2,469
Absp aspal	0,899
Bit. Film Thickness (micron)	9,41
Bj. Eff. Agregat	2,674

Bj. Bulk Agregat	2,613
Bj. Aspal	1,030
Surface Area	4,68

No.	Aspal terhadap batuan	Kadar Aspal	Berat (gr)			Isi Benda Uji	BD Bulk Campuran	GMM Uji	Rongga diantara Agregat	Rongga Udara	Rongga Ter isi Aspal	Stabilitas (kg)			Kelelahan Plastis (mm)	Hasil Bagi Marsall	Kadar Aspal Efektiv
			Di Udara	Dalam Air	Kering Pemukaan							Di Baca	Di Sesuaikan	Di Koreksi			
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	
1	94,8	5,2	1189,6	671,1	1194,2	523,1	2,274	2,365	17,49	3,85	77,99	87,0	1231	1182	3,30	358	4,35
2	94,8	5,2	1195,2	673,9	1199,0	525,1	2,276	2,365	17,42	3,76	78,42	88,0	1245	1196	3,10	386	4,35
3	94,8	5,2	1206,4	679,0	1210,2	531,2	2,271	2,365	17,60	3,98	77,39	87,0	1231	1182	3,00	394	4,35
RATA - RATA							2,274	2,365	17,50	3,86	77,93		1187	3,13	379	4,35	
SPEKIFIKASI									Min. 14	3 - 5	Min. 65		Min. 800	2 - 4	Min. 250		

GRAFIK HASIL PERCOBAAN MARSHALL AC - BINDER COURSE



PERCOBAAN MARSHALL + CANGKANG SAWIT 2,0%

Jenis hotmix : AC - BINDER COURSE
 Jenis aspal : Pen 60/70 Ex. Pertamina
 Kal. Proving Ring 14,1523 Kg

Asphalt Content	5,2
Gmm Theoretical	2,420
Absorption aspal	0,878
Bit. Film Thickness (micron)	9,24
Bj. Eff. Agregat	2,614

Bj. Bulk Agregat	2,557
Bj. Aspal	1,030
Surface Area	4,79

No.	Kadar cangkang sawit	Kadar Aspal	Berat (gr)			Isi Benda Uji	BD Bulk Campuran	GMM Uji	Rongga diantara Agregat	Rongga Udara	Rongga Ter isi Aspal	Stabilitas (kg)			Kelelahan Plastis (mm)	Hasil Bagi Marsall	Kadar Aspal Efektiv	
			Di Udara	Dalam Air	Kering Pemukaan							Di Baca	Di Sesuaikan	Di Koreksi				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	
I.1	2,0	5,2	1189,6	680,1	1212,2	532,1	2,236	2,365	17,11	5,48	67,97	82	1160	1114	3,70	301	4,37	
I.2	2,0	5,2	1197,4	680,4	1213,6	533,2	2,246	2,365	16,74	5,05	69,83	81	1146	1100	3,50	314	4,37	
I.3	2,0	5,2	1208,4	675,8	1202,2	526,4	2,296	2,365	14,89	2,94	80,26	84	1189	1141	3,80	300	4,37	
RATA - RATA							2,259	2,365	16,25	4,49	72,69			1119	3,67	305	4,37	
SPEKIFIKASI										Min. 14	3 - 5	Min. 65			Min. 800	2 - 4	Min. 250	

PERCOBAAN MARSHALL + CANGKANG SAWIT 3,0%

Jenis hotmix : AC - BINDER COURSE
 Jenis aspal : Pen 60/70 Ex. Pertamina
 Kal. Proving Ring 14,1523 Kg

Asphalt Content	5,2
Gmm Theoretical	2,397
Absorption aspal	0,866
Bit. Film Thickness (micron)	9,27
Bj. Eff. Agregat	2,585

Bj. Bulk Agregat	2,530
Bj. Aspal	1,030
Surface Area	4,79

No.	Kadar cangkang sawit	Kadar Aspal	Berat (gr)			Isi Benda Uji	BD Bulk Campuran	GMM Uji	Rongga diantara Agregat	Rongga Udara	Rongga Ter isi Aspal	Stabilitas (kg)			Kelelahan Plastis (mm)	Hasil Bagi Marsall	Kadar Aspal Efektiv	
			Di Udara	Dalam Air	Kering Pemukaan							Di Baca	Di Sesuaikan	Di Koreksi				
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	
I.1	3,0	5,2	1199,6	675,0	1201,8	526,8	2,277	2,365	14,67	3,72	74,64	74	1047	1005	3,70	272	4,38	
I.2	3,0	5,2	1178,2	674,4	1202,6	528,2	2,231	2,365	16,42	5,69	65,35	78	1104	1060	3,90	272	4,38	
I.3	3,0	5,2	1198,8	669,5	1203,4	533,9	2,245	2,365	15,87	5,07	68,05	77	1090	1046	3,60	291	4,38	
RATA - RATA							2,251	2,365	15,65	4,83	69,35			1037	3,73	278	4,38	
SPEKIFIKASI										Min. 14	3 - 5	Min. 65			Min. 800	2 - 4	Min. 250	

PERCOBAAN MARSHALL + CANGKANG SAWIT 4,0%

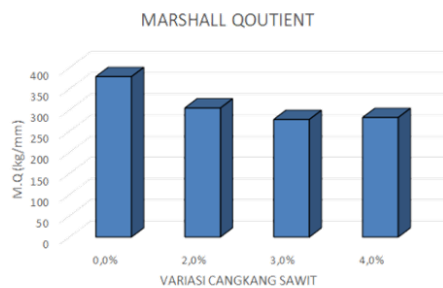
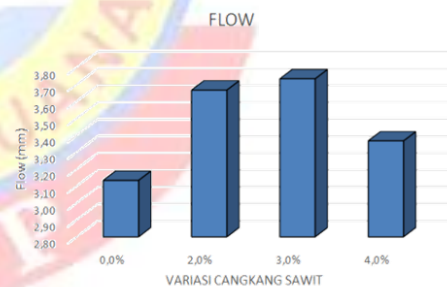
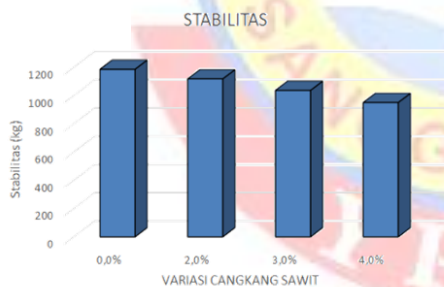
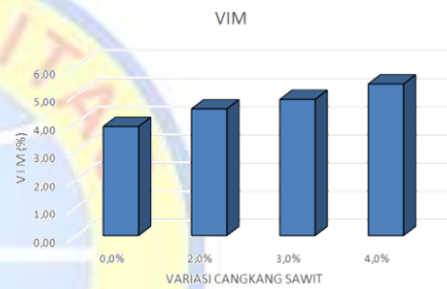
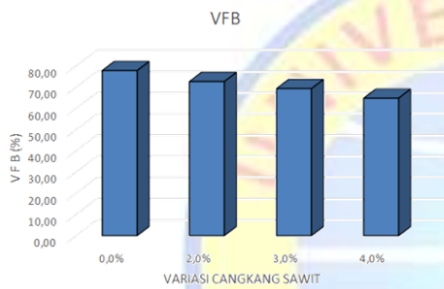
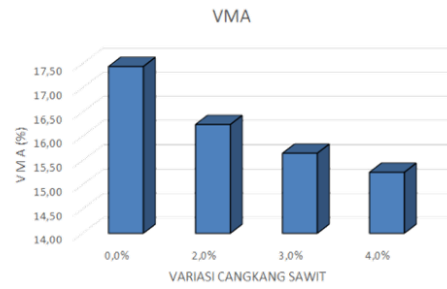
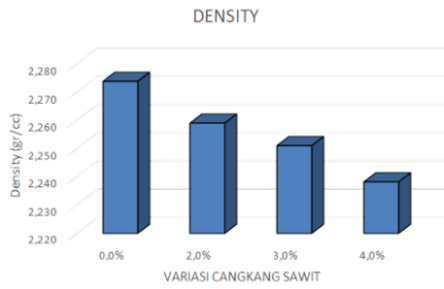
Jenis hotmix : AC - BINDER COURSE
 Jenis aspal : Pen 60/70 Ex. Pertamina
 Kal. Proving Ring 14,1523 Kg

Asphalt Content	5,2
Gmm Theoretical	2,374
Absorption aspal	0,853
Bit. Film Thickness (micron)	9,29
Bj. Eff. Agregat	2,557

Bj. Bulk Agregat	2,504
Bj. Aspal	1,030
Surface Area	4,79

No.	Kadar cangkang sawit	Kadar Aspal	Berat (gr)			Isi Benda Uji	BD Bulk Campuran	GMM Uji	Rongga diantara Agregat	Rongga Udara	Rongga Ter isi Aspal	Stabilitas (kg)			Kelelahan Plastis (mm)	Hasil Bagi Marsall	Kadar Aspal Efektiv
			Di Udara	Dalam Air	Kering Pemukaan							Di Baca	Di Sesuaikan	Di Koreksi			
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q
I.1	4,0	5,2	1193,4	668,3	1202,8	534,5	2,233	2,365	15,47	5,60	63,80	72	1019	978	3,40	288	4,39
I.2	4,0	5,2	1199,2	670,6	1204,0	533,4	2,248	2,365	14,88	4,95	66,73	68	962	924	3,20	289	4,39
I.3	4,0	5,2	1196,8	669,2	1205,0	535,8	2,234	2,365	15,43	5,56	63,97	70	991	951	3,50	272	4,39
RATA - RATA							2,238	2,365	15,26	5,37	64,83			951	3,37	283	4,39

**DIAGRAM HASIL PERCOBAAN MARSHALL
AC - BINDER COURSE
VARIASI PENAMBAHAN CANGKANG SAWIT**



**PERHITUNGAN KEBUTUHAN MATERIAL
UNTUK PEMBUATAN SAMPEL MARSHALL
AC - BINDER COURSE**

BERAT 1 BRIKET MARSHALL UKURAN CETAKAN MOLD 4" ADALAH 1200 GRAM

Perhitungan kebutuhan material untuk kadar aspal optimum (KAO) :

Berat 1 briket marshall =	1200,0 gram				
Kadar aspal =	5,2% terhadap total campuran				
Berat aspal =	5,2% x	1200,0	gr =		62,4 gr
Berat total agregat =	1200,0 gram -	62,4 gram =			1137,6 gr
- Abu Batu (0 - 5) mm	43,0% thd. Agg	x	1137,6	=	489,2 gr
- Screening (6 - 12) mm	19,0% thd. Agg	x	1137,6	=	216,1 gr
- Splite 17 mm	20,0% thd. Agg	x	1137,6	=	227,5 gr
- Splite 23 mm	18,0% thd. Agg	x	1137,6	=	204,8 gr

TOTAL	100,0% thd. Total agg	=	1137,6 gr
--------------	------------------------------	----------	------------------

Persentase material terhadap total campuran :

- Abu Batu (0 - 5) mm	(	489,2	/	1200,0	) x 100 =	40,8 %
- Screening (6 - 12) mm	(	216,1	/	1200,0	) x 100 =	18,0 %
- Splite 17 mm	(	227,5	/	1200,0	) x 100 =	19,0 %
- Splite 23 mm	(	204,8	/	1200,0	) x 100 =	17,1 %
- Aspal pen 60/70	(	62,4	/	1200,0	) x 100 =	5,2 %

TOTAL CAMPURAN HOTMIX = 100,0 %

Page 1

Perhitungan kebutuhan material untuk variasi-1 penambahan cangkang sawit 2,0% : Serabut Kayu 2,0%

Berat 1 briket marshall =	1200,0 gram					
Kadar aspal =	5,2% terhadap total campuran					
Kadar cangkang sawit =	2,0% terhadap total agregat					
Berat aspal =	5,2% x	1200,0	gr =		62,4 gr	
Berat total agregat =	1200,0 gram -	62,4	gram =		1137,6 gr	
- Cangkang sawit	2,0% thd. Total agg		x	1137,6	=	22,8 gr
- Abu Batu (0 - 5) mm	43,0% thd. Agg	x (	1137,6	-	22,8)	= 479,4 gr
- Screening (6 - 12) mm	19,0% thd. Agg	x (	1137,6	-	22,8)	= 211,8 gr
- Splite 17 mm	20,0% thd. Agg	x (	1137,6	-	22,8)	= 223,0 gr
- Splite 23 mm	18,0% thd. Agg	x (	1137,6	-	22,8)	= 200,7 gr

Jumlah kebutuhan agregat =				1137,6 gr
-----------------------------------	--	--	--	------------------

Persentase material terhadap total agregat :

- Cangkang sawit	(	22,8	/	1137,6	) x 100 =	2,0 %
- Abu Batu (0 - 5) mm	(	479,4	/	1137,6	) x 100 =	42,1 %
- Screening (6 - 12) mm	(	211,8	/	1137,6	) x 100 =	18,6 %
- Splite 17 mm	(	223,0	/	1137,6	) x 100 =	19,6 %
- Splite 23 mm	(	200,7	/	1137,6	) x 100 =	17,6 %

Total campuran agregat = 100,0 %

Persentase material terhadap total campuran hotmix :

- Cangkang sawit	(	22,8	/	1200,0	) x 100 =	1,9 %
- Abu Batu (0 - 5) mm	(	479,4	/	1200,0	) x 100 =	39,9 %
- Screening (6 - 12) mm	(	211,8	/	1200,0	) x 100 =	17,7 %
- Splite 17 mm	(	223,0	/	1200,0	) x 100 =	18,6 %
- Splite 23 mm	(	200,7	/	1200,0	) x 100 =	16,7 %
- Aspal pen 60/70	(	62,4	/	1200,0	) x 100 =	5,2 %

TOTAL CAMPURAN HOTMIX = 100,0 %

MARSHALL PROPERTIES

URAIAN	UNIT	HASIL TES					SPEK-SNI 2018 REV-II
		Grafik KAO	KAO	Penambahan Serabut Kayu			
			0,0%	2,0%	3,0%	4,0%	
- Kadar Aspal Optimum	%		5,2				-
- Density	gr/cc	2,275	2,274	2,259	2,251	2,238	-
- VMA	%	17,30	17,44	16,25	15,65	15,26	Min. 14
- VFB	%	77,00	77,85	72,69	69,35	64,83	Min. 65
- VIM	%	3,70	3,86	4,49	4,83	5,37	3.0 - 5.0
- Stability	kg	1210	1187	1119	1037	951	Min .800
- Flow	mm	3,30	3,13	3,67	3,73	3,37	2.0 - 4.0
- Marshall Quotient	kg/mm	365	379	305	278	283	Min. 250