

TUGAS AKHIR
ANALISA PEMANFAATAN LIMBAH ARANG KAYU
SEBAGAI BAHAN TAMBAH *FILLER*
PADA PERKERASAN ASPAL (AC-WC)



Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Program Studi S-1
Program Studi Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Batanghari

Disusun Oleh

M. ALHADI

1800822201059

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI

2025

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR
ANALISA PEMANFAAT LIMBAH ARANG KAYU SEBAGAI BAHAN
TAMBAH *FILLER* PADA PERKERASAN ASPAL (AC-WC)



Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari menyatakan Proposal Tugas Akhir dengan judul dan penyusunan sebagaimana diatas telah disetujui, dan dapat diajukan dalam ujian komprehensif Tugas Akhir Program Strata Satu (S-1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Jambi,

2025

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. H. Fakhrul Rozi Yamali, ME

Ari Setiawan, ST, MT

HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

ANALISA PEMANFAAT LIMBAH ARANG KAYU SEBAGAI BAHAN TAMBAH *FILLER* PADA PERKERASAN ASPAL (AC-WC)

Tugas Akhir ini telah dipertahankan di hadapan panitia penguji Ujian Tugas Akhir dan Komprehensif dan diterima sebagai persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Nama : M. Alhadi
NPM : 1800822201059
Hari/Tanggal Ujian : Jumat / 14 Februari 2025
Jam : 10:00 WIB s/d Selesai
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik



Jabatan	Nama
1. Ketua	Ir. Elvira Handayani, S.T., M.T.
2. Sekertaris	: Ari Setiawan, S.T., M.T.
3. Penguji I	: Dr. Ir. H. Amsori M. Das, M.Eng.
4. Penguji II	: Ria Zulfiati, S.T., M.T..
5. Penguji III	: Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, M.E.

Tanda Tangan

1.....
2.....
3.....
4.....
5.....

Disahkan Oleh

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, M.E.

Ir. Elvira Handayani, S.T., M.T.

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:



Nama : M Alhadi

NPM : 1800822201071

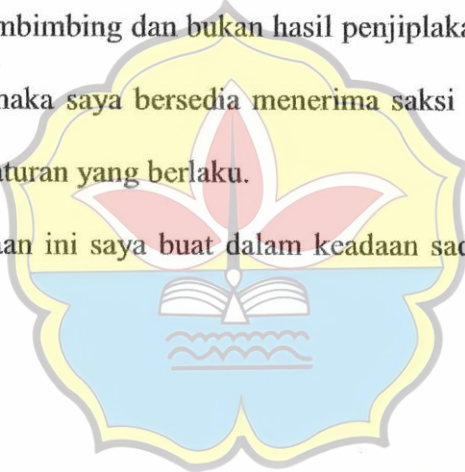
Judul : Analisa Pemanfaatan Limbah

Arang Kayu Sebagai Bahan Tambah Filler Pada

Perkerasan Aspal (AC –WC)

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan / *plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima saksi akademik dari Universitas Batanghari sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa ada paksaan dari siapapun.



Jambi, 2025



M ALHADI

ABSTRAK

ANALISA PEMANFAAT LIMBAH ARANG KAYU SEBAGAI BAHAN TAMBAH *FILLER* PADA PERKERASAN ASPAL (AC-WC)

M. Alhadi; Dibimbing Oleh Pembimbing I Dr. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME.
dan Pembimbing II Ari Setiawan, S.T, M.T.
xiii + 85 halaman, 21 tabel, 18 gambar, 21 lampiran

ABSTRAK

Tugas akhir ini menganalisis pemanfaatan limbah arang kayu sebagai bahan pengisi pada lapisan aspal beton (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) dan pengaruh persentase bahan pengisi arang kayu yang bervariasi (0%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5%) terhadap karakteristik Marshall campuran aspal. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan untuk meningkatkan kinerja perkerasan aspal yang sering mengalami degradasi akibat beban lalu lintas dan faktor lingkungan. Metodologi yang digunakan meliputi uji laboratorium untuk mengevaluasi sifat fisik agregat, aspal, dan campuran yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan arang kayu sebagai bahan pengisi dapat meningkatkan stabilitas dan keawetan campuran aspal, dengan kinerja optimal diamati pada kadar arang 1,5%. Penelitian ini berkontribusi pada praktik berkelanjutan dalam teknik sipil dengan mempromosikan penggunaan bahan limbah dalam konstruksi jalan, sehingga mengurangi dampak lingkungan dan mendukung ekonomi sirkular.

MOTTO

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan”.

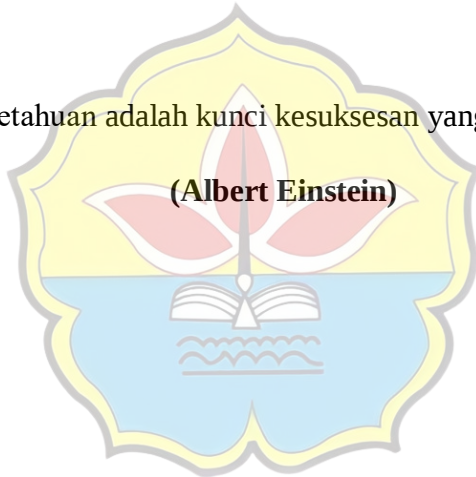
(QS. Al Insyirah: 5-6).

“Kalau ingin melakukan perubahan jangan tunduk terhadap kenyataan, asalkan kau yakin di jalan yang benar maka lanjutkan”

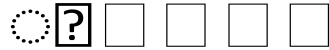
(Gus Dur)

“Pengetahuan adalah kunci kesuksesan yang tak ternilai”

(Albert Einstein)



KATA PENGANTAR



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga Tugas Akhir dengan judul **“Analisa Pemanfaat Limbah Arang Kayu Sebagai Bahan Tambah *Filler* Pada Perkerasan Aspal (Ac-Wc)”** dapat penulis selesaikan. Karena penulis percaya, jika suatu pekerjaan terselesaikan dengan baik tidak terlepas dari karunia Allah SWT dan juga interaksi antara doa dan ikhtiar dengan ketekunan yang tinggi akan membuahkan hasil yang memuaskan, apapun pekerjaan yang dilakukan.

Tugas Akhir ini merupakan persyaratan akademis yang harus diselesaikan mahasiswa guna memenuhi persyaratan kurikulum pada program sarjana (S1) Program Studi Teknik Sipil Universitas Batanghari.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, berbagai bentuk bantuan dan dukungan telah penulis terima, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

Kepada Ayah dan Ibu, terima kasih telah membuat saya berhasil bangkit dan semangat dari kata menyerah. Alhamdulillah kini penulis bisa berada ditahap ini. Terima kasih atas dedikasi support, motivasi, doa serta semangat yang tidak hentinya diberikan kepada saya selaku anaknya dalam penulisan Tugas Akhir ini.

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhurl Rozi Yamali, M.E. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi dan Selaku Dosen Pembimbing I.

2. Ibu Elvira Handayani, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Batanghari.
3. Bapak Ari Setiawan, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing II.
4. Bapak Suhendra S.T., M.T. selaku kepala labor, bang Errick Edison Sitepu, S.T. dan Tim Laboratorium Teknik Universitas Batanghari yang telah membimbing dan mensupport saya hingga saya menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Seluruh teman-teman sealmameter dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan tidak dapat saya sebut satu-persatu.
6. Seluruh Staf pengajar yang telah memberikan ilmu sejak awal perkuliahan hingga penulis menyelesaikan Strata-1 di jurusan Teknik Sipil Universitas Batanghari.

Demikian Tugas Akhir ini disusun agar dapat menambah ilmu dan pengetahuan bagi para pembaca walaupun penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun penulis harapkan agar dapat membantu memperbaiki kekurangan pada tugas akhir ini sehingga menjadi lebih baik lagi.

Jambi, 2025

M. ALHADI

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	
LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
MOTTO	iii
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perkerasan Jalan.....	5
2.1.1 Lapisan Perkerasan.....	5
2.1.2 Lapisan Beraspal	7
2.1.3 Jenis Beton Aspal.....	8
2.2 Bahan Penyusun Perkerasan Jalan	13
2.2.1 Aspal.....	13
2.2.2 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan.....	14

2.2.2 Agregat	15
2.2.5 Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal Yang Telah Dipadatkan.	20
2.2.5 Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat (Gmb).....	20
2.2.6 Berat Jenis Maksimum Beton Aspal Yang Belum Dipadatkan (Gmm)..	21
2.2.7 Volume Pori Dalam Agregat Campuran (VMA).....	21
2.3 Pengujian Benda Uji	26
2.3 Arang Kayu.....	30
2.4 Penelitian Terdahulu	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1 Umum.....	35
3.2 Metodologi Pengumpulan Data	36
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	38
3.4 Metode Design.....	38
3.5 Proses Penelitian.....	39
3.5.1 Tahap Studi Pendahuluan	39
3.5.2 Persiapan bahan.....	39
3.6 Pengujian Sifat Bahan.....	39
3.7 Pemeriksaan Agregrat Kasar	39
3.7.1 Pemeriksaan Analisa Saringan.....	40
3.7.2 Pemeriksaan Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat.....	40
3.7.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air.....	40
3.7.4 Pemeriksaan Jumlah Agregat Yang Lolos Saringan No.200.....	41
3.7.5 Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles.....	41
3.8 Pemeriksaan Agregrat Halus	42

3.8.1 Pemeriksaan Analisa Saringan.....	42
3.8.2 Pemeriksaan Berat Isi Agregat	43
3.8.4 Pemeriksaan Agregat Halus Atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastis dengan Cara Setara Pasir	44
3.9 Pengujian Aspal.....	45
3.9.1 Pengujian Penetrasi Aspal	45
3.9.2 Pengujian Berat Jenis Aspal.....	46
3.10 Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall.....	48
3.10.1 Pembuatan Benda Uji	48
3.10.2 Pengujian Mix Design Beton Aspal	49
3.10.3 Pengujian Marshall	49
3.10.4 Kadar Aspal Optimum	50
3.10.5 Penambahan Bahan Arang Kayu Pada Campuran Aspal AC-WC... 2.5%, dan terhadap berat aspal.....	51
3.11 Persiapan Alat dan Bahan	51
3.12 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	53
3.12.1 Persiapan	53
3.12.2 Pemeriksaan Aspal.....	53
3.12.3 Pemeriksaan Agregat	54
3.13 Pemeriksaan Material Arang	56
3.14 Kadar Aspal Perkiraan	58
3.14.1 Metode Pembuatan Benda Uji.....	58
3.15 Pembahasan dan Analisis Hasil	60
3.16 Garis Besar Program Kerja (Flow Chart).....	61

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	62
4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat	62
4.1.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Kasar	62
4.1.2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Halus	63
4.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal.....	67
4.3 Gradasi Agregat Gabungan.....	68
4.4 Pengujian Marshall Standart Tahap I.....	68
4.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum	78
4.6 Komposisi Campuran Laston Dengan Bahan Tambah Arang Kayu	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	87
5.1 Kesimpulan.....	87
5.2 Saran	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketentuan Sifat Aspal Beton (AC Modifikasi)	8
Tabel 2.2 Spesifikasi Lapisan Aspal Beton.....	11
Tabel 2.3 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston.....	12
Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar.....	16
Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus.....	17
Tabel 2.6 Ukuran Bukaan Saringan	18
Tabel 2.7 Kandungan Yang Terdapat Dalam Arang.....	30
Tabel 2.8 Daftar Penelitian Terdahulu	31
Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji Kadar Aspal	48
Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji Untuk Penambahan Bahan Aditif	51
Tabel 3.3 Standar Pengujian Aspal.....	54
Tabel 3.4 Standar Pengujian Agregat Kasar.....	54
Tabel 3.5 Standar Pengujian Agregat Halus.....	55
Tabel 3.6 Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	55
Tabel 4.1 Pengujian Agregat Kasar (Batu 1-2)	62
Tabel 4.2 Pengujian Agregat Kasar (Batu 0.5).....	63
Tabel 4.3 Pengujian Agregat Halus (Pasir).....	64
Tabel 4.4 Pengujian Agregat Halus (Abu Batu).....	67
Tabel 4.5 Pengujian Aspal Penetrasi 60/70.....	68
Tabel 4.6 Pengujian Marshall Standar	68
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Marshall Standart Dan Sisa (Dengan Bahan Tambah Arang Kayu , Rendaman Dalam Air 6.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian Lapisan Konstruksi Perkerasan Jalan.....	7
Gambar 2.2 Satu Set Saringan	18
Gambar 2.3 Jenis Gradasi Agregat	19
Gambar 3.1 Pengambilan Bahan Uji.....	39
Gambar 3.2 Alat Marshall	50
Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian (Flow Chart)	61
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan	68
Gambar 4.2 Hubungan Kadar Aspal Dengan VMA	69
Gambar 4.3 Hubungan Kadar Aspal Dengan VIM.....	70
Gambar 4. 4 Hubungan Kadar Aspal Dengan VFA	71
Gambar 4. 5 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas	72
Gambar 4.6 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Flow	77
Gambar 4.7 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum	78
Gambar 4. 8 Hubungan Arang Kayu dalam Aspal dengan Nilai VMA	88
Gambar 4.9 Hubungan Arang Kayu dalam Aspal dengan Nilai VIM.....	88
Gambar 4.10 Hubungan Arang Kayu dalam Aspal dengan Nilai VFA.....	89
Gambar 4.11 Hubungan Arang Kayu dalam Aspal dengan Nilai Stabilitas	90
Gambar 4.12 Hubungan Arang Kayu dalam Aspal dengan Nilai FLOW.....	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meskipun jalan memiliki peran strategis dalam sosial, ekonomi, budaya, dan pertahanan keamanan, kinerja perkerasan mengalami penurunan karena beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Sangat sulit untuk mencapai kinerja perkerasan yang layak dan sesuai dengan tuntutan pengguna jalan. Kualitas tanah dasar (*subgrade*), pelaksanaan pekerjaan di lapangan, dan kualitas material ialah beberapa penyebab umum kerusakan jalan.

Selain itu, masalah lapisan perkerasan biasanya dikaitkan dengan seberapa lama konstruksi dapat berfungsi tanpa mengalami kerusakan yang fatal. Biasanya, penurunan tingkat keawetan disebabkan oleh volume lalu lintas dan air, masalah yang berkaitan dengan keawetan campuran aspal.

Meskipun jumlah aspal yang diperlukan hanya sekitar 4–10 persen dari agregat lainnya, aspal tetap merupakan salah satu material yang sangat penting untuk struktur perkerasan jalan. Aspal tahan terhadap beban kendaraan dan elastis. Selain itu, sebagai penutup perkerasan untuk mempercepat transportasi, harus membuat pengguna jalan merasa nyaman dan aman. Aspal pen (60/70) digunakan dalam penelitian ini karena sesuai dengan iklim Indonesia dan sering digunakan untuk perkerasan jalan. Lapisan aspal beton, juga disebut laston, ialah lapisan di atas permukaan struktur jalan raya. Laston ialah campuran aspal keras, agregat yang bergradasi menerus, dan filler yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dengan panas.

Abu arang dianggap memiliki sifat-sifat yang baik sebagai filler pemadat karena sifat sementasi dan ukuran butiran yang dapat dihaluskan. Selain itu, ketika digunakan sebagai filler dalam konstruksi lapis perkerasan jalan, kinerja abu arang dalam campuran aspal panas HRS-WC cukup baik, karena nilai-nilai parameter kinerjanya memenuhi persyaratan Bina Marga.

Seperti aspal, arang mengandung senyawa karbon nonpolar, Arang ialah bahan lokal yang mudah ditemukan dan harganya lebih rendah daripada semen, jadi sangat hemat jika digunakan sebagai pengisi di dalam campuran aspal, untuk meningkatkan kinerja campuran aspal (AC) dalam hal stabilitas, nilai kelelehan plastis, dan daya tahan, diharapkan bahwa bahan tambahan arang ditambahkan ke *filler* campuran aspal. Oleh karena itu, penelitian harus dilakukan tentang penggunaan limbah arang kayu sebagai bahan tambahan.

Jenis bahan yang biasa digunakan sebagai pengisi maupun *filler* ialah abu batu, kapur, sement portland, maupun bahan non-plastik lainnya. Semen digunakan sebagai *filler* dan mahal, tetapi sekarang banyak digunakan sebagai *filler*. Aspal lataston dan laston dipilih sebagai pelapis karena memiliki fungsi yang sama, yaitu membuat lapisan yang kedap terhadap air dan melindungi lapisan di bawahnya. Mereka juga membuatnya nyaman bagi pengendara.

1.2 Rumusan Masalah

Karena itu, masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini ialah:

1. Bagaimana menentukan kadar aspal optimum (KAO) terhadap kinerja campuran aspal ?
2. Bagaimana pengaruh kekuatan terhadap karakteristik *marshall* pada arang

sebagai bahan tambah pada *filler* dengan variasi kadar 0%, 1%, 1,5% 2% dan 2,5%?

3. Bagaimana keefektifan aspal dengan penambah arang sebagai bahan tambah pada *filler* di lapisan aspal (AC-WC)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan ini diuraikan di bawah ini untuk menyederhanakan masalah dan mencapai hasil yang optimal:

1. Spesifikasi Umum Campuran Beraspal Panas sebagai standar pengujian karakteristik material agregat dan aspal yang digunakan (Kementerian PekerjaanUmum Tahun 2018), Standar Nasional Indonesia (SNI).
2. Jenis campuran beraspal yang digunakan ialah campuran beton beraspal lapis antara (AC-WC).
3. Bahan tambah pada *filler* yang digunakan dalam penelitian ini ialah arang limbah kayu.
4. Spesifikasi arang yang dipakai yaitu limbah kayu.
5. Membuat campuran aspal panas dengan metode Marshall dan Pendekatan Kepadatan Mutlak untuk mencapai Kadar Aspal Ideal (KAO) dari *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).
6. Campuran aspal yang digunakan yaitu campuran aspal panas *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). yang mengacu pada Spesifikasi Umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga Kementrian Pekerjaan Umum Tahun 2018.
7. Pengujian yang dikerjakan ialah *Marshall* Test terhadap variasi kadar arang

0%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5%.

8. Aspal penetrasi 60/70 digunakan.

9. Penelitian ini dilakukan dengan tidak membedakan kelas jalan.

10. Penelitian dan tes dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Batanghari

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan, yaitu:

1. Menganalisa hasil kadar optimum aspal (KAO) terhadap kinerja aspal ?
2. Untuk menganalisa faktor pengaruh arang sebagai bahan tambah *filler* terhadap beton beraspal lapis antara (AC- WC).
3. Untuk menganalisa komposisi ideal arang sebagai bahan tambah pada *filler*.

1.5 Manfaat Penelitian

Sementara manfaat yang diharapkan dari penelitian ini ialah :

1. Mengetahui pengaruh arang menjadi bahan tambah pada *filler* pada perkerasan jalan.
2. Arang mampu menjadi bahan tambah alternatif baru di lapisan (AC-WC) sehingga dapat mengurangi limbah kayu sebagai bahan tambah alami dan juga meminimalisasi penumpukan limbah kayu yang nantinya mendukung pembangunan pada perkerasan jalan lentur.
3. Diharapkam penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah, yaitu mengetahui kinerja campuran beraspal lapis antara (AC-WC) terhadap bahan tambah menggunakan arang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan ialah prosedur yang digunakan untuk melapisi jalan dengan berbagai bahan yang dikombinasikan sehingga dapat menahan beban yang berlalu di atasnya. Menurut (Tenrianjeng, 2012) perkerasan jalan ialah campuran agregat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang digunakan termasuk batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil peleburan baja. Bahan pengikat yang digunakan ialah aspal, semen, dan tanah liat. Dan Menurut (Sukirman, 2003) lapisan perkerasan yang terletak di antara roda kendaraan dan lapisan tanah dasar dikenal sebagai perkerasan jalan. Perkerasan jalan berfungsi untuk memudahkan transportasi dan diharapkan tidak mengalami kerusakan yang signifikan selama masa pakainya. Sedangkan menurut (Saodang, 2005), untuk memenuhi beban lalu lintas, perkerasan jalan ialah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang terdiri dari campuran agregat dengan berbagai elastisitas. Struktur perkerasan dapat didefinisikan dengan menggunakan ketiga definisi tersebut.

2.1.1 Lapisan Perkerasan

Lapisan perkerasan ialah lapisan jalan yang biasanya digunakan di Indonesia untuk menyalurkan beban maupun melayani beban lalu lintas ke tanah dasar. Menurut (Sukirman, 2010) terdiri dari :

1. Lapisan permukaan (*surface course*).

Lapisan permukaan ialah lapisan paling atas yang berfungsi sebagai perkerasan

untuk menahan beban roda, kedap air, aus, dan menyebarkan beban di lapisan bawah. Lapisan bersifat struktural dan tidak struktural ialah dua jenis lapisan yang paling umum digunakan di Indonesia.

2. Lapisan pondasi atas (*base course*).

Lapisan pondasi atas ialah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan pondasi bawah serta lapisan permukaan dan berfungsi menjadi penahangaya lintang beban roda, lapisan peresapan, serta bantalan terhadap lapisan permukaan.

3. Lapisan pondasi bawah (*sub-base course*).

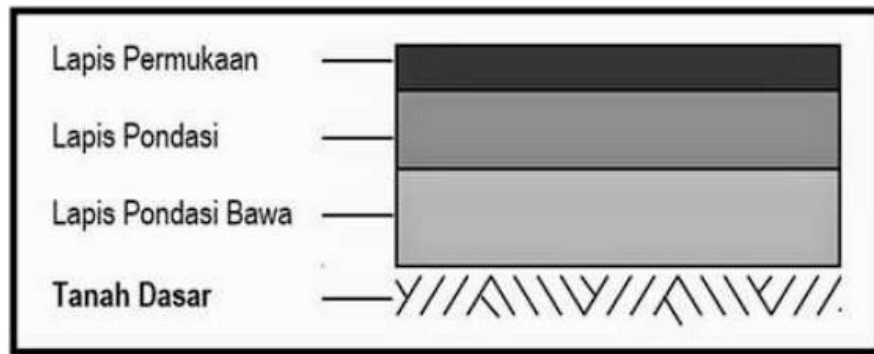
Lapisan pondasi bawah ialah lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan pondasi bawah dan tanah dasar. Fungsi lapisan pondasi bawah ialah:

- 1) Bagian konstruksi perkerasan yang digunakan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- 2) Keefektifan penggunaan material.
- 3) Mengurangi ketebalan lapisan yang lebih mahal di atasnya.
- 4) Lapis perkerasan.
- 5) Lapisan pertama untuk memungkinkan pekerjaan berjalan dengan lancar.
- 6) Lapisan partikel halus naik ke lapisan atas pondasi dari tanah dasar.

4. Lapisan tanah bawah (*sub-grade*).

Lapisan tanah dasar ialah tanah permukaan semula, permukaan tanah galian maupun timbunan yang dipadatkan yang berfungsi sebagai permukaan dasar untuk meletakkan bagian perkerasan lainnya. Jika dilihat dari permukaan tanah asli, tanah dasar dibedakan atas :

- 1) Lapisan tanah dasar terdiri dari tanah galian.
- 2) Lapisan tanah dasar terdiri dari tanah timbunan.
- 3) Lapisan tanah dasar terdiri dari tanah asli.



Gambar 2.1 Bagian Lapisan Konstruksi Perkerasan Jalan

Sumber: Bina Marga No.03/MN/B

2.1.2 Lapisan Beraspal

Spesifikasi Divisi 6 Revisi 3 dari Departemen Pekerjaan Umum tahun 2010 menyatakan bahwa jenis campuran beraspal terdiri dari :

1. Lapis Tipis Aspal Pasir Sand Sheet See Kelas A dan B

Lapis tipis aspal (latasir) SS terdiri dari dua jenis campuran: SS-A dan SS-B. SS-A dan SS-B dipilih berdasarkan tebal nominal minimum. Agar latasir memenuhi sifat-sifatnya, biasanya diperlukan penambahan *filler*.

2. Lapisan Tipis Aspal Beton Hor Rolled Sheed, HRS

Lapisan Tipis Aspal Beton (Lataston maupun HRS), Lapisan Aus (HRS Wearing Crouse, maupun HRS-WC) terdiri dari dua jenis campuran: HRS Pondasi (HRS-Base) dan HRS Wearing Crouse (HRS-WC). HRS-Base memiliki proporsi fraksi agregat kasar lebih besar daripada HRS-WC.

3. Lapisan Aspal Beton *Asphalt Concrete* (AC)

Lapisan aspal beton (Laston) AC terdiri dari tiga jenis campuran: Aus AC

Lapisan (AC-WC), AC Lapisan Antara (AC-Binder Crouse, AC-BC), dan AC Lapisan Pondasi (AC-Base). Ukuran agregat maksimum dari masing-masing campuran ini ialah 19 milimeter, 25,4 milimeter, dan 37.5 milimeter. Setiap jenis campuran AC yang mengandung bahan aspal polymer maupun aspal yang dimodifikasi dengan aspal alam disebut sebagai AC-WC Modified, AC-BC Modified, dan AC.

Tebal nominal minimal dan simbol untuk setiap lapisan aspal telah ditetapkan dan tercantum dalam tabel :

Tabel 2.1 Ketentuan Sifat Aspal Beton (AC Modifikasi)

Sifat Campuran		Nilai
Jumlah Tumbukan		75 kali
Stabilitas	Min	2500 Kg
Kelelehan	Min	2 mm
	Max	4 mm

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2)

2.1.3 Jenis Aspal

Jenis aspal didasarkan pada suhu yang digunakan untuk mencampur material yang digunakan untuk membentuknya dan fungsi yang digunakan untuk membentuknya. Suhu yang digunakan untuk mencampur dan memadatkan campuran dapat dibagi menjadi :

1. aspal campuran panas (*hotmix*), ialah beton aspal yang komponen pembuatan dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.

2. aspal campuran sedang (*warm mix*), ialah beton aspal yang komponen pembuatan dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.
3. aspal campuran dingin (*cold mix*), ialah beton aspal yang komponennya dicampur pada suhu ruang sekitar 25°C.

Menurut kegunaannya, beton aspal dapat dibedakan menjadi:

1. aspal untuk lapisan aus (*wearing course*), ialah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan kedap air dan tahan cuaca.
2. aspal untuk lapisan pondasi (*binder course*), ialah lapisan perkerasan yang berada di bawah lapisan aus. Ini tidak terpengaruh langsung oleh cuaca, tetapi harus kuat untuk menahan beban lalu lintas yang mengalir melalui roda kendaraan.
3. aspal untuk membentuk dan perata lapisan aspal yang sudah aus dan biasanya tidak berbentuk *crown*.

Di Indonesia, ada banyak jenis beton aspal campuran panas yang digunakan untuk perkerasan jalan. Jenis agregat yang digunakan untuk gradasi dan kadar aspal yang digunakan membedakan mereka satu sama lain. Pilihan jenis beton aspal yang akan digunakan di lokasi sangat bergantung pada jenis beton aspal yang paling penting. Sebagai contoh, sifat stabilitas lebih diutamakan dalam situasi di mana perkerasan jalan dimaksudkan untuk melayani lalu lintas kendaraan berat. Ini berarti bahwa beton aspal dengan agregat campuran bergradasi baik ialah yang terbaik. Jika Anda memilih jenis beton aspal tertentu, pori dalam campuran akan berkurang dan kadar aspal yang dapat dicampurkan akan berkurang, sehingga selimut aspal akan lebih tipis.

Saat ini, jenis beton aspal campuran panas yang tersedia di Indonesia ialah:

1. Laston (Lapisan Aspal Beton), ialah beton aspal bergradasi menerus yang biasanya digunakan di jalan-jalan dengan banyak kendaraan. Karakteristik beton aspal campuran Laston (juga disebut AC) ialah stabilitas. Laston tebal minimal 4 hingga 7,5 cm.
2. Laston sebagai lapisan aus, *Asphalt Concrete – Wearing Course*, maupun AC-WC, ialah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan kedap air dan memenuhi standar kekesatan. Lapisan ini memiliki ketebalan minimal 4 cm secara nominal.
3. Laston sebagai lapisan pengikat, *Asphalt Concrete – Binder Course*, maupun AC-BC, ialah lapisan perkerasan di bawah lapisan aus. Tidak terpengaruh langsung oleh cuaca, tetapi harus memiliki ketebalan dan kekuatan yang cukup untuk mengurangi tegangan dan regangan yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang akan mencapai lapisan bawahnya, yaitu base. Lapisan ini memiliki ketebalan minimal 6 cm secara nominal.
4. Laston sebagai lapisan pondasi, *Asphalt Concrete—Base*, maupun AC-BASE, ialah lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan AC-BC. Tidak terpengaruh langsung oleh cuaca, tetapi harus stabil untuk menahan beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan. Lapisan ini memiliki ketebalan minimal 7,5 cm secara nominal.

Laston ialah lapisan permukaan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi yang diterus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dengan panas pada suhu tertentu (Sukirman 1999). *Asphalt Concrete – Wearing Course*,

maupun Laston sebagai lapisan aus Lapisan laston berhubungan langsung dengan roda kendaraan dan dibuat untuk tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda kendaraan. Lapisan di bawahnya harus kedap air dan memiliki tebal minimal 4 cm.

Tabel 2.2 Spesifikasi Lapisan Aspal Beton

Jenis Campuran		Simbol	Tebal Minimum
Latastir Kelas A		SS-A	1,5
Latastir Kelas B		SS-A	2,0
Lataston	Lapis Aus	HRS-WC	3,0
	Lapis Pondasi	HRS-Base	3,5
Laston	Lapis Aus	AC-WC	4,0
	Lapis Antara	AC-BC	6,0
	Lapis Pondasi	AC-Base	7,5

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2)

Lapisan aspal beton, juga dikenal sebagai laston, digunakan secara luas di berbagai negara untuk mencapai kepadatan yang tinggi, nilai struktural yang tinggi, dan kadar aspal yang rendah (Suhardi dkk. 2016).

Laston memiliki tiga jenis campuran berdasarkan fungsinya, yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dengan tebal minimal 4 cm, disebut AC-WC (*Asphalt Concrete- Wearing Course*).
2. Laston sebagai lapisan pengikat, disebut AC-BC (*Kursus Beton Asphalt-Binder*), memiliki tebal minimal 5 cm dan terletak di bawah kursus aus dan lapisan pondasi.

3. Laston sebagai lapisan pondasi, disebut AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal minimal 6 cm secara nominal.

Tabel 2.3 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran aspal

Sifat – sifat Campuran		Aspal		
		Lapis Aus	Lapisan Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan		17		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>marshall</i> (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas <i>marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam. 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2)

2.1.4 *Filler*

Dalam campuran aspal beton, bahan pengisi (*filler*) ialah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan ditambahkan secara terstruktur. Jika terlalu banyak bahan pengisi dalam campuran, aspal akan menjadi sangat kaku dan mudah retak, meskipun aspal telah ditambahkan dalam jumlah yang signifikan untuk mencapai *workability*. Sebaliknya, kekurangan bahan campuran akan menyebabkan bahan lentur, yang membuat roda kendaraan mudah rusak dan menyebabkan jalan bergelombang (Gunarto dan Candra, 2019). Dalam penelitian ini, jenis bahan pengisi yang dipilih ialah serbuk arang batok kelapa. Kadar bahan pengisi dapat berkisar antara 1% hingga 3% dari berat total campuran aspal beton. Beberapa contoh bahan pengisi yang dapat digunakan termasuk abu batu, *portland cement* (PC), abu vulkanik, abu terbang (*fly ash*), debu tanur tinggi yang digunakan untuk membuat semen, dan abu sekam padi.

2.2 Bahan Penyusun Perkerasan Jalan

2.2.1 Aspal

Aspal ialah material perekat (*cementitious*) berwarna hitam maupun coklat tua yang terdiri dari bitumen. Salah satu jenis perkerasan lentur ialah aspal, yang dibuat dengan campuran merata agregat dan aspal sebagai pengikat pada suhu tertentu.

Menurut Silvia Sukirman (2003:26) menjelaskan bahwa karena aspal bersifat termoplastis dan berbentuk padat pada temperatur ruang hingga agak padat, ketika dipanaskan hingga suhu tertentu, aspal akan mencair dan kembali membeku ketika suhu turun. Aspal dan agregat merupakan bahan yang membentuk campuran

perkerasan jalan.

2.2.2 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Menurut Silvia Sukirman (2003) Berikut ialah manfaat aspal yang digunakan untuk perkerasan jalan:

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat diantara aspal sendiri dan agregat.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga agregat dan pori-porinya sendiri.

Aspal harus memiliki tingkat kekentalan tertentu dan memiliki sifat adhesi dan kohesi yang baik agar dapat memenuhi kedua fungsinya. Aspal memiliki sifat-sifat berikut:

1. Mempunyai daya tahan, ialah kemampuan aspal untuk mempertahankan sifatnya yang asli selama perawatan jalan. Sifat ini berasal dari campuran aspal, jadi tergantung pada agregat, campuran aspal, faktor pelaksanaan, dan lainnya.
2. Kohesi dan Adhesi, kohesi ialah kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusunnya sendiri sehingga membentuk aspal dengan daktilitas tinggi, sedangkan adhesi ialah kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat dan mempertahankan agregat pada tempatnya setelah berikatan.
3. Kepekaan terhadap temperatur, ialah kepekaan aspal terhadap perubahan viskoelastisnya terhadap perubahan temperatur, yang ditunjukkan dengan indeks penetrasi aspal.
4. Kekerasan aspal, pada proses pencampuran, aspal dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga aspal panas disiram ke atas agregat yang telah

disiapkan untuk peleburan. Aspal menjadi getas (menjadi lebih viskos) karena oksidasi yang terjadi selama proses pelaksanaan.

5. Viskoelastisitas aspal, ialah suatu bahan yang sifatnya berubah tergantung pada suhu maupun waktu pembebanan. Sifat viskoelastis aspal ialah untuk menentukan suhu di mana aspal dapat dicampur dengan agregat untuk menghasilkan campuran yang homogen, di mana aspal dapat masuk ke dalam pori-pori agregat untuk membentuk ikatan kohesi yang kuat, dan kapan pemadatan dapat dimulai dan dihentikan.

2.2.2 Agregat

Agregat ialah bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran yang terdiri dari berbagai jenis butiran maupun pecahan, termasuk abu maupun debu agregat. Dalam campuran perkerasan, agregat biasanya merupakan komponen utama, dengan persentase berat 90 hingga 95 persen dan persentase volume 75 hingga 85 persen. Oleh karena itu, agregat berfungsi sebagai bahan utama yang membantu bagian perkerasan yang diguncang menahan beban:

1. Agregat Kasar

- 1.) Untuk rancangan campuran, fraksi agregat kasar yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah harus bersih, keras, awet, bebas lempung, dan memenuhi persyaratan
- 2.) Fraksi agregat kasar harus dibuat dari batu pecah mesin dan diukur sesuai dengan jenis campuran yang dimaksud.
- 3.) Angularitas agregat kasar ialah persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu maupun lebih

berdasarkan uji menurut SNI 7619:2012; agregat kasar ini dianggap kasar.

- 4.) Fraksi agregat kasar harus disusun terpisah dan dipasok ke instalasi pencampur aspal menggunakan pemasok penampung dingin, juga dikenal sebagai pemasok bin dingin. Ini dilakukan agar gradasi gabungan agregat dapat dikontrol dengan baik.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar

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	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA		SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya			95/90
Partikel pipih dan Lonjong	SMA		ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 5%
	Lainnya			Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber : *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2)*

2. Agregat Halus

- 1) Agregat halus dari bahan apa pun harus terdiri dari pasir maupun hasil pengayakan batu pecah serta terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75 mm).
- 2) Agregat kasar harus dipisahkan dari fraksi agregat halus dan pasir.
- 3) Agregat pecah halus dan pasir harus disusun secara terpisah dan dipasok ke instalasi pencampur aspal dengan menggunakan penampung dingin yang berbeda, yang dikenal sebagai feed bin dingin. Ini dilakukan agar gradasi gabungan dan persentase pasir dalam campuran dapat dikontrol dengan baik.
- 4) Dalam campuran AC, pasir alam dapat ditambahkan hingga 15% dari berat

campuran total;

- 5) Agregat yang halus harus memenuhi persyaratan.

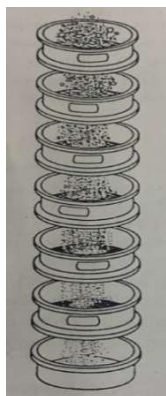
Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-68877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butiran-butiran mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat yang lolos ayakan No. 200	SNI ASTM C117;2012	Maks 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 (Revisi 2)

2.2.3 Gradasi

Distribusi maupun gradasi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat ialah faktor utama dalam mengevaluasi stabilitas perkerasan jalan. Analisis saringan dapat digunakan untuk menghitung ukuran butir total.



Gambar 2.2 Satu Set Saringan

Sumber : Silvia Sukirman, 2003

Tabel 2.6 Ukuran Bukaam Saringan

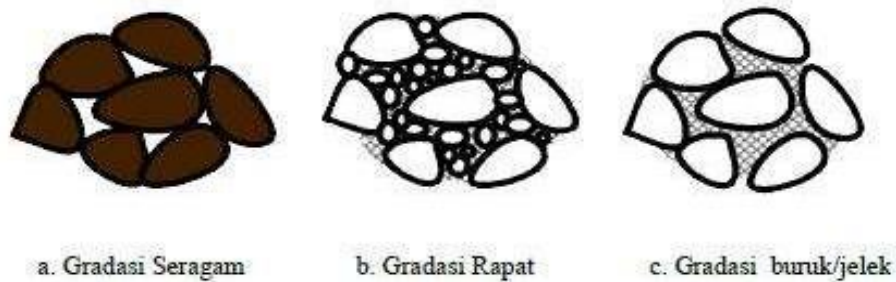
Ukuran Saringan	Bukaan (mm)	Kode Saringan	Bukaan (mm)
4 Inchi	100	3/8 Inchi	9,5
3 ½ Inchi	90	No. 4	4,75
3 Inchi	75	No. 8	2,36
2 ½ Inchi	63	No. 16	1,18
2 Inchi	50	No. 30	0,6
1 ½ Inchi	37,5	No. 50	0,3
1 Inchi	25	No. 100	0,15
¾ Inchi	19	No. 200	0,075
½ Inchi	12,5	Pan	

Sumber : Silvia Sukirman, 2003

Besar rongga antar komponen dipengaruhi oleh gradasi agregat, yang menentukan kemudahan dan stabilitas pelaksanaan. Ada beberapa jenis gradasi agregat:

1. Gradasi seragam (*uniform graded*) ialah agregat yang memiliki gradasi yang sama maupun mengandung agregat halus yang sangat sedikit sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam menghasilkan lapisan perkerasan yang memiliki permeabilitas tinggi, stabilitas yang rendah, dan berat volume yang rendah.
2. Gradasi rapat (*dense graded*) merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, oleh karena itu disebut agregat bergradasi baik.
3. Gradasi buruk/jelek (*poorly graded*) merupakan campuran yang tidak memenuhi salah satu dari dua kategori di atas. Agregat dengan gradasi senjang, yang merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang, akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di

atas. Agregat dengan gradasi celah ialah gradasi yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur.



Gambar 2.3 Jenis Gradasi Agregat

Sumber : Google, 2024

2.2.4 Bentuk dan Tekstur Agregat

Berdasarkan bentuknya, partikel agregat diklasifikasikan menjadi kubus, tak beraturan, bulat, lonjong, pipih, maupun dengan bidang pecahan.

1. Berbentuk bulat (*rounded*) dan licin, yaitu agregat yang ditemukan di sungai biasanya berbentuk bulat karena air telah mengikisnya.
2. Berbentuk lonjong (*elongated*), Jika ukuran terpanjangnya lebih besar dari 1,8 kali diameter rata-rata, disebut lonjong.
3. Berbentuk kubus (*cubical*), Ini biasanya merupakan kombinasi hasil pemecahan batu besar maupun mesin pemecah batu. Daya saling mengunci kotak agregat ini sangat baik karena bidangnya luas. Kestabilan yang diperoleh lebih kuat dan tahan terhadap kerusakan. Untuk perkerasan jalan, agregat ini ialah yang terbaik.
4. Berbentuk pipih (*flaky*), merupakan produk mesin pemecah batu, dan agregat ini biasanya berbentuk pipih saat pecah. Ketebalannya kurang dari 0,6 kali

rata-rata. Bentuk agregat yang tidak mengikuti salah satu bentuk di atas disebut bentuk tak beraturan (*irregular*).

2.2.5 Sifat Volumetrik Dari Campuran Beton Aspal Yang Telah Dipadatkan

Sifat volumetrik beton aspal padat dapat ditentukan secara analitis, baik yang dipadatkan di laboratorium maupun di lapangan. Parameter yang paling sering digunakan ialah:

Vmb = volume bulk berasal dari beton aspal padat

VMA= volume pori di antara agregat campuran di beton aspal padat, termasuk beton yang dipenuhi aspal, (*void in the mineral aggregate*)

VIM = volume pori perkerasan beton aspal padat (*void in mix*)

VFA = volume pori perkerasan beton aspal padat yang terisi olehh aspal

2.2.5 Berat Jenis Bulk Beton Aspal Padat (G_{mb})

Untuk mengetahui berat jenis bulk beton aspal padat (G_{mb}), hukum Archimedes dapat digunakan, yaitu:

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a}$$

Dengan:

G = berat jenis bulk dari beton aspal padat

Bk = berat kering beton aspal padat, gram

Bssd = berat permukaan beton aspal yang telah dipadatkan saat kering, gram

Ba = berat beton aspal yang melekat pada air, gram

Selain menghasilkan berat jenis bulk beton aspal padat, nilai absobsi air beton aspal padat ialah persennya terhadap volume:

$$\frac{B_{ssd} - B_k}{B_{ssd} - B_a} \times 100$$

2.2.6 Berat Jenis Maksimum Beton Aspal Yang Belum Dipadatkan (G_{mm})

Berat Jenis Maksimum Beton Aspal Belum Dipadatkan (G_{mm}) ialah berat jenis campuran beton aspal tanpa pori dan udara yang diukur di lab.

Jadi, G_{mm} dapat dihitung menggunakan rumus berikut::

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{p_s}{G_{se}} + \frac{p_a}{G_a}}$$

Dengan:

G_{mm} = berat beton aspal jenis tertinggi yang belum dipadatkan

P_a = kadar aspal dibandingkan dengan berat beton aspal padat, %

P_s = kadar agregat, % pada berat beton aspal padat

G_a = berat jenis aspal

G_{se} = berat jenis agregat yang efektif untuk pembuatan beton aspal padat

2.2.7 Volume Pori Dalam Agregat Campuran (VMA)

Banyaknya pori di antara butir agregat dalam beton aspal padat disebut volume pori dalam agregat campuran (VMA = voids in the mineral aggregate). Ada dua metode yang dapat digunakan untuk menghitung VMA, yaitu:

Komposisi campuran dapat dihitung sebagai persentase dari berat beton aspal padat. Jika ini dilakukan, maka:

$$VMA = \left(100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right) \% \text{ dari volume bulk.}$$

Dengan:

VMA = volume pori antara agregat di beton aspal padat, persen dari volume total beton aspal padat

Gmb = berat jenis bulk berasal dari beton aspal padat

Ps = kadar agregat, % pada berat beton aspal padat

Gsb = berat agregat jenis bulk yang digunakan untuk membuat beton aspal padat

Seandainya komposisi campuran dihitung sebagai persentase dari berat total, maka:

$$VMA = (100 - \frac{Gmb}{Gsb} \times \frac{100}{100 + Ps}) \% \text{ dari volume bulk}$$

Dengan:

VMA = volume pori antara agregat di beton aspal padat, persen dari volume total beton aspal padat

Gmb = berat jenis bulk berasal dari beton aspal padat

Pa1 = kadar aspal, % pada berat agregat

Gsb = berat agregat jenis bulk yang digunakan untuk membuat aspal padat.

2.2.8 Volume Pori Dalam Beton Aspal Padat (VIM)

Beton aspal padat (VIM) diukur dalam persentase dari volumenya dan disebabkan oleh banyaknya pori di antara agregat yang diselimuti aspal. Jadi:

$$VIM = (100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}) \% \text{ dari volume bulk}$$

Dengan:

VIM = volume pori beton aspal padat, persentase dari volume total beton aspal padat

Gmm = berat beton aspal jenis tertinggi yang belum dipadatkan

Gmb = berat jenis bulk berasal dari beton aspal padat

2.2.9 Volume Pori Antara Butir Agregat Terisi Aspal (VFA)

Dalam beton aspal padat yang terisi oleh aspal, banyak pori-pori antara butir agregat (VMA) disebut sebagai VMA. Persentase pori antara butir agregat yang

terisi aspal disebut VFA, dan VFA ialah bagian dari VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat. Jadi:

$$VFA = \frac{100 (VMA - V)}{VMA} \% \text{ dari VMA}$$

Dengan:

VFA = volume pori yang terbentuk antara butir agregat dan aspal, % dari VMA

VMA = volume pori yang terbentuk oleh agregat di beton aspal padat, % dari volume bulk beton aspal padat

VIM = volume pori beton aspal padat, lima kali lipat dari volume total aspal padat.

2.2.10 Kadar Aspal Yang Terabsorpsi Ke Dalam Pori Agregat (Pab)

Jumlah aspal yang terabsorpsi ke dalam pori agregat disebut Pab. Ini ialah persentase dari berat campuran agregat. Jadi:

$$Pab = 100 \frac{G_{se} - G}{G_{sb} \cdot G_{se}} \% \text{ dari berat agregat}$$

Dengan:

Pab = kadar aspal yang diserap ke dalam pori sebagai bagian dari berat agregat

Gsb = berat agregat jenis bulk yang digunakan untuk membuat beton aspal padat

Gse = berat jenis yang cocok untuk agregat yang digunakan untuk membentuk beton aspal padat

Ga = berat suatu jenis aspal

2.2.11 Kadar Aspal Efektif Yang Menyelimuti Agregat (Pae)

Jumlah aspal yang dimasukkan ke dalam campuran beton aspal dikurangi dari bagian yang terabsorpsi ke dalam pori setiap butiran agregat untuk membuat aspal menutupi permukaannya. Jadi:

$$P_{ae} = 100 - \frac{P_{ab}}{100} \times 100 \text{ \% dari berat beton aspal padat}$$

Dengan:

P_{ae} = kadar aspal efektif yang menyelimuti agregat dalam persen dari berat beton aspal padat

P_a = kadar aspal pada berat beton aspal padat

P_s = kadar agregat, % pada berat beton aspal padat

P_{ab} = proporsi aspal dalam pori agregat, % pada berat agregat

2.2.12 Tebal Selimut Aspal

Kadar aspal efektif menunjukkan jumlah aspal yang digunakan untuk menyelimuti permukaan agregat. Kadar aspal efektif yang lebih tinggi menunjukkan bahwa selimut maupun film aspal pada masing-masing agregat lebih tebal. Ketebalan selimut maupun film aspal ini sangat bergantung pada luas permukaan agregat yang digunakan untuk membentuk beton aspal. Jadi:

$$\text{Tebal selimut aspal} = \frac{P_{ae}}{G_a} \cdot \frac{1}{LP \cdot P_s} \cdot 1000 \mu\text{m}$$

Dengan:

P_{ae} = kadar aspal efektif yang menyelimuti agregat dalam persen dari berat beton aspal padat.

G_a = berat jenis aspal

P_s = kadar agregat, % pada berat beton aspal padat

LP = luas permukaan agregat campuran secara keseluruhan di beton aspal padat

2.2.12 Berat Jenis Bulk Agregat Campuran (G_{sb})

Semua fraksi agregat memiliki berat jenis yang berbeda, jadi Anda perlu mengetahui berat jenis agregat campuran untuk membuat beton aspal padat. Ketika:

B = berat campuran agregat yang digunakan untuk membuat beton aspal

B₁, B₂,B_n = berat total masing-masing fraksi (1 hingga n)

B = B₁ + B₂ +..... B_n

P₁, P₂,P_n = proporsi berat fraksi dibandingkan dengan berat total agregat campuran

B = P₁. B₁ + P₂. B₂ + P_n.P_n

V = volume agregat campuran

V₁, V₂,V_n= volume dari masing-masing fraksi agregat

G_{sb} = berat agregat campuran jenis bulk

G₁, G₂,G_n = berat jenis bulk setiap fraksi agregat

$$V = \frac{B}{G_{sb}} \quad \text{maupun} \quad G_{sb} = \frac{B}{V}$$

$$V_1 = \frac{P_1 \cdot B}{G_1}, \quad V_2 = \frac{P_2 \cdot B}{G_2}$$

$$G_{sb} = \frac{P_1 \cdot B + P_2 \cdot B + P_3 \cdot B + \dots + P_n \cdot B}{\frac{P_1 \cdot B}{G_1} + \frac{P_2 \cdot B}{G_2} + \frac{P_3 \cdot B}{G_3} + \dots + \frac{P_n \cdot B}{G_n}}$$

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_3}{G_3} + \dots + \frac{P_n}{G_n}}$$

2.2.13 Berat Jenis Efektif Agregat Campuran (G_{se})

Berat jenis maksimum beton aspal yang belum dipadatkan, yang dikenal sebagai G_{mm}, dapat ditentukan dalam laboratorium. Jadi:

$$G_{se} = \frac{100 - P_a}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_a}{G_a}}$$

Dengan:

G_{se} = berat jenis agregat yang efektif untuk pembuatan beton aspal padat

G_{mm} = berat beton aspal jenis tertinggi yang belum dipadatkan

P_a = kadar aspal dibandingkan dengan berat beton aspal padat, %

G_a = berat suatu jenis aspal

Nilai G_{se} agregat campuran biasanya konstan karena hanya dipengaruhi oleh kemampuan aspal untuk terabsorpsi ke dalam pori agregat individu.

2.3 Pengujian Benda Uji

Pengujian agregat dilakukan dengan tujuan untuk menentukan sifat maupun karakteristik agregat yang dihasilkan dari pemecah batu. Susunan butir, juga dikenal sebagai gradasi, ialah distribusi dari ukuran agregat. Jenis variasi distribusi ini dapat dibagi menjadi tiga jenis: gradasi sela (*gap grade*), gradasi menerus (*continuous grade*), dan gradasi seragam (*uniform grade*). Gradasi ini diukur melalui analisis ayak sesuai dengan standar seperti Standar Nasional Indonesia, BS 812, ASTM C-33, C 136, dan ASHTO T.26.

Uji gradasi ini sangat penting untuk mengetahui komposisi bricket maupun sampel campuran aspal yang akan kita gunakan untuk pengaspalan di lokasi proyek. Hasil dari uji gradasi ini akan digambarkan pada grafik amplop, yang akan menunjukkan berapa persen komposisi yang memenuhi spesifikasi. Ukuran saringan maupun ayakan untuk gradasi ini tidak sama dengan gradasi tanah dan lapisan berbutir. Ukuran aspal dari yang terbesar hingga yang terkecil ialah 1.5", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200.

Tujuan dari pengujian volumetrik ini ialah untuk membandingkan volumetrik benda

uji stabilitas dan aliran yang akan digunakan pada pengujian Marshall. Ini dilakukan dengan membandingkan nilai *density*, VMA, VIM, dan VFB pada benda uji untuk masing-masing alat uji Marshall digital dan analog. Data yang diperoleh dari tes laboratorium dianalisis dengan menggunakan rumus-rumus berikut ini.

1. Berat Jenis

- 1) Rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung berat jenis agregat kasar:

$$\text{Penyerapan} \frac{(BA)}{BA} \times 100\%$$

Keterangan:

Bulk = Berat jenis

SSD = Permukaan berat kering

APPT = jenis berat semu

A = berat objek contoh uji oven kering (gr)

B = berat benda uji setelah permukaan jenuh kering (gr)

C = berat benda uji setelah mengeringkan permukaan jenuh dalam air (gr)



- 2) Berat agregat halus dan *filler* dengan rumus berikut:

$$\text{Penyerapan} \frac{(n-BK)}{BK} \times 100\%$$

Keterangan:

Bulk = Berat jenis

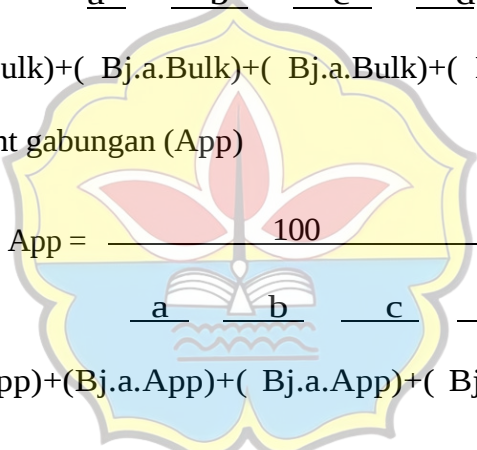
SSD = Permukaan berat kering

APPT	= jenis berat semu
N	= Berat benda uji (gram)
Bk	= Berat uji kering (gram)
B	= Picnometer berat diisi dengan air (25°C) (gram)
Bt	= Berat benda uji ditambah berat piknometer (SSD) + air

3) Berat jenis bulk gabungan (U)

$$U = \frac{100}{\frac{a}{Bj.a.Bulk} + \frac{b}{Bj.a.Bulk} + \frac{c}{Bj.a.Bulk} + \frac{d}{Bj.a.Bulk}}$$

Berat Jenis apparent gabungan (App)

$$App = \frac{100}{\frac{a}{Bj.a.App} + \frac{b}{Bj.a.App} + \frac{c}{Bj.a.App} + \frac{d}{Bj.a.App}}$$


4) Berat jenis efektif (V)

$$V = \frac{\frac{a}{Bj.a.App} + \frac{b}{Bj.a.App}}{2}$$

Dari data ini akan menghasilkan harga Density, Stabilitas, *Marshall* dan Quotient.

2. Kadar aspal tengah (Pb)

Kadar aspal tengah (Pb) dihitung berdasarkan persamaan yang ditemukan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 sebagai berikut: Kadar aspal

tengah digunakan untuk menentukan kadar aspal awal yang akan digunakan dalam penelitian di laboratorium dan untuk perencanaan di lapangan, yaitu:

$$P = 0.035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0.18 (\%filler) + K$$

Keterangan:

P = Kadar aspal tengah dibandingkan dengan berat campuran

CA = Saring nomor 8 mempertahankan persentase total.

FA = Persen total gagal melalui saringan nomor 8 dan tetap berada di saringan nomor 200.

Filler = Minimal 75% dari persentase total lolos saringan No.200

K = Konstanta ialah 0,5 hingga 1 untuk laston, 2 hingga 3 untuk laston, dan 1 hingga 25 untuk campuran lainnya.

3. Uji Marshall

Pengujian dengan alat *marshall* dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga untuk mengukur karakteristik campuran, seperti ketahanan maupun stabilitas campuran aspal terhadap kelelahan plastisitas maupun aliran. Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan aliran (kelelahan plastisitas) ialah berbanding lurus: semakin besar stabilitas, semakin banyak aliran, dan sebaliknya. Dengan demikian, semakin besar stabilitas, semakin mampatkan aspal. Kemudian dibuat grafik yang menggambarkan hubungan antara presentase kadar aspal dengan presentase rongga terisi *Void Filled With Bitumen* (VFB), volume pori di antara partikel agregat mineral *Void in Mineral Aggregates* (VMA), presentase rongga dalam campuran *Void in the Mix* (VIM),

kelelahan (*flow*), stabilitas, dan *Marshall Quotient* (MQ) dari hasil pengamatan pengujian *Marshall*.

2.3 Arang Kayu

Arang kayu, yang berasal dari bahan dasar kayu, mengandung senyawa karbon non-polar yang mirip dengan senyawa karbon pada aspal (Nur dkk., 2017). Arang biasanya dibuat dengan memanaskan kayu, gula, tulang, maupun benda lain yang bersifat organik. Ini ialah residu hitam yang terdiri dari karbon tidak murni yang dihasilkan oleh hewan maupun tumbuhan. menurut (Efiyanti et al., 2020) Sifat arang ialah adsorben, yaitu suatu padatan berpori dengan struktur pori yang terkait dengan luas permukaan. Arang aktif memiliki banyak senyawa yang dapat diadsorpsi olehnya, tetapi kekuatan molekulnya berbeda. Absorpsi meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama, dan gugus fungsi, ikatan rangkap struktur, dan lainnya.

Tabel 2.7 Kandungan Yang Terdapat Dalam Arang

Nama Senyawa	Nilai Kadar
Karbon (C)	85 - 98%
Hidrogen (H)	0,2 – 5%
Hidrokarbon (HC)	1,53 - 5,67%

Sumber: Jurnal kualitas arang (Lisna Efiyanti, Suci ApriantyWati, dkk, 2019).

2.4 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.8 menampilkan daftar penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai rujukan dalam penelitian ini..

Tabel 2.8 Tabel Penelitian Terdahulu

No	Judul	Tujuan	Hasil
1.	Penggunaan <i>Filler</i> ArangKayu Pada Aspal HRS – WC Dan Aspal AC – WC. (2020)	Studi ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat yang mempengaruhi penggunaan filler arang kayu terhadap kinerja campuran aspal laston dan aspal laston, serta variasi campuran yang ideal untuk mencapai nilai stabilitas dan aliran yang diinginkan.	<i>Marshall</i> Quotient (campuran dengan <i>filler</i> abu batu = 613,3 kg/mm; campuran arang kayu = 295,8kg/mm), VMA (campuran filler abu batu = 15,05%; campuran arang kayu mengalami kenaikan = 20,38%), VIM (campuran filler abu batu = 3,6%; campuran terhadap arang kayu terjadi kenaikan = 9,6%). Padahal pada campuran HRS-WC nilai stabilitas menggunakan filler abu batu = 1899,17 kg; campuran arang kayu mengalami penurunan = 941,6 kg. Begitu juga yang terjadi pada <i>Marshall</i> Quotient (campuran filler abu batu = 472,9 kg/mm; campuran arang kayu = 377 kg/mm), VMA (campuran filler abu

No	Judul	Tujuan	Hasil
			batu = 21,01%; campuran arang kayu = 22,41%), VIM (campuran filler abu batu = 5,6%; campuran terhadap arang kayu terjadi kenaikan = 7,2%). Marshall Quotient (campuran terhadap filler abu batu = 613,3 kg/mm; campuran arang kayu = 295,8 kg/mm), VMA (campuran filler abu batu = 15,05%; campuran arang kayu mengalami kenaikan = 20,38%), VIM (campuran filler abu batu = 3,6%; campuran terhadap arang kayu terjadi kenaikan = 9,6%). Padahal pada campuran HRS-WC nilai stabilitas menggunakan filler abu batu = 1899,17 kg; campuran arang kayu mengalami penurunan = 941,6 kg. Begitu juga yang terjadi pada Marshall Quotient (campuran filler abu batu = 472,9 kg/mm; campuran arang kayu = 377 kg/mm), VMA (campuran filler

No	Judul	Tujuan	Hasil
			abu batu = 21,01%; campuran arang kayu = 22,41%), VIM (campuran filler abu batu = 5,6%; campuran terhadap arang kayu terjadi kenaikan = 7,2%).
2.	Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti <i>Filler</i> Aspal Penetrasi 60/70 (2019)	Studi ini menyelidiki efek arang cangkang kelapa sawit terhadap stabilitas aspal penetrasi 60/70 dan apakah aspal dengan <i>filler</i> arang cangkang kelapa sawit dapat digunakan dalam campuran perkerasan jalan.	Jika aspal digunakan dengan <i>filler</i> arang kelapa sawit, nilai VIM, aliran, dan FVB tidak memenuhi batas spesifikasi, sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan pengganti <i>filler</i> pada campuran aspal beton. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa jika nilai aliran rendah maupun nilai VIM terlalu kecil, campuran akan sangat rentan terhadap keretakan, dan jika nilai VIM terlalu kecil, akan menyebabkan rongga di dalam campuran pecah.
3.	Pengaruh <i>Filler</i> Serbuk Arang Tempurung Kelapa Terhadap Campuran	Tujuan dari penelitian ini ialah untuk menentukan tingkat kadar aspal ideal	Pada penelitian ini, uji <i>Marshall</i> , yang merupakan pemeriksaan VIM (<i>Void In Mix</i>), digunakan. Hasil menunjukkan bahwa kadar aspal

No	Judul	Tujuan	Hasil
	Laston Ac-Wc Dengan Tambahan Limbah Botol Plastik Pada Aspal Pen 60/70 Menggunakan Sistem Warm Mix Dengan Metode Uji Marshall & Wheel Tracking (2019)	(KAO) dan kadar <i>filler</i> ideal yang dihasilkan dari campuran bahan perkerasan jalan dengan menggunakan metode uji <i>Marshall</i>. Selain itu, untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan <i>filler</i> serbuk arang tempurung kelapa dan limbah botol plastik terhadap hasil <i>Marshall</i> dan <i>Wheel Trackin</i>	<i>filler semen portland</i> yang ideal ialah 6,028 persen; kadar <i>filler</i> yang ideal tanpa tambahan limbah botol plastik perendaman selama 30 menit ialah 2,645 persen; kadar <i>filler</i> yang ideal tanpa tambahan limbah botol plastik perendaman selama 24 jam ialah 2,180 persen; dan kadar <i>filler</i> yang ideal dengan tambahan limbah botol plastik perendaman selama 30 menit ialah 2,3.

Sumber : Hasil Data Olahan, 2024

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Dalam bagian ini, penulis akan memberikan penjelasan tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian ini. Metode eksperimen digunakan dalam penelitian ini dengan melakukan percobaan terhadap subjek yang akan diteliti secara langsung untuk mempelajari hubungan antara subjek satu sama lain dan kemudian membandingkan temuan. Laboratorium Teknik Sipil Universitas Batanghari ialah tempat penelitian ini dilakukan. Proses pengambilan data untuk penelitian ini dengan melakukan Mix Design aspal dan arang setelah itu memvariasikan kadar arang yaitu 0%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% lalu semua bahan dicampurkan untuk tahap pembuatan benda uji, pada pengujian benda uji melakukan metode *marshall*, dimana di pengujian *Marshall* tersebut didapat kanhasil yang terdiri dari komponen-komponen *Marshall*, ialah stabilitas, *flow*, VIM, VFA, VMA, serta kemudian dapat dihitung *Marshall* Quontient-nya serta pada bagian akhir akan dibahas pengolahan analisis data.

Acuan yang dipakai dalam penelitian yang dilakukan di laboratorium ini ialah :

1. Standart Nasional Indonesia (SNI)
 - 1) Analisa saringan agregrat SNI ASTM C136:2012
 - 2) Bobot isi dan rongga udara SNI 03-4804-1998
 - 3) Berat jenis dan penyerapan air SNI 03-1970:1990

- 4) Agregat yang lolos saringan no.200 SNI 03-4142-1992
 - 5) Keausan agregat dengan mesin Los Angeles SNI 03-2417-1991
 - 6) Agregat halus yang mengandung bahan plastis SNI 03-4428-1991
 - 7) Penetrasi aspal SNI 06-2456-1991
 - 8) Campuran aspal dengan alat marshall test SNI 06-2489-1991
2. Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (revisi 2) divisi 6
 3. American association for testing and material (ASTM)
 4. American association of state highway and transportation officials (AASHTO).

3.2 Metodologi Pengumpulan Data

Dua metode yang digunakan peneliti untuk mengumpulkan data, yang digunakan sebagai sumber utama penelitian ini, ialah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer ialah data yang dikumpulkan oleh peneliti secara langsung dari subjek di lapangan maupun di laboratorium. Contoh data primer termasuk seluruh hasil pemeriksaan agregat kasar, agregat halus, dan *filler*, termasuk data tentang berat jenis, penyerapan, gradasi, keausan, dan kelekatan.

Penulis melakukan pemeriksaan sampel di laboratorium untuk mendapatkan data awal yang akan digunakan untuk menganalisis temuan penelitian yang dilakukan.

2. Data Sekunder

Data sekunder ialah data yang diperoleh dari sumber lain yang telah ada

sebelumnya. Ini berarti bahwa penulis tidak mengumpulkan data langsung dari subjek penelitian, seperti rumus-rumus maupun teori-teori yang relevan. Untuk menyempurnakan penelitian ini, studi pustaka dilakukan dengan membaca buku dan artikel ilmiah untuk mendapatkan data sekunder.

3.3 Metode Pengambilan Sampel

1. Material Agregrat kasar dan agregrat halus diambil dari PT Murni Beton
2. Aspal yang tersedia di lab Universitas Batanghari
3. Untuk bahan arang kayu berasal dari salah satu penyedia bahan arang kayu
4. tersebut

3.4 Metode Design

Berikut ini ialah metodologi yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Pengujian sifat bahan

Terlebih dahulu, karakteristik bahan agregat kasar, agregat halus, dan bahan lainnya diuji. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium sesuai dengan Standar Nasional Indonesia.

2. Membuat objek uji
3. Setelah bahan yang diuji memenuhi persyaratan untuk campuran beton aspal, komposisi campuran dibuat menggunakan gradasi terbuka, dan pencampuran aspal menggunakan variasi 0, % , 1 % , 1.5 % , 2 % , dan 2.5 % bahan arang kayu .
4. Pengujian Benda uji
5. Pengujian stabilitas benda uji dengan alat *masrshall* dengan mengacu pada SNI 06-2489-1991

3.5 Proses Penelitian

3.5.1 Tahap Studi Pendahuluan

Kegiatan penelitian ini dimulai dengan studi pendahuluan, yang mencakup tinjauan literatur tentang masalah yang muncul, tujuan dari penelitian, dan penyusunan rencana penelitian. Kegiatan ini berlanjut dengan diskusi hasil penelitian.

3.5.2 Persiapan bahan

Sebelum kegiatan dimulai, bahan-bahan yang akan diteliti telah disiapkan di laboratorium Universitas Batanghari. Kegiatan ini mencakup melakukan survei lokasi bahan yang digunakan dan membawa bahan uji ke laboratorium dari tempat mereka diambil. Penelitian ini menggunakan agregat kasar dan agregat halus.



Gambar 3.1 Pengambilan Bahan Uji

Sumber : Dokumentasi Pribadi 2024

3.6 Pengujian Sifat Bahan

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui apakah karakteristik bahan-bahan yang akan digunakan untuk membuat campuran beton aspal memenuhi spesifikasi yang digunakan.

Metode pengujian yang digunakan mengikuti standar umum, yaitu Standart Nasional Indonesia (SNI) serta Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (revisi 2) Divisi 6.

3.7 Pemeriksaan Agregat Kasar

3.7.1 Pemeriksaan Analisa Saringan

Tujuan dari pemeriksaan ini ialah untuk mendapatkan distribusi besaran maupun jumlah persentase butiran dari agregat kasar dan agregat halus.

1. Peralatan

Peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengujian analisa saringan ialah:

- 1) Satu set saringan agregat halus : No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200.
- 2) Timbangan
- 3) Alat pemisah contoh
- 4) Kuas, sendok dan lain-lainnya.

2. Benda Uji

Kecuali apabila jumlah yang diketahui melalui saringan No.200 tidak perlu diketahui, benda uji disiapkan berdasarkan standar yang berlaku dan relevan. Analisa saringan agregat kasar dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-1968-1990.

3.7.2 Pemeriksaan Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat agregat isi agregat halus, kasar, maupun campuran. Berat isi ialah perbandingan berat isi agregat dengan agregat lainnya.

1. Peralatan

Peralatan yang akan digunakan ialah berikut:

- 1) Timbangan
- 2) Batang penusuk
- 3) Cawan
- 4) Sendok sesuai kebutuhan.
- 5) Alat penakar berbentuk silinder

2. Benda uji

Agregat yang lolos saringan No.4 yang diperoleh dari alat pemisah contoh maupun metode perempat ialah benda uji (*quattring*). Cara pengujian dan perhitungan dari bobot isi serta rongga udara pada agregat dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-4804-1998.

3.7.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Dalam agregat halus, pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan angka penyerapan.

1. Peralatan

- 1) Kerajang kawat
- 2) Tempat air dengan bentuk dan kapasitas
- 3) Timbangan kapasitas 5 kg

- 4) Kompor
- 5) Alat pemisah suatu contoh
- 6) Saringan No.4

2. Persiapan Contoh uji

Pengujian agregat kasar yang tertahan saringan No.4 dilakukan dengan menggunakan alat pemisah contoh maupun metode perempat (quatriring) sebanyak ± 5 kilogram. Pengujian dan perhitungan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar dilakukan sesuai standar SNI 03-1970-1990.

3.7.4 Pemeriksaan Jumlah Agregat Yang Lolos Saringan No.200

Setelah agregat dicuci hingga bersih, tujuan dari pemeriksaan ini ialah untuk mengetahui berapa banyak agregat yang lolos saringan No.200.

Berikut ini ialah peralatan yang digunakan untuk melakukan tes ini:

1. Saringan terdiri dari saringan No.16, dan No.200
2. Wadah untuk mencuci
3. Timbangan
4. Kompor

Tata cara pengujian dan perhitungan dari jumlah agregat yang lolos terhadap saringan No.200 dilakukan sesuai standar SNI 03-4142-1996.

3.7.5 Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles

Hasil pengujian ini digunakan untuk mengukur keausan agregat kasar. Hasilnya dapat digunakan dalam proses perencanaan dan pelaksanaan bahan perkerasan jalan maupun konstruksi.

1. Peralatan

Peralatan yang digunakan pada pengujian abrasi ini harus memenuhi ketentuan berikut:

- 1) Mesin abrasi Los Angeles
- 2) Saringan No. $\frac{3}{4}$, No.1/2, No.3/8 dan No. 12.
- 3) Timbangan
- 4) Bola bola baja diameter 4,68 cm sebanyak 11 bola baja.
- 5) Kompor

2. Benda Uji

- 1) Berat tertahan di saringan No.1/2 sebanyak 2,5 kg dan tertahan disaringan No. 3/8 sebanyak 2,5 kg sehingga total 5 kg. dimasukkan kedalam mesin dan diputar sebanyak 500 kali putaran.
- 2) Kemudian saring agregat yang telah di putar menggunakan saringan No.12 dan timbang.
- 3) Bersihkan benda uji dan keringkan.

Cara pengujian dan perhitungan dari keausan agregat ini dilakukan sesuai dengan standar SNI 03-2417-1991.

3.8 Pemeriksaan Agregat Halus

Pada penelitian ini, penulis melakukan pemeriksaan agregat halus meliputi beberapa pemeriksaan, antara lain :

3.8.1 Pemeriksaan Analisa Saringan

Analisa saringan ini dikerjakan untuk mencari tahu batasan gradasi agregat kasar maupun halus yang digunakan pada penelitian ini. Peralatan, benda uji, langkah-langkah pelaksanaan dan perhitungan dilakukan berdasarkan standar

spesifikasi Bina Marga 2010 revisi.3.

3.8.2 Pemeriksaan Berat Isi Agregat

Pengujian ini dimaksud untuk mendapatkan hasil berat isi agregat halus, kasar, maupun campuran. Peralatan, benda uji, langkah-langkah pelaksanaan dan perhitungan dari bobot isi serta rongga udara agregat dilakukan sesuai standar SNI 03-4804-1998.

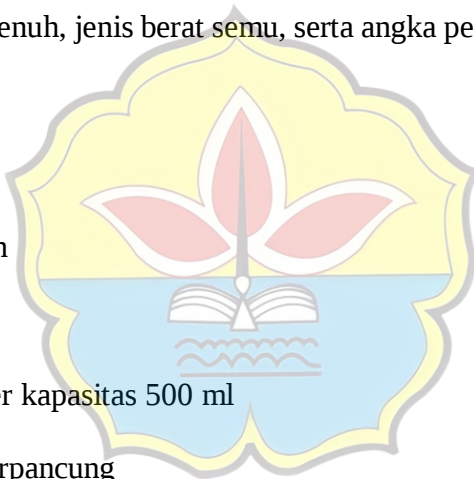
3.8.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air

Pemeriksaan ini dimaksud supaya mengetahui berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, jenis berat semu, serta angka penyerapan berasal dari pada agregat halus.

1. Peralatan

- 1) Timbangan
- 2) Kompor
- 3) Piknometer kapasitas 500 ml
- 4) Kerucut terpancung
- 5) Batang penumbuk
- 6) Saringan No.4
- 7) Cawan
- 8) Oven
- 9) Bejana tempat air
- 10) Desikator
- 11) Alat pemisah contoh

2. Persiapan Benda Uji



Siapkan contoh agregat yang lolos saringan No.4 didapat dari alat pemisah contoh maupun cara perempat (*quatring*) .

Langkah-langkah pengujian dan perhitungan dari berat jenis dn penyerapan air dikerjakan sesuai dengan standar SNI 03-1970-1990.

3.8.4 Pemeriksaan Agregat Halus maupun Pasir yang Mengandung Bahan Plastis dengan Cara Setara Pasir

Untuk mengetahui kualitas pasir maupun agregat halus yang lolos saringan No. 4, agregat halus maupun pasir yang mengandung bahan plastis diuji dengan cara yang sama dengan pasir ini.

Peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengujian agregat halus maupun pasir yang mengandung plastis terhadap cara setara pasir ialah :

1. Tutup silinder dari karet, gabus, maupun bahan lain yang tidak larut dalam larutan kalsium klorida, USP glicerine, maupun formalin dalam tabung plastik maupun gelas tembus pandang dan tidak berwarna.
2. Tembaga seberat (1000 ± 5) gram dengan tangkai logam keping pelat bundar dan telapak pembeban.
3. Saringan No.4
4. Tabung penakar dilengkapi dengan msitar pendatar
5. Pindahkan benda uji ke dalam tabung pelastik menggunakan corong dengan mulut lebar.
6. Arloji pengukur waktu
7. Alat pengaduk serta oven bersama pengatur suhu 100

8. Alat pengocok tangan yang dapat menggerakkan tabung secara mendatar sebanyak sembilan puluh gerakan selama tiga puluh detik.

Sesuai dengan standar SNI 03-4428-1991, agregat halus maupun pasir yang mengandung bahan plastis diproses dan dihitung setara pasir (sand setara).

3.9 Pengujian Aspal

Berikut ini ialah contoh pengujian yang dapat dilakukan pada aspal untuk mengetahui sifat fisiknya:

3.9.1 Pengujian Penetrasi Aspal

Dengan memasukkan jarum penetrasi berukuran, beban, dan waktu tertentu ke dalam bitumen pada suhu tertentu, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penetrasi bitumen keras maupun lembek (solid maupun semi solid).

Uji penetrasi aspal membutuhkan peralatan berikut :

1. Alat penetrasi yang memiliki kemampuan untuk menggerakkan pemegang jarum naik-turun tanpa gesekan dan memiliki kemampuan untuk mengukur penetrasi hingga 0,1 mm.
2. Pemegang jarum seberat $(47,5 \pm 0,05)$ gram yang mudah dilepas dari alat penetrasi peneraan.
3. Dengan beans 100 gram dan 200 gram, pemberat dari $(50 + 0,05)$ gram maupun $(100 + 0,05)$ gram digunakan untuk mengukur penetrasi.
4. Jarum penetrasi terbuat dari baja tahan karat dengan tanda (*grade*) 140 °C dan berat $2,5 \pm 0,05$ gram.
5. 2 Cawan kecil.

6. Bak perendam, maupun bak air, di mana air untuk benda uji diletakkan di bawah alat penetrasi.
7. Stopwatch
8. Termometer.

Pesiapan benda uji, langkah-langkah pelaksanaan dan perhitungan dari pengujian penetrasi aspal dikerjakan sesuai standart SNI 06-2456-1991.

3.9.2 Pengujian Berat Jenis Aspal

Memfaatkan metode ini untuk menguji berat jenis aspal padat menggunakan piknometer sebagai acuan dan pegangan, hasilnya dapat digunakan dalam proses perencanaan campuran seta untuk mengontrol mutu perkerasan jalan.

Alat yang diperlukan untuk menguji berat jenis aspal ialah:

1. Termometer.
2. Piknometer ukuran 30 ml.
3. Air suling 1000 ml.
4. Bejana (mangkok) 1000 ml.
5. Timbangan.

Benda yang diuji diperlukan untuk melakukan pengujian berat jenis aspal ialah aspal padat dilakukan padat sebanyak ± 100 gram.

Langkah-langkah pelaksanaan dan perhitungan dari pengujian berat jenis aspal dilakukan berdasarkan dengan standart SNI 06-2441-1991.

3.10 Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall

3.10.1 Pembuatan Benda Uji

Setelah gradasi agregat gabungan ditetapkan dan kadar aspal ditetapkan

sesuai standar sebelumnya, pembuatan benda uji dapat dimulai. Kadar aspal yang ideal ialah antara 4.5% dan 7%, sesuai dengan aturan ini:

Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji Kadar Aspal

Nilai kadar aspal	Benda uji marshall standar
4.5%	3 buah
5%	3 buah
5.5%	3 buah
6%	3 buah
6.5%	3 buah
7%	3 buah
Jumlah	18 buah

Sumber : Panduan Laboratorium UNBARI, 2024

Dari table diatas benda uji yang dibuat berbagai kadar berjumlah 3 benda uji dengan keseluruhan 18 benda uji, dimana masing masing akan diuji VIM, VMA, VFA, Stabilitas dan Flownya, pada kadar aspal berapa yang paling bagus dan memenuhi seluruh batasan spesifikasi yang telah ditentukan.

Peralatan yang diperlukan untuk melakukan pengujian analisa saringan ialah:

1. Tiga buah cetakan benda uji berdiameter 10,16 cm dan tinggi 7,62 cm, dilengkapi dengan pelat alas dan leher sambung.
2. Mesin penumbuk lengkap otomatis maupun manual dengan :
 - 1) Dengan permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, penumbuk memiliki berat 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.
 - 2) Platform pemadat
3. Perangkat untuk mengeluarkan benda uji

4. Alat marshall

- 1) Kepala penekan (*breaking head*) bentuk lengkung,
- 2) Cincin penguji (*proving ring*) kapasitas 2724 kg dan maupun 6000 lbf, dilengkapi dengan dial tekan yang memiliki ketelitian 0,0025
- 3) Arloji pengukur alir (*flow*) dengan ketelitian 0,01 mm dan aksesor.

5. Oven dengan kontrol suhu

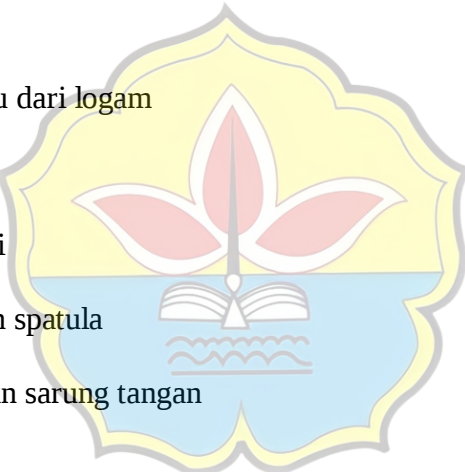
6. Bak perendam air (*water bath*) memiliki termostat

7. Timbangan yang dilengkapi dengan timbangan 5 kg dan penggantung benda uji 2 kg

8. Pengukur suhu dari logam

9. Peralatan lain:

- 1) Panci-panci
- 2) Sendok dan spatula
- 3) Kompor dan sarung tangan



Proses pembuatan benda uji dari Marshall test dilakukan sesuai standart 06-2489-1991.

3.10.2 Pengujian Mix Design Aspal

Untuk memastikan campuran yang baik, agregat gradasi terbuka memiliki rongga udara yang besar dan kandungan partikel yang tinggi. Jenis tes yang dilakukan ialah:

1. Timbang benda uji dalam keadaan kering (Bk), lalu rendam dalam air selama 24 jam..

2. Setelah 24 jam, benda uji diangkat dan dilap hingga permukaannya kering, lalu ditimbang (B_j) maupun SSD.
3. Timbang SSD setelah itu dalam air (B_a)).
4. Setelah penimbangan selesai, benda uji direndam selama tiga puluh menit dalam air dengan suhu 60°C .
5. Kemudian lakukan pengujian *marshall*.

3.10.3 Pengujian Marshall

Untuk mengetahui seberapa baik beton aspal padat berfungsi, benda uji yang digunakan meliputi :

1. Menghitung berat volume benda uji
2. Menguji nilai stabilitas, yang merupakan kemampuan beton aspal padat untuk menahan beban yang paling besar hingga terjadi keelehan plastis.
3. Pengujian keelehan maupun aliran, yang merupakan besarnya perubahan bentuk plastis beton aspal padat karena beban hingga batas keruntuhan.
4. Perhitungan kuosien Marshall, yang merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan aliran.
5. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM, VMA, dan VFA)
6. Perhitungan tebal selimut maupun film aspal

Pengujian Marshall diciptakan oleh Bruce Marshall dan dilanjutkan oleh *Engineer Corps* Amerika Serikat—digunakan untuk menguji kinerja beton aspal padat.

Alat *Marshall* ialah alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin

penguji) berkapasitas 27,24 KN (=6000 lbf) serta *flowmeter*. *Proving ring* digunakan sebagai pengukur nilai stabilitas, serta *flowmeter* sebagai pengukur kelelahan plastis maupun aliran. Prosedur pengujian *Marshall* mengikuti SNI 06-2489-1991, AASHTO T 245-90, maupun ASTM D 1559-76.

Oleh karena itu, dari keenam pengujian yang biasa digunakan untuk mengukur kinerja beton aspal, hanya nilai stabilitas dan aliran yang dihitung dengan alat Marshall. Nilai-nilai lainnya dihitung dengan menimbang benda uji dan menghitung perhitungan.



Gambar 3.2 Alat Marshall

Sumber : Teguhprimatama.co.id, 2024

3.10.4 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal optimum dicapai melalui pengujian Marshall standar, yang melibatkan batas-batas spesifikasi Marshall untuk campuran lastaton. Kadar aspal

yang memenuhi semua sifat campuran yang diinginkan dalam rentang 0,5% ialah kadar aspal optimum.

3.10.5 Penambahan Bahan Arang Kayu Pada Campuran Aspal AC-WC

Penambahan bahan ini dilakukan pada saat proses pemanasan aspal yang digunakan. Variasi penambahan bahan aditif ini, ialah: 0%,1%,1.5%, 2%, serta 2.5%, hingga terhadap berat aspal.

Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji Untuk Penambahan Bahan Aditif

Persentase Aditif	Benda Uji Marshall Standar	Benda Uji Marshall Sisa
0%	3 buah	3 buah
1 %	3 buah	3 buah
1.5 %	3 buah	3 buah
2 %	3 buah	3 buah
2.5 %	3 buah	3 buah
Jumlah	15 buah	15 buah
Total	30 buah	

Sumber :Panduan Laboratorium UNBARI, 2024

Tabel sebelumnya menunjukkan bahwa dari masing-masing persentase terdapat 6 buah sampel, dimana 3 diantaranya untuk benda uji marshall standar, dan 3 lagi untuk benda uji marshall sisa. Jadi total keseluruhan sampel yg dibuat yaitu 30 sampel.

3.11 Persiapan Alat dan Bahan

Ini ialah perangkat yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Alat yang digunakan untuk menguji agregat termasuk mesin Los Angeles

untuk menguji keausan agregat kasar, sebuah set saringan, yang dapat digunakan untuk memisahkan agregat menurut gradasi, dan alat uji berat seperti piknometer, timbangan, dan pemanas..

2. Alat uji yang digunakan untuk menguji aspal meliputi alat uji penetrasi, titik lembek, titik nyala, kehilangan berat, dan alat uji berat jenis, seperti timbangan dan piknometer.

3. Alat untuk menguji kualitas campuran agregat aspal, yang digunakan dalam metode *Marshall*, termasuk :

1) Alat uji tekan Marshall terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs), dan arloji pengukur aliran air.

2) Alat cetak silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) serta tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

3) Alat penumbuk manual yang dipakai untuk pemadatan campuran sebanyak tujuh puluh kali tumbukan pada tiap sisi.

4) Dongkrak hidrolik digunakan sebagai alat pendorong benda uji untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari dalam cetakan.

5) Bak mandi air, juga disebut bak perendam, yang memiliki termostat.

6) Alat pendukung: thermometer, kompor pemanas, penggorengan pencampur, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, bak untuk merendam benda uji, jangka sorong, dan spidol untuk menandai benda uji.

Penelitian ini akan menggunakan bahan-bahan berikut::

- a. Aspal Penetrasi 60/70
- b. Agregat kasar, berupa suatu split 1-2 dengan ukuran maks. $\frac{3}{4}$ " dan screening.
- c. Agregat halus.
- d. Arang limbah kayu

3.12 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Data primer dari penelitian ini berasal dari hasil pengujian, sedangkan data sekunder berasal dari literatur tentang Laston, seperti buku dan jurnal terdahulu.

Prosedur penelitian meliputi :

3.12.1 Persiapan

Studi pustaka, persiapan alat, dan bahan yang digunakan ialah semua bagian dari persiapan yang dilakukan. Bahan yang digunakan: aspal keras, agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dibawa ke Laboratorium Teknik Sipil Universitas Batanghari dan disiapkan sebelum dimasukkan ke dalam campuran beraspal.

3.12.2 Pemeriksaan Aspal

1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Tujuannya ialah untuk mengukur kekerasan aspal dengan menggunakan jarum standar dengan rentan waktu dan suhu standar.

2. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Dengan menggunakan piknometer, pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis aspal keras. Berat jenis aspal ialah perbandingan berat aspal dan air suling pada isi yang sama pada suhu tertentu.

Tabel 3.3 Standar Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Standar Pengujian
1	Penetrasi	SNI 2456-2011
2	Berat Jenis Aspal	SNI 2441-2011

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 Divisi 2

3.12.3 Pemeriksaan Agregat

Agregat harus diperiksa untuk memastikan apakah memenuhi standar dan dapat digunakan. Pengujian agregat dilakukan dengan tujuan untuk menentukan sifat maupun karakteristik agregat yang dihasilkan dari pemecah batu (pemecah batu). Dengan menggunakan saringan, pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui pembagian butiran, maupun gradasi, agregat halus dan agregat kasar. Laboratorium Teknik Sipil Universitas Batanghari melakukan pemeriksaan ini dengan metode SNI.

Tabel 3.4 Standar Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Penyerapan	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136 : 2012
2	Berat Jenis dan Penyerapan Air	SNI 1969 : 2008
3	Keausan Agregat	SNI 2417 : 2008

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6

Tabel 3.5 Standar Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Penyerapan	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136 : 2012
2	Berat Jenis dan Penyerapan Air	SNI 1970 : 2008

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6

3.12.4 Perencanaan Gradasi Agregat

Untuk campuran beraspal yang digunakan dalam penelitian ini, gradasi agregat gabungan yang ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat dan bahan pengisi AC-WC digunakan. Desain dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.6 Persyaratan Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			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

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga Spesifikasi

Umum 2018 Divisi 6 (Revisi 2)

3.13 Pemeriksaan Material Arang

Pada dasar nya material yang dipakai yaitu limbah arang kayu Pemeriksaan material yang dilakukan mulai dari kondisi dan kadar lumpur, hal ini dilakukan agar tidak terjadi faktor eksternal pada hasil keefektivitasan campuran arang sebagai bahan tambah *filler*. Sumber arang kayu berasal dari toko penjualan arang kayu.

1. Pencucian arang kayu

Pada pemeriksaan ini arang di cuci dan dibersihkan dari debu-debu dan lumpur yang menempel hingga bersih menggunakan air mengalir

2. Pengeringan arang kayu

Proses selanjutnya arang yang sudah dibersihkan di keringkan dalam oven selama 15 menit dengan suhu oven 120°C

3. Penghalusan material arang

Tahap selanjutnya penghancuran arang yang telah mengering bertujuan untuk menjadi bahan campuran pada *filler* dengan persyaratan lolos saringan

200

3.14 Kadar Aspal Perkiraan

Pada penelitian ini menggunakan 4 variasi kadar arang kayu yaitu 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% pada 5 variasi kadar aspal yaitu 3 sampel pada setiap kadar aspal rencana, supaya mendapatkan data Kadar Aspal Optimum (KAO),

3.14.1 Metode Pembuatan Benda Uji

Metode pencampuran yang dipakai ialah metode pada umumnya yaitu metode kering yakni mencampurkan aspal panas dan bahan-bahan lain seperti agregat kasar/split, screening dan *filler*;

1. Pembuatan Benda Uji Campuran Beraspal.

1) Hitung kadar aspal perkiraan awal (Pb) sebagai berikut:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta}$$

Keterangan :

Pb : Kadar aspal tengah ideal, dalam persen terhadap berat campuran

CA: Saring No. 8 mempertahankan persentase total.

FA: Persen total gagal melalui saringan No. 8 dan tetap berada di saringan No. 200.

FF: Persentase total minimal 75% mencapai No. 200

K : Nilai konstanta Laston ialah 0,5–1,0, dan Lataston ialah 2,0–3,0. Nilai konstanta untuk campuran lain ialah 1,0–2,5.

2) Setelah memperoleh nilai kadar aspal, berat jenis agregat maksimum dihitung dengan menggunakan data dari percobaan berat jenis agregat kasar dan halus.

- 3) Setelah semua data diperoleh, yang berikutnya ialah menghitung berat sampel, aspal, dan agregat berdasarkan persentase tertahan.
 - 4) Mencampur agregat dengan aspal pada suhu di bawah 150 derajat Celcius.
 - 5) Memadai sampel sebanyak 75 kali tumbukan di setiap sisi (atas dan bawah).
 - 6) Sebelum mengeluarkan benda uji dari cetakan, diamkan benda uji agar mengeras selama sekitar 24 jam.
 - 7) Mengukur ketebalan benda uji, menimbang, dan kemudian merendamnya dalam air biasa pada suhu normal selama 24 jam.
 - 8) Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).
 - 9) Sebelum menggunakan alat Marshall, merendam benda uji dalam panci selama 30 menit.
2. Proses Pencampuran Benda Uji
- 1) Menyiapkan bahan pada setiap benda uji yang diperlukan yaitu campuran beraspal sebanyak ± 1200 gr.
 - 2) Memanaskan panci pencampur dan juga dengan agregat kasar/split, screening dan *filler* berupa serbuk arang dan diaduk hingga suhu 140°C . Demikian itu aspal juga dipanaskan secara terpisah terhadap suhu 138°C dalam 35 emba aspal.
 - 3) Dalam memanaskan aspal hal yang perlu diperhatikan ialah adukan yang konsisten, hal ini dimaksudkan untuk menghindari penggumpalan dengan kata lain campuran tidak menjadi homogen.

- 4) Setelah pemanasan campuran mencapai suhu 165°C lalu meletakkannya padatimbangan dalam keadaan panas, setelah itu tuangkan aspal yang telah dipanasi pada suhu 150°C sebanyak kadar aspal yang dibutuhkan.
- 5) Setelah itu, campuran diaduk dengan cepat hingga aspal menutupi permukaan agregat secara merata. Selama pengadukan campuran, diusahakan agar suhu tetap 155°C , yang dapat diatur dengan termometer.
- 6) Memadatkan sampel dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali di tiap sisi.
- 7) Sebelum mengeluarkan benda uji dari cetakan, biarkannya mengeras dan kemudian diamkan selama sekitar dua puluh empat jam.
- 8) Mengukur ketebalan benda uji, menimbanginya, dan kemudian merendamnya dalam air biasa pada suhu normal selama dua puluh empat jam.
- 9) Menimbang kembali benda uji untuk mendapatkan berat jenuh (SSD).
- 10) Sebelum menguji benda uji dengan alat Marshall, biarkannya terlebih dahulu direndam dalam panci selama 30 menit..

3. Uji *Marshall*

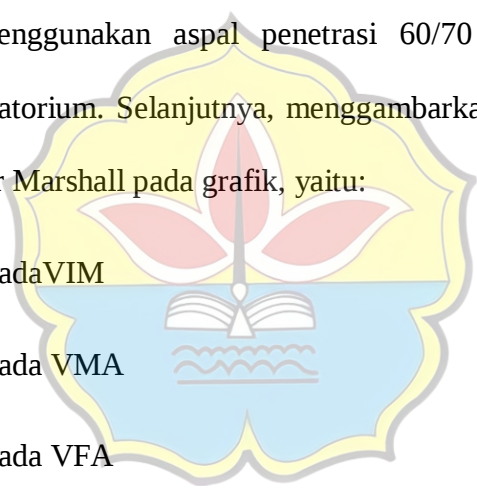
Pengujian ini dikerjakan dengan alat *Marshall* sesuai dengan prosedur SNI 06-2489- 1991 maupun AASHTO T245-90, dengan benda uji diletakkan ke dalam segmen bawah selama 30 detik setelah diangkat dari bak perendaman maksimum. Selanjutnya, benda uji dibebani dengan kecepatan sekitar 50 milimeter per menit hingga pembebanan maksimum tercapai maupun pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh alat pencatat. Setelah itu, nilai stabil dicatat.

4. Analisa Data dan Penentuan KAO

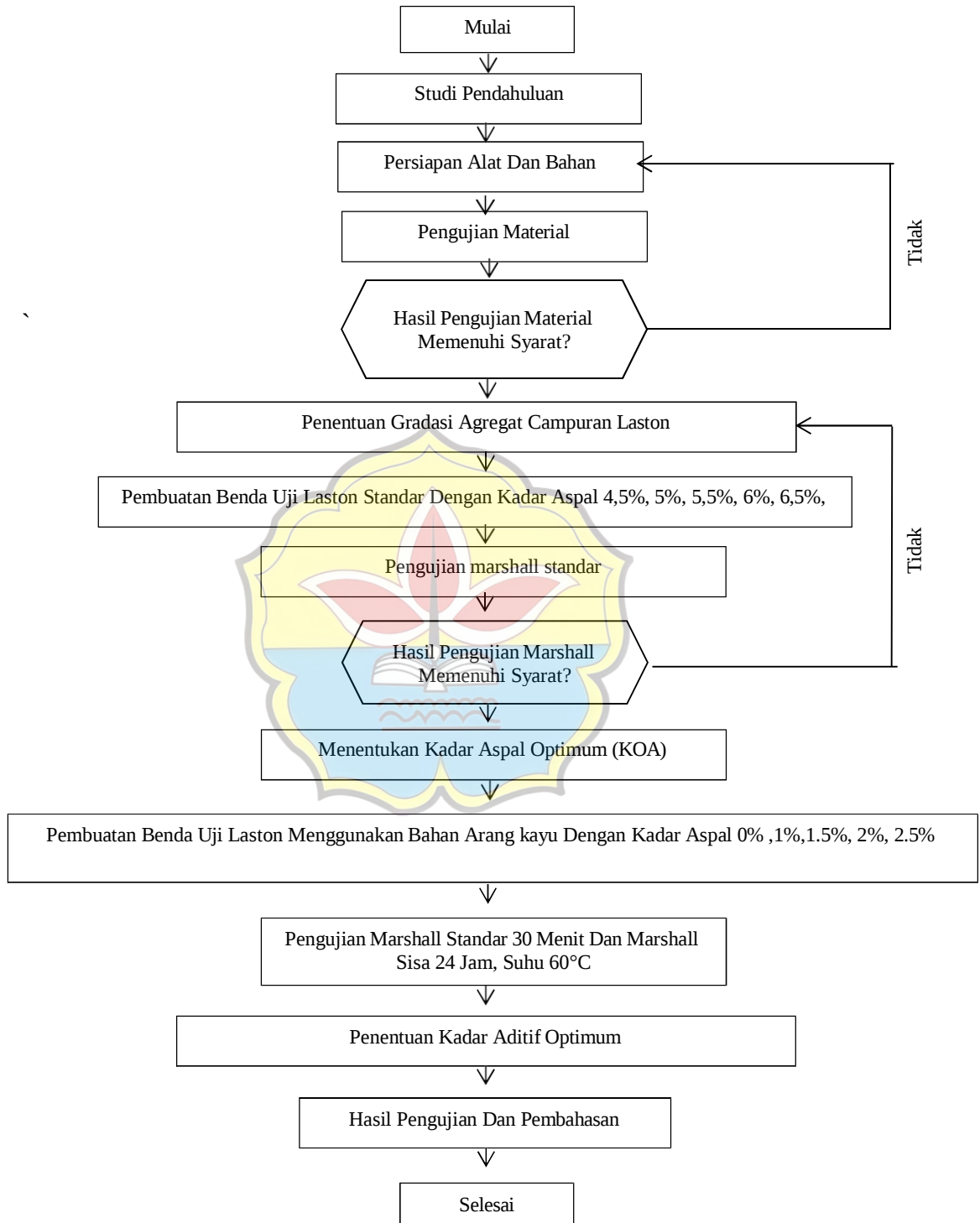
Nilai parameter *Marshall* akan ditemukan dari hasil penelitian Laboratorium (Stabilitas, *Flow*, VMA, VIM, VFA, dan *Marshall* Quotient). Hasil ini dapat digunakan untuk menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang akan digunakan untuk desain campuran berikutnya.

3.15 Pembahasan dan Analisis Hasil

Penulis akan membandingkan stabilitas dan sifat campuran (rongga dalam campuran, rongga antara agregat dan aspal) dalam perendaman air tawar dengan air hujan dengan menggunakan aspal penetrasi 60/70 berdasarkan data hasil penelitian di Laboratorium. Selanjutnya, menggambarkan hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall* pada grafik, yaitu:

- 
- Kadar aspal pada VIM
 - Kadar aspal pada VMA
 - Kadar aspal pada VFA
 - Kadar aspal pada stabilitas
 - Kadar aspal pada *flow* 37
 - Kadar aspal pada *Marshall* Quotient (MQ).

3.16 Garis Besar Program Kerja (Flow Chart)



Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian (Flow Chart)

Sumber : Data Olahan (2023)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, hasil penelitian akan dianalisis berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian laboratorium. Pengujian Sifat Fisik Agregat, Pengujian Aspal, Kombinasi Gradasi Agregat, Pengujian Marshall (Tahap 1), Penentuan Kadar Aspal Ideal, Perhitungan Campuran Laston Dengan Bahan Aditif, dan Pengujian Marshall (Tahap 2) ialah semua contoh data yang dihasilkan dari penelitian ini.

4.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat

Metode pengujian untuk masing-masing agregat menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI), dan persyaratan mutu bahan sesuai dengan standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6.

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Kasar

Dengan pengujian di Laboratorium Universitas Batanghari Kota Jambi hasil dari pengujian batu 1-2 dan batu 0.5 menunjukkan sifat fisik agregat kasar.

a. Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pengujian terhadap berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI yang dilakukan sebanyak 2 kali pada masing – masing agregat kasar. Dari hasil rata-rata pengujian berat jenis terlihat agregat telah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan 2.5 gr

b. Pengujian Berat Isi

didapatkan hasil pengujian Berat isi agregat kasar berdasarkan metode pengujian SNI SNI 03-4804-1997 memiliki berat lepas 1.30 dan berat padat 1.40

4.1.2. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Agregat Halus

Dengan pengujian di Laboratorium Universitas Batanghari Kota Jambi hasil dari pengujian Pasir dan Abu Batu menunjukkan sifat fisik agregat halus.

b. Pengujian Berat Jenis Agregat halus

Pengujian terhadap berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan SNI yang dilakukan sebanyak 2 kali pada masing – masing agregat halus. Dari hasil rata-rata pengujian berat jenis terlihat agregat telah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan 2.5 gr

b. Pengujian Berat Isi

didapatkan hasil pengujian Berat isi agregat halus berdasarkan metode pengujian SNI SNI 03-4804-1997 memiliki berat lepas 1.48 dan berat padat 1.66.

4.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Aspal

Sifat fisik aspal penetrasi 60/70 yang memenuhi standar pengujian sesuai SNI dan persyaratan mutu Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 telah diperiksa. Hasil pemeriksaan dapat dilihat pada Tabel 4.4, dan hasil lengkap dapat ditemukan pada lampiran.

Tabel 4.1 Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

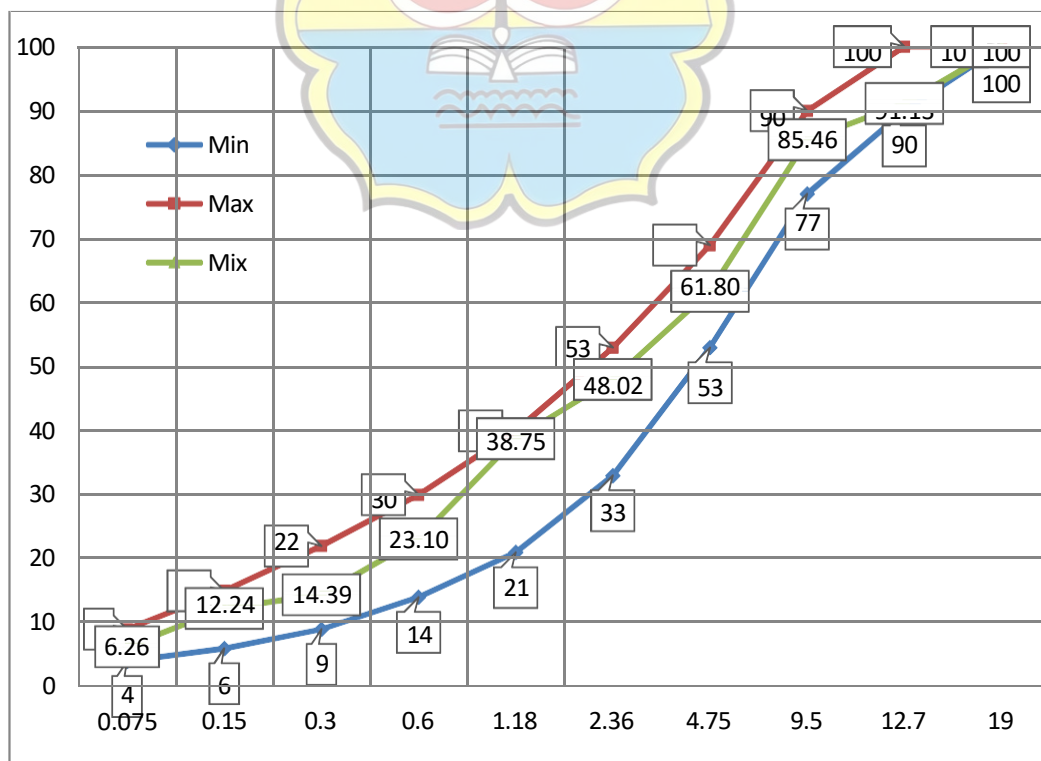
No	Jenis Pengujian	Rata-Rata Hasil Uji	Syarat Mutu	Metode Uji/ Standar
1	Berat jenis	1.01	Min 1	SNI 06-2441-1991

No	Jenis Pengujian	Rata-Rata Hasil Uji	Syarat Mutu	Metode Uji/ Standar
2	Penetrasi; 25°C, 100 gr, 5 detik sebelum TFOT	64.10	60-70	SNI 06-2456-2011
3	Penetrasi; 25°C, 100 gr, 5 detik sesudah TFOT	63.12	60-70	SNI 06-2456-2011
4	Penetrasi setelah penurunan berat	98.48	Min 54%	SNI 06-2456-2011

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

4.3 Gradasi Agregat Gabungan

Sebagai hasil dari pengujian saringan agregat kasar, halus, dan filler yang digabungkan, rancangan gradasi agregat gabungan dibuat berdasarkan Standar komposisi campuran Laston pada Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2.



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

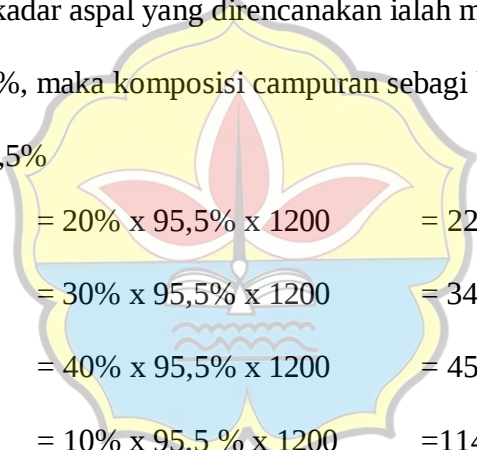
Terlihat pada gambar 4.1 diatas bahwa gradasi agregat gabungan yang digunakan berada di antara ambang batas maksimum dan minimum. Artinya agregat dapat digunakan untuk proses pengujian selanjutnya.

Komposisi total berikut dihasilkan dari perhitungan campuran sebelumnya:

1. Batu 1-2 = 20%
2. Batu 0,5 - 1 = 30%
3. Abu batu = 40%
4. Pasir = 10%

Berdasarkan kadar aspal yang direncanakan ialah mulai dari 4,5% hingga 7% dengan interval 0,5%, maka komposisi campuran sebagai berikut:

1) Kadar aspal 4,5%



Batu 1-2	= 20% x 95,5% x 1200	= 229,20	g
Batu 0,5 - 1	= 30% x 95,5% x 1200	= 343,80	g
Abu batu	= 40% x 95,5% x 1200	= 458,40	g
Pasir	= 10% x 95,5 % x 1200	= 114,60	g
Aspal	= 4,5% x 1200	= 54	g
Total		= 1200	g

Perhitungan diatas ialah hasil dari combine agregat 20% Batu 1-2 , 30% Batu 0,5-1, 40% Abu Batu , 10% pasir di kali dengan rentang 0,5 ialah 95,5% (4,5), kemudian di kali 1200.

2) Kadar aspal 5%

$$\text{Batu 1-2} = 20\% \times 95\% \times 1200 = 228 \text{ g}$$

$$\text{Batu 0,5 - 1} = 30\% \times 95\% \times 1200 = 342 \text{ g}$$

Abu batu	= 40% x 95% x 1200	= 456	g
Pasir	= 10% x 95 % x 1200	=114	g
Aspal	= 5% x 1200	= 60	g
Total	= 1200	g	

Perhitungan diatas ialah hasil dari combine agregrat 20% Batu 1-2 , 30% Batu 0,5-1, 40% Abu Batu , 10% pasir di kali dengan rentang 0,5 ialah 95% (5), kemudian di kali 1200.

3) Kadar Aspal 5,5%

Batu 1-2	= 20% x 94,5% x 1200	= 226,80	g
Batu 0.5 - 1	= 30% x 94,5% x 1200	= 340,20	g
Abu batu	= 40% x 94,5% x 1200	= 453,60	g
Pasir	= 10% x 94,5 % x 1200	=113,40	g
Aspal	= 5,5% x 1200	= 66	g
Total		= 1200	g

Perhitungan diatas ialah hasil dari combine agregrat 20% Batu 1-2 , 30% Batu 0,5-1, 40% Abu Batu , 10% pasir di kali dengan rentang 0,5 ialah 94,5% (5,5), kemudian di kali 1200.

4) Kadar Aspal 6%

Batu 1-2	= 20% x 94% x 1200	= 225,60	g
Batu 0.5 - 1	= 30% x 94% x 1200	= 338,40	g
Abu batu	= 40% x 94% x 1200	= 451,20	g
Pasir	= 10% x 94 % x 1200	= 112,80	g
Aspal	= 6% x 1200	= 72	g

$$\text{Total} = 1200 \quad \text{g}$$

Perhitungan diatas ialah hasil dari combine agregrat 20% Batu 1-2 , 30% Batu 0,5-1, 40% Abu Batu , 10% pasir di kali dengan rentang 0.5 ialah 94% (6), kemudian di kali 1200.

5. Kadar Aspal 6,5%

$$\text{Batu 1-2} = 20\% \times 93,5\% \times 1200 = 224,40 \quad \text{g}$$

$$\text{Batu 0.5 - 1} = 30\% \times 93,5\% \times 1200 = 336,60 \quad \text{g}$$

$$\text{Abu batu} = 40\% \times 93,5\% \times 1200 = 448,80 \quad \text{g}$$

$$\text{Pasir} = 10\% \times 93,5\% \times 1200 = 112,20 \quad \text{g}$$

$$\text{Aspal} = 6,5\% \times 1200 = 78 \quad \text{g}$$

$$\text{Total} = 1200 \quad \text{g}$$

Perhitungan diatas ialah hasil dari combine agregrat 20% Batu 1-2 , 30% Batu 0,5-1, 40% Abu Batu , 10% pasir di kali dengan rentang 0,5 ialah 93,5% (6,5), kemudian di kali 1200.

6. Kadar Aspal 7%

$$\text{Batu 1-2} = 20\% \times 93\% \times 1200 = 223,20 \quad \text{g}$$

$$\text{Batu 0.5 - 1} = 30\% \times 93\% \times 1200 = 334,80 \quad \text{g}$$

$$\text{Abu batu} = 40\% \times 93\% \times 1200 = 446,40 \quad \text{g}$$

$$\text{Pasir} = 10\% \times 93\% \times 1200 = 111,60 \quad \text{g}$$

$$\text{Aspal} = 7\% \times 1200 = 84 \quad \text{g}$$

$$\text{Total} = 1200 \quad \text{g}$$

Perhitungan diatas ialah hasil dari combine agregrat 20% Batu 1-2 , 30% Batu 0,5-1, 40% Abu Batu , 10% pasir di kali dengan rentang 0,5 ialah 93% (7),

kemudian di kali 1200.

4.4 Pengujian Marshall Standart Tahap I

Nilai karakteristik Marshall berdasarkan pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan ialah sebagai berikut:

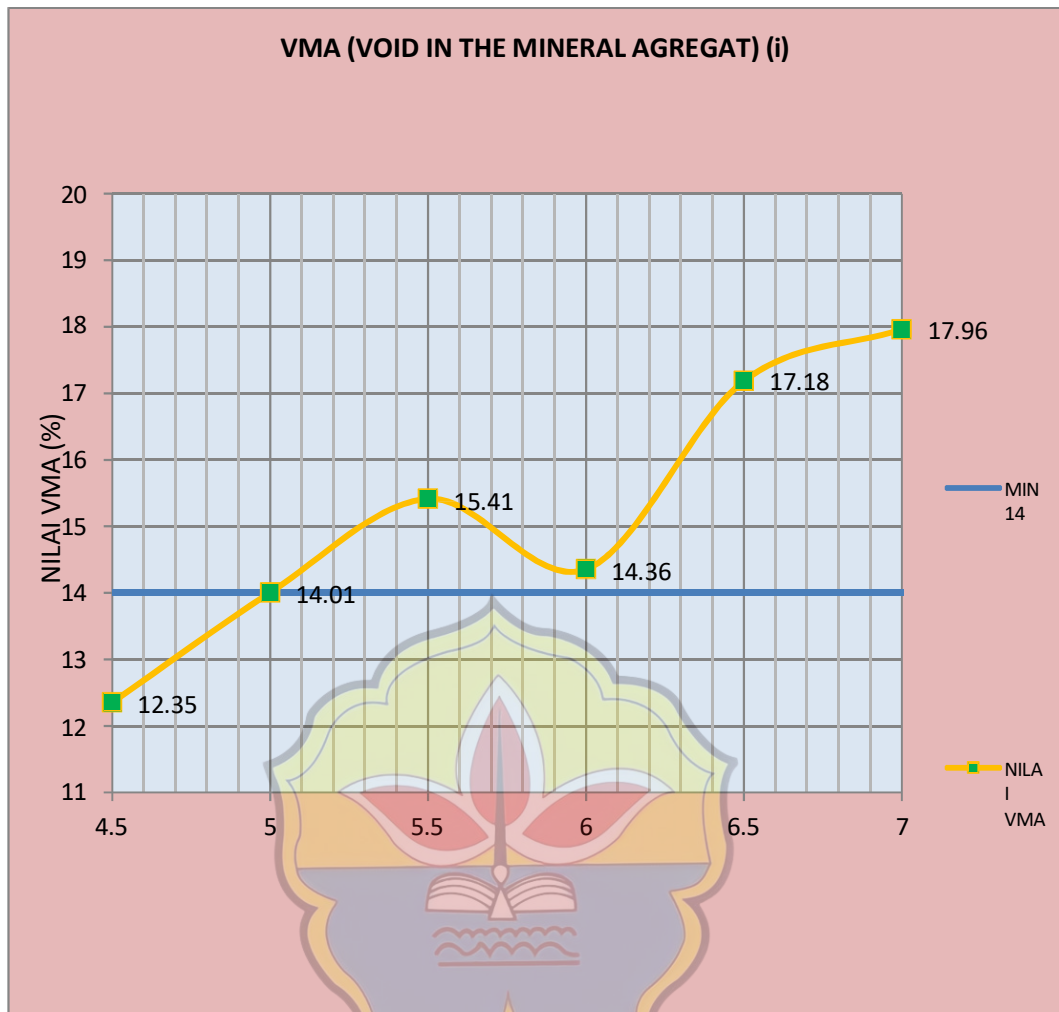
Tabel 4.2 Pengujian Marshall Standar

No	Karakteristik Marshall	Syarat	Pengujian Marshall Standar					
			Variasi Kadar Aspal (%)					
			4,5	5	5,5	6	6,5	7
1	Berat isi	-	2,37	2,33	2,31	2,35	2,28	2,27
2	VMA (%)	Min.14	12,35	14,01	15,41	14,36	17,18	17,96
3	VIM (%)	3-5	2,77	2,97	3,82	4,31	3,49	3,21
4	VFA (%)	Min.65%	77,56	78,79	75,20	69,98	79,69	82,11
5	Stabilitas marshall	Min.800	1013,29	936,46	920,33	1026,32	765,30	773,78
6	Flow (mm)	2-4	3.14	3,03	3,27	3,10	2,70	2,53

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

Tabel di atas menunjukkan nilai karakteristik campuran Marshall standar tanpa bahan campuran; ada kemungkinan bahwa kadar aspal tertentu tidak memenuhi persyaratan campuran Marshall Laston yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Revisi 2 Divisi 6. Berbagai sifat Campuran Laston (Standar) di visualisasikan dengan grafik pada Gambar 4.2 Hingga Gambar 4.6.

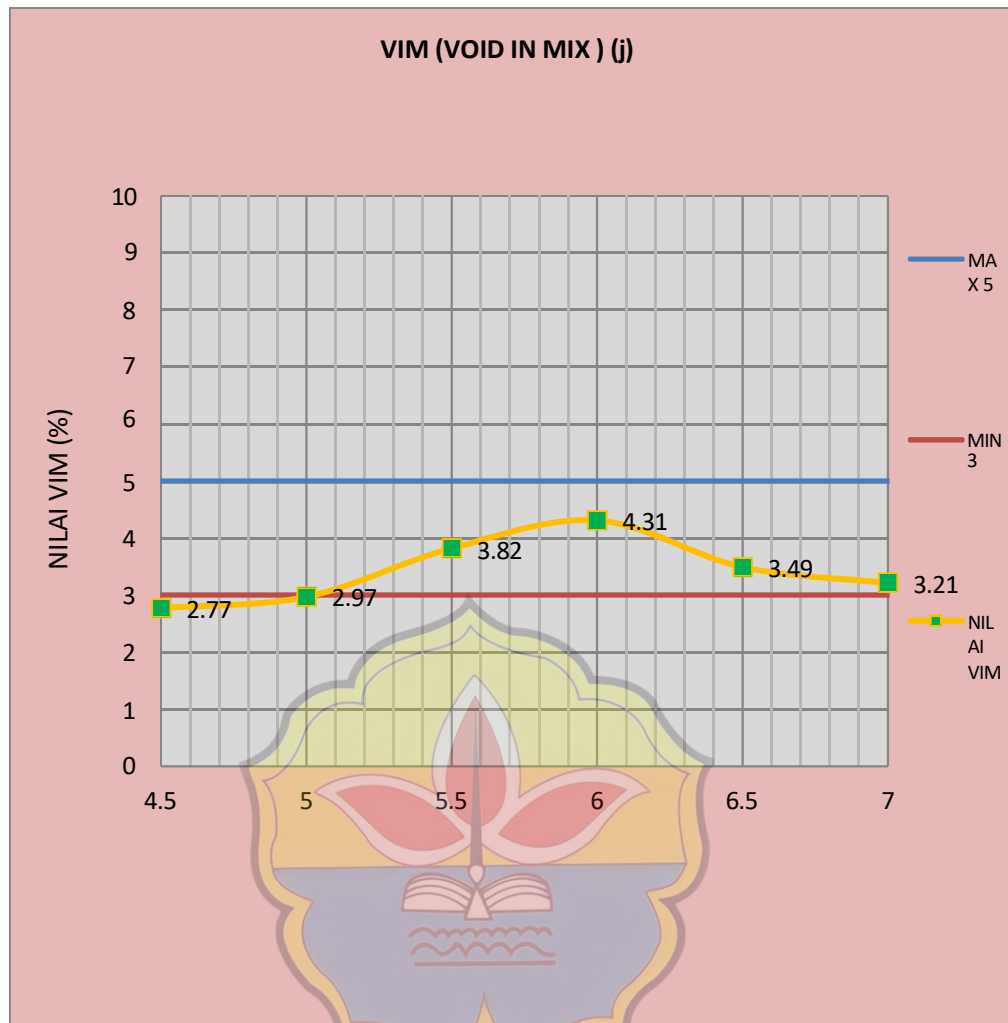


Gambar 4.2 Hubungan Kadar Aspal Dengan VMA

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

VMA (*Void in Mineral Agregat*) ialah rongga udara yang ada di antara mineral agregat dalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan, bersama dengan ruang yang terisi aspal, disebut sebagai VMA.

Nilai VMA 4,5% hingga 5% kadar aspal tidak memenuhi spesifikasi karena nilainya di bawah batas minimum 4,9 namun, nilai VMA 5–7% kadar aspal memenuhi spesifikasi.

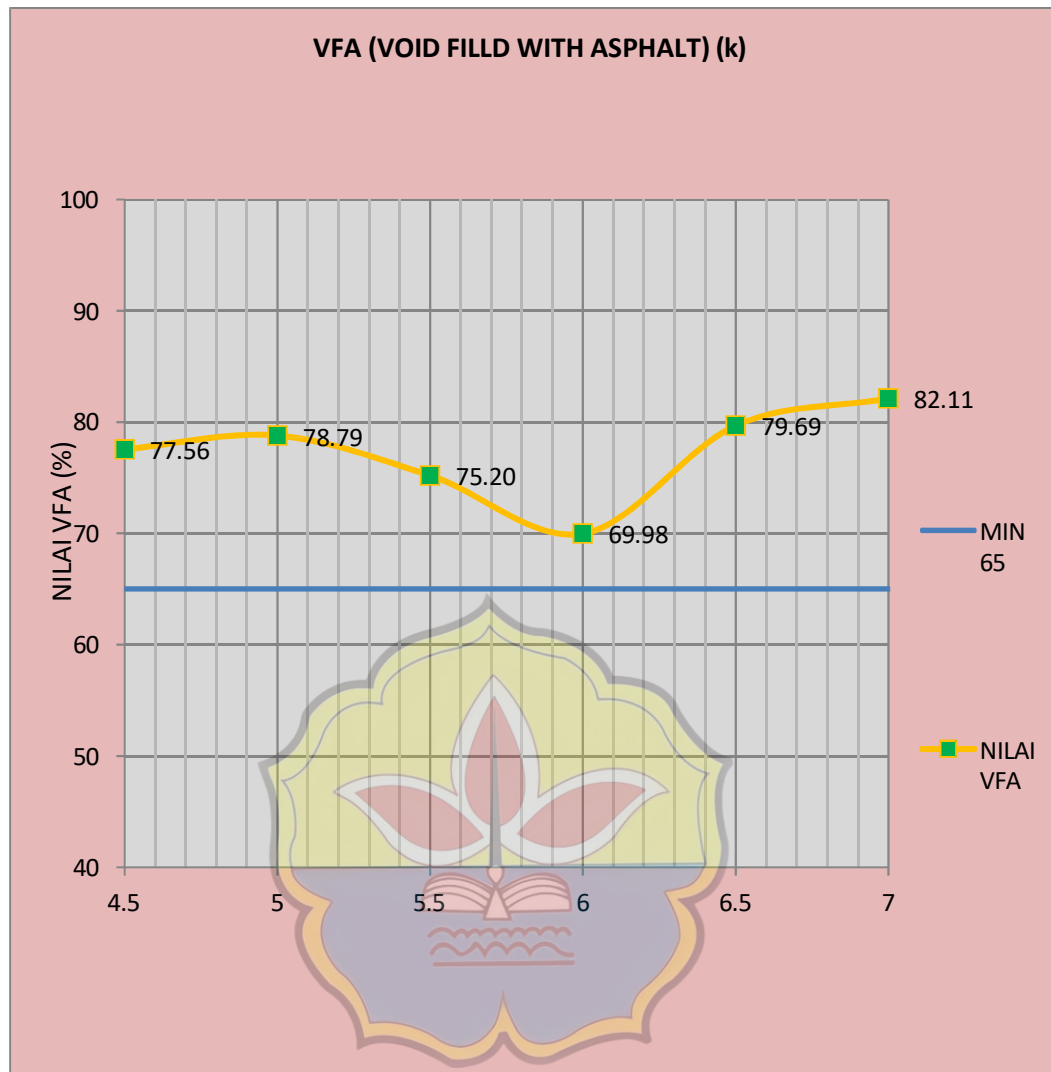


Gambar 4.3 Hubungan Kadar Aspal Dengan VIM

Sumber: Hasil Olahan di Laboratorium, 2024

VIM (*Void in The Mix*) ialah banyaknya rongga udara dalam campuran beraspal panas. Nilai VIM memengaruhi banyaknya kadar aspal: semakin tinggi nilai VIM, semakin banyak rongga yang terisi oleh aspal.

Nilai VIM 4,5% hingga 5% kadar aspal tidak memenuhi spesifikasi, karena nilainya di bawah batas minimum 3, tetapi nilai VIM 5–7% kadar aspal memenuhi spesifikasi.

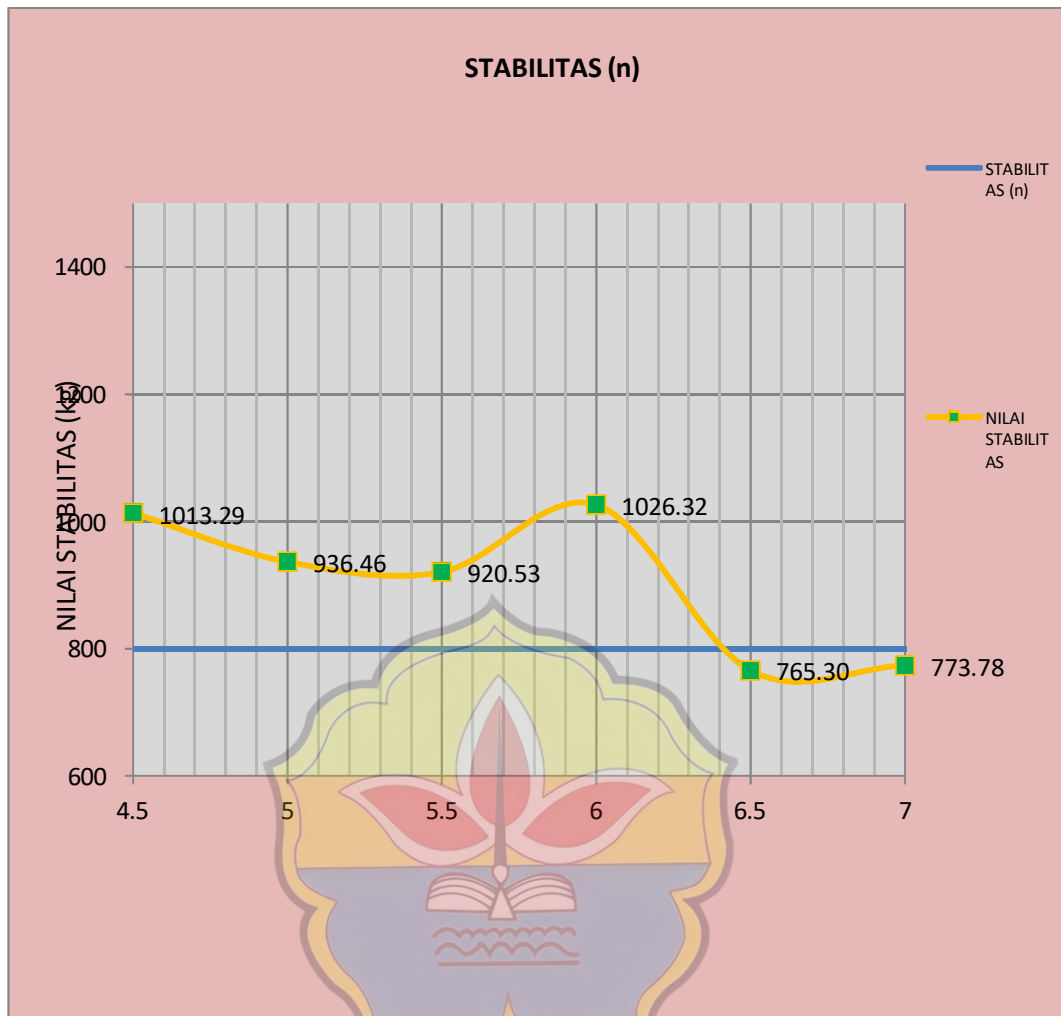


Gambar 4. 4 Hubungan Kadar Aspal Dengan VFA

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

Void Filled Asphalt (VFA) ialah Rongga udara yang mampu terisi oleh aspal. Nilai VFA menunjukkan keawetan campuran aspal; nilai VFA yang lebih tinggi menunjukkan nilai VIM yang lebih rendah, karena rongga campuran semakin terisi oleh aspal.

Nilai VFA pada kadar aspal 4.5% hingga 7% memenuhi spesifikasi, seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas.



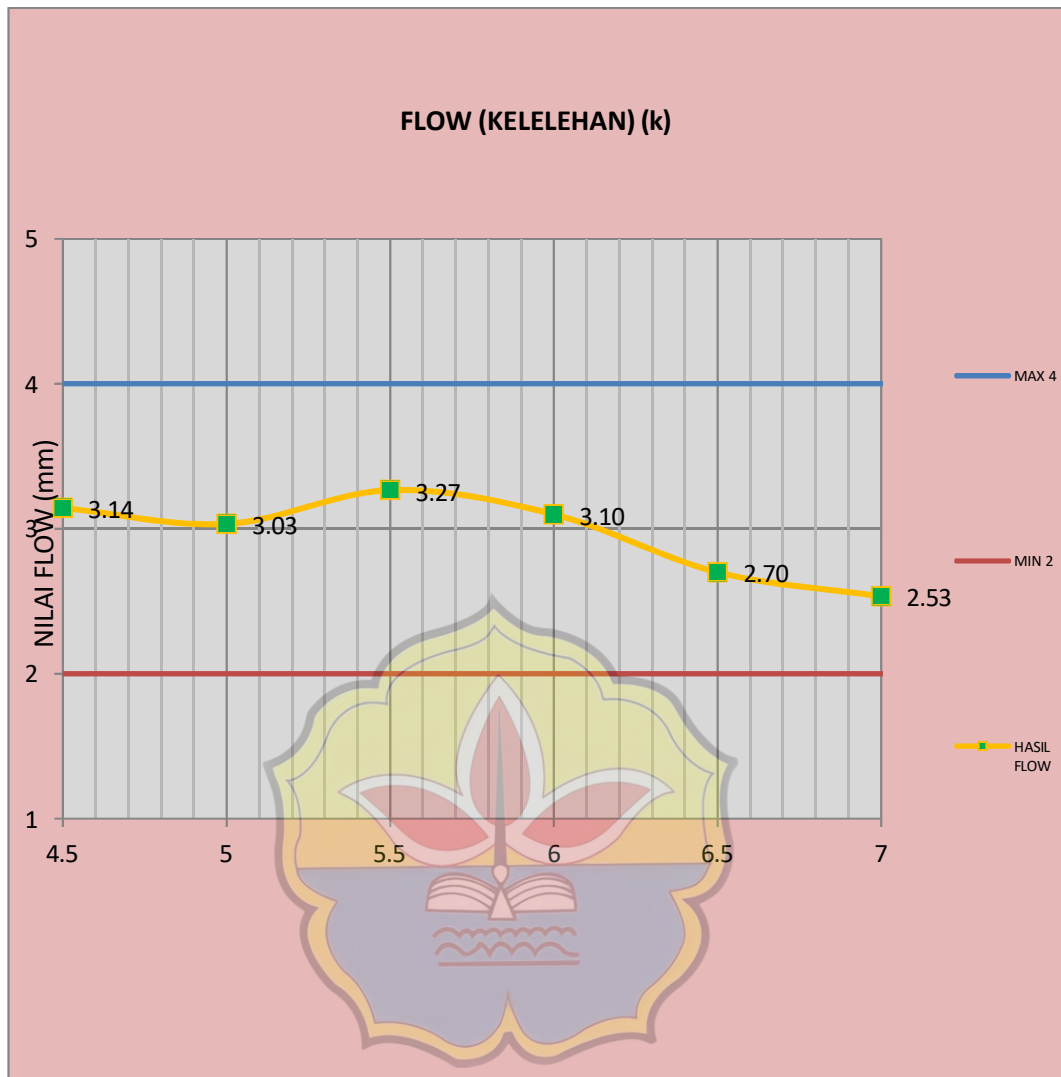
Gambar 4. 5 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Stabilitas

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

Stabilitas ialah besarnya beban tertinggi yang dapat ditanggung oleh bahan penyusun campuran beraspal panas, yang diukur dalam satuan beban. Stabilitas lapis perkerasan menunjukkan kapasitasnya untuk menahan beban lalu lintas.

Agregat yang bergradasi baik, rapat, dan memiliki rongga antar butiran agregat (VMA) yang kecil sangat penting untuk stabilitas yang tinggi.

Terlihat pada grafik bahwa nilai kadar aspal mulai dari 4,5% hingga 7% semua kadar melebihi angka 800 dimana seluruhnya memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6.



Gambar 4.6 Hubungan Kadar Aspal dengan Nilai Flow

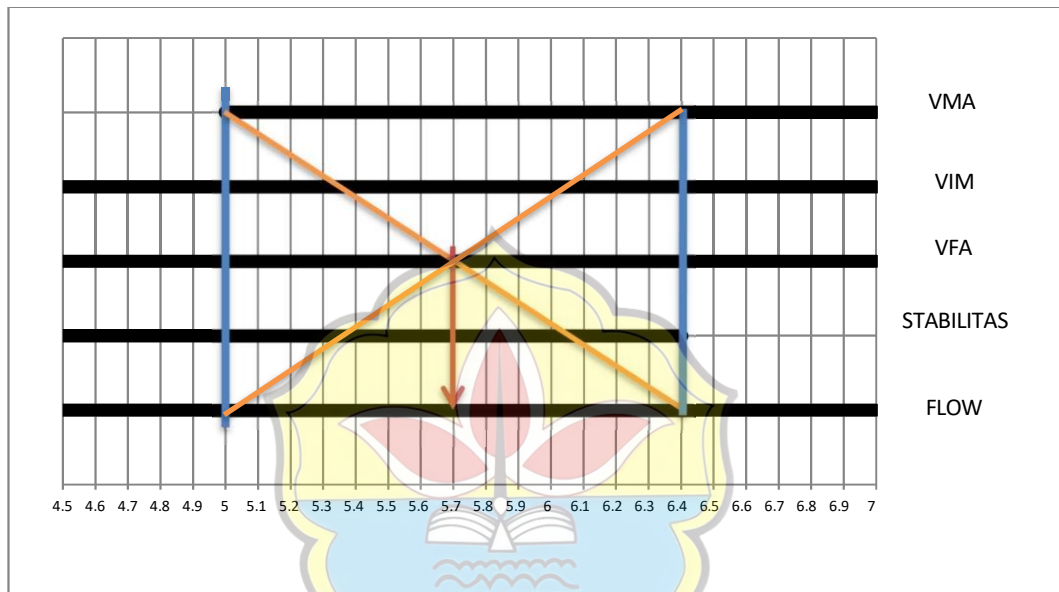
Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

Kelelehan (*flow*) ialah besarnya penurunan benda uji dalam campuran aspal hingga batas runtuh tertentu yang ditunjukkan dalam aspal; aliran menunjukkan kekuatan campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas.

Menurut grafik di atas, nilai aliran pada tes ini memenuhi persyaratan dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6, yaitu batas minimum 2 dan batas maksimum 4.

4.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal yang ideal harus sesuai dengan nilai yang ditunjukkan pada gambar 4.2 hingga 4.6. Untuk tujuan ini, kadar aspal yang paling cocok dapat dilihat dari seluruh parameter *Marshall* yang diminta, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.7 di bawah ini.



Gambar 4.7 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

Gambar 4.7 di atas menunjukkan bahwa kadar aspal yang memenuhi Parameter *Marshall* Campuran Laston standar menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 berada dalam rentang 5% hingga 6,4 persen.

Nilai tengah rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan tingkat kadar aspal yang ideal untuk penelitian ini:

$$KAO = \frac{(5\% + 6,4\%)}{2} = 5,7\%$$

4.6 Komposisi Campuran Laston Dengan Bahan Tambah Arang Kayu

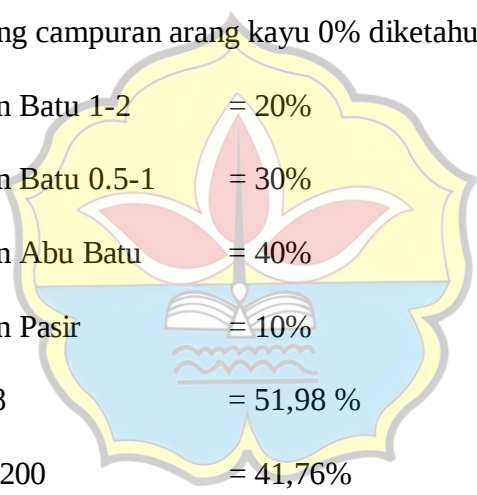
Penambahan bahan tambah arang kayu ialah persentase terhadap berat kadar aspal ideal. Karena kadar aspal ideal ialah 5,7%, berat masing-masing persentase, yaitu berat aspal terhadap campuran, diperoleh

$$= 5,7\% \times 1200 \text{ gram} = 68,4 \text{ gram.}$$

Untuk penambahan bahan tambah arang kayu pada campuran laston mampu dilihat pada dibawah ini.

1. Kadar Arang Kayu 0 %

Untuk menghitung campuran arang kayu 0% diketahui sebagai berikut :



Persen Campuran Batu 1-2	= 20%
Persen Campuran Batu 0.5-1	= 30%
Persen Campuran Abu Batu	= 40%
Persen Campuran Pasir	= 10%
Ca = 100 – No 8	= 51,98 %
Ka = No 8 – No 200	= 41,76%
FF = No 200	= 6,26 %
Perkiraan Bitumen	= 5,7 %

100

1200

Batu 1-2	= ((20% x (100 – 5,7) : 100) x 1200)	= 226,32 g
Batu 0.5-1	= ((30% x (100 – 5,7) : 100) x 1200)	= 339,48 g
Abu Batu	= ((40% x (100 – 5,7) : 100) x 1200)	= 452,64 g
Pasir	= ((10% x (100 – 5,7) : 100) x 1200)	= 113,16 g

Total = 1131,60 g

<u>Hasil</u>	<u>Kumulatif</u>
Ca = 51,98% x 1131,60 = 588,21	588,21 g
Fa = 41,76% x 1131,60 = 472,56	1060,76 g
FF = 6,26% x 1131,60 = 70,838	1131,60 g
Aspal = 1200 - 1131,60 = 68,40 g	
Total = 1131,60 + 68,40 g	= 1200 g

Untuk perhitungan kadar arang kayu 0 % hasil dari perhitungan % perkiraan bitumen 5,7 dengan nilai Batu 1-2 226,32 g. Batu 0,5-1 339,48 g Abu batu 452,64 g dan Pasir 113,16 g. lalu di koreksi kembali dengan rumus Ca Ka FF dimana nilai Ca hasil dari (100 – Combine saringan no 8 48,02 g) 51,98% . nilai Ka (Combine saringan no 8 – no 200) 41,76 % dan nilai FF dari nilai combine saringan no 200. Kemudian nilai Ca , Ka dan FF di kali dengan hasil total % perkiraan bitumen, lalu untuk mencari nilai aspal hasil dari 1200 dikurang dengan total perjumlahan komulatif.

2. Kadar Arang Kayu 1%

Untuk menghitung campuran arang kayu 1 % diketahui sebagai berikut :

Persen Campuran Batu 1-2	= 20%
Persen Campuran Batu 0,5-1	= 30%
Persen Campuran Abu Batu	= 40%
Persen Campuran Pasir	= 10%
Arang Kayu	= 1%
Ca = 100 – No 8	= 51,98 %

$$K_a = \text{No 8} - \text{No 200} = 41,76\%$$

$$FF = \text{No 200} = 6,26 \%$$

$$\% \text{ Perkiraan Bitumen} = 5,7 \%$$

100

1200

$$\text{Batu 1-2} = ((20\% \times (100 - 5,7) : 100) \times 1200) = 226,32 \text{ g}$$

$$\text{Batu 0.5-1} = ((30\% \times (100 - 5,7) : 100) \times 1200) = 339,48 \text{ g}$$

$$\text{Abu Batu} = ((40\% \times (100 - 5,7) : 100) \times 1200) = 452,64 \text{ g}$$

$$\text{Pasir} = ((10\% \times (100 - 5,7) : 100) \times 1200) = 113,16 \text{ g}$$

$$\text{Total} = 1131,60 \text{ g}$$

<u>Hasil</u>	<u>Kumulatif</u>
$\text{Ca} = 51,98\% \times 1131,60 = 588,21 \text{ g}$	588,21 g
$\text{Fa} = 41,76\% \times 1131,60 = 472,56 \text{ g}$	1060,76 g
$\text{FF} = 6,26\% \times 1131,60 = 70,838 \text{ g}$	1131,60 g
$\text{Arang Kayu} = 70,838 \times 1\% = 0,708 \text{ g}$	1132,31 g
$\text{Aspal} = 1200 - 1132,31 = 67,69 \text{ g}$	
$\text{Total} = 1132,31 + 67,69 \text{ g} = 1200 \text{ g}$	

Untuk perhitungan kadar arang kayu 1 % hasil dari perhitungan % perkiraan bitumen 5,7 dengan nilai Batu 1-2 226,32 g. Batu 0,5-1 339,48 g Abu batu 452,64 g dan Pasir 113,16 g. lalu di koreksi kembali dengan rumus Ca Ka FF dimana nilai Ca hasil dari (100 – Combine saringan no 8 48,02 g) 51,98% . nilai Ka (Combine saringan no 8 – no 200) 41,76 % dan nilai FF dari nilai combine saringan no 200. Kemudian nilai Ca , Ka dan FF di kali dengan hasil total % perkiraan bitumen. Dan

untuk menghitung 1% arang kayu yaitu 1% dari nilai ff 70,838 dengan hasil 0,708 g. lalu untuk mencari nilai aspal hasil dari 1200 dikurang dengan total perjumlahan komulatif.

3. Kadar Arang Kayu 1,5%

Untuk menghitung campuran arang kayu 1,5 % diketahui sebagai berikut:

Persen Campuran Batu 1-2 = 20%

Persen Campuran Batu 0,5-1 = 30%

Persen Campuran Abu Batu = 40%

Persen Campuran Pasir = 10%

Arang Kayu = 1,5%

Ca = 100 – No 8 = 51,98 %

Ka = No 8 – No 200 = 41,76%

FF = No 200 = 6,26 %

% Perkiraan Bitumen = 5,7 %

100

1200

Batu 1-2 = ((20% x (100 – 5,7) : 100) x 1200) = 226,32 g

Batu 0.5-1 = ((30% x (100 – 5,7) : 100) x 1200) = 339,48 g

Abu Batu = ((40% x (100 – 5,7) : 100) x 1200) = 452,64 g

Pasir = ((10% x (100 – 5,7) : 100) x 1200) = 113,16 g

Total = 1131,60 g

Hasil

Komulatif

Ca = 51,98% x 1131,60 = 588,21 g

588,21 g

$$\begin{aligned}
 Fa &= 41,76\% \times 1131,60 = 472,56 \text{ g} & 1060,76 \text{ g} \\
 FF &= 6,26\% \times 1131,60 = 70,838 \text{ g} & 1131,60 \text{ g} \\
 \text{Arang Kayu} &= 70,838 \times 1,5\% = 1,063 \text{ g} & 1132,66 \text{ g} \\
 \text{Aspal} &= 1200 - 1132,66 = 67,33 \text{ g} \\
 \text{Total} &= 1132,66 + 67,33 \text{ g} & = 1200 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kadar arang kayu 1,5% hasil dari perhitungan % perkiraan bitumen 5,7 dengan nilai Batu 1-2 226,32 g. Batu 0,5-1 339,48 g Abu batu 452,64 g dan Pasir 113,16 g. lalu di koreksi kembali dengan rumus Ca Ka FF dimana nilai Ca hasil dari (100 – Combine saringan no 8 48,02 g) 51,98% . nilai Ka (Combine saringan no 8 – no 200) 41,76 % dan nilai FF dari nilai combine saringan no 200. Kemudian nilai Ca , Ka dan FF di kali dengan hasil total % perkiraan bitumen. Dan untuk menghitung 1,5% arang kayu yaitu 1,5% dari nilai ff 70,838 dengan hasil 1,063 g. Lalu untuk mencari nilai aspal hasil dari 1200 dikurang dengan total perjumlahan komulatif.

4. Kadar Arang Kayu 2%

Untuk menghitung campuran arang kayu 2 % diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Persen Campuran Batu 1-2} &= 20\% \\
 \text{Persen Campuran Batu 0,5-1} &= 30\% \\
 \text{Persen Campuran Abu Batu} &= 40\% \\
 \text{Persen Campuran Pasir} &= 10\% \\
 \text{Arang Kayu} &= 1,5\% \\
 \text{Ca} &= 100 - \text{No 8} &= 51,98 \% \\
 \text{Ka} &= \text{No 8} - \text{No 200} &= 41,76\%
 \end{aligned}$$

$$\text{FF} = \text{No 200} = 6,26 \%$$

$$\% \text{ Perkiraan Bitumen} = 5,7 \%$$

100

1200

$$\text{Batu 1-2} = ((20\% \times (100 - 5,7) : 100) \times 1200) = 226,32 \text{ g}$$

$$\text{Batu 0.5-1} = ((30\% \times (100 - 5,7) : 100) \times 1200) = 33,48 \text{ g}$$

$$\text{Abu Batu} = ((40\% \times (100 - 5,7) : 100) \times 1200) = 452,64 \text{ g}$$

$$\text{Pasir} = ((10\% \times (100 - 5,7) : 100) \times 1200) = 113,16 \text{ g}$$

$$\text{Total} = 1131,60 \text{ g}$$

<u>Hasil</u>	<u>Kumulatif</u>
Ca = 51,98% x 1131,60 = 588.21 g	588,21 g
Fa = 41,76% x 1131,60 = 472.56 g	1060,76 g
FF = 6,26% x 1131,60 = 70.838 g	1131,60 g
Arang Kayu = 70.838 x 2% = 1.417 g	1133,02 g
Aspal = 1200 – 1133,02	= 66,98 g
Total = 1133.02 + 66,98 g	= 1200 g

Untuk perhitungan kadar arang kayu 2 % hasil dari perhitungan % perkiraan bitumen 5.7 dengan nilai Batu 1-2 226,32 g. Batu 0,5-1 339,48 g Abu batu 452,64 g dan Pasir 113,16 g. lalu di koreksi kembali dengan rumus Ca Ka FF dimana nilai Ca hasil dari (100 – Combine saringan no 8 48,02 g) 51,98% . nilai Ka (Combine saringan no 8 – no 200) 41,76 % dan nilai FF dari nilai combine saringan no 200. Kemudian nilai Ca , Ka dan FF di kali dengan hasil total % perkiraan bitumen. Dan untuk menghitung 2% arang kayu yaitu 2% dari nilai ff 70,838 dengan hasil 1417

g. Lalu untuk mencari nilai aspal hasil dari 1200 dikurang dengan total perjumlahan komulatif.

5. Kadar Arang Kayu 2,5%

Untuk menghitung campuran arang kayu 2,5 % diketahui sebagai berikut:

Persen Campuran Batu 1-2 = 20%

Persen Campuran Batu 0,5-1 = 30%

Persen Campuran Abu Batu = 40%

Persen Campuran Pasir = 10%

Arang Kayu = 1,5%

Ca = 100 – No 8 = 51,98 %

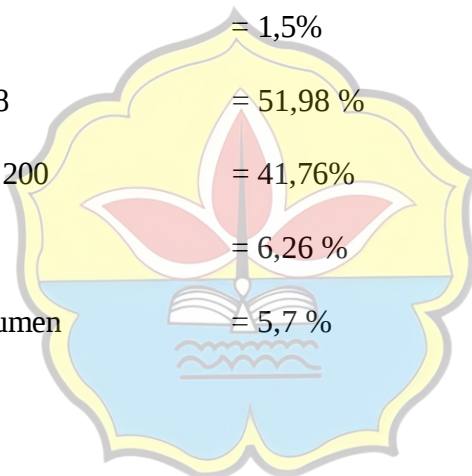
Ka = No 8 – No 200 = 41,76%

FF = No 200 = 6,26 %

% Perkiraan Bitumen = 5,7 %

100

1200



Batu 1-2 = ((20% x (100 – 5,7) : 100) x 1200) = 226,32 g

Batu 0.5-1 = ((30% x (100 – 5,7) : 100) x 1200) = 339,48 g

Abu Batu = ((40% x (100 – 5,7) : 100) x 1200) = 452,64 g

Pasir = ((10% x (100 – 5,7) : 100) x 1200) = 113,16 g

Total = 1131,60 g

	<u>Hasil</u>	<u>Kumulatif</u>
Ca =	51,98% x 1131,60 = 588,21	588,21 g
Fa =	41,76% x 1131,60 = 472,56	1060,76 g

$$\begin{aligned}
 \text{FF} &= 6,26\% \times 1131,60 = 70,838 && 1131,60 \text{ g} \\
 \text{Arang Kayu} &= 70,838 \times 2,5\% = 1,771 && 1133,37 \text{ g} \\
 \text{Aspal} &= 1200 - 1133,37 && = 66,62 \text{ g} \\
 \text{Total} &= 1133,37 + 66,62 \text{ g} && = 1200 \text{ g}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kadar arang kayu 2,5% hasil dari perhitungan % perkiraan bitumen 5,7 dengan nilai Batu 1-2 226,32 g. Batu 0,5-1 339,48 g Abu batu 452,64 g dan Pasir 113,16 g. lalu di koreksi kembali dengan rumus Ca Ka FF dimana nilai Ca hasil dari (100 – Combine saringan no 8 48,02 g) 51,98% . nilai Ka (Combine saringan no 8 – no 200) 41,76 % dan nilai FF dari nilai combine saringan no 200. Kemudian nilai Ca , Ka dan FF di kali dengan hasil total % perkiraan bitumen. Dan untuk menghitung 2,5% arang kayu yaitu 2,5% dari nilai ff 70,838 dengan hasil 1,771 g. Lalu untuk mencari nilai aspal hasil dari 1200 dikurang dengan total perjumlahan komulatif.

4.7 Pengujian Marshall Standart Dan Sisa Tahap II

Nilai-nilai karakterisasi Marshall ditemukan dari pengujian dan pemeriksaan yang dia lakukan, yaitu:

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Marshall Standart (Dengan Bahan Tambah Arang Kayu , Rendaman Dalam Air 30 Menit)

No	Karakteristik marshall	Syarat	Pengujian marshall				
			Variasi aditif dalam aspal (%)				
			0	1%	1.5%	2%	2.5%
1	Berat Isi	-	2,30	2,32	2,32	2,34	2,34
2	VMA (%)	Min 14	15,96	15,21	15,25	14,43	14,38
3	VIM (%)	3-5	3,97	3,12	3,15	2,22	2,16
4	VFA (%)	Min 63	75,13	79,56	79,45	84,62	85,00

No	Karakteristik marshall	Syarat	Pengujian marshall				
			Variasi aditif dalam aspal (%)				
			0	1%	1.5%	2%	2.5%
5	Stabilitas	Min 800	990,32	984.11	1042.58	1053,17	1153,12
6	Flow	Min 3	2,70	2,70	3,03	3,10	2,97

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Marshall Sisa (Dengan Bahan Tambah Arang Kayu , Rendaman Dalam Air 24 Jam)

No	Karakteristik marshall	Syarat	Pengujian marshall				
			Variasi aditif dalam aspal (%)				
			0	1%	1.5%	2%	2.5%
1	Berat Isi	-	2,30	2,31	2,31	2,33	2,34
2	VMA (%)	Min 14	15,96	15,34	15,33	14,58	14,45
3	VIM (%)	3-5	3,97	3,27	3,25	2,39	2,24
4	VFA (%)	Min 63	75,13	78,73	78,89	83,67	84,80
5	Stabilitas	Min 800	990,32	1052.34	943,28	972,25	1052,34
6	Flow	Min 3	2,70	3,13	3,13	2,83	3,10

Sumber: Hasil Data Olahan di Laboratorium, 2024

Nilai karaktersitik campuran Marshall Laston terhadap bahan campur arang kayu ditunjukkan dalam tabel di atas karakteristik campuran aspal berubah.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian tentang limbah arang kayu sebagai bahan tambahan *Filler* mencapai beberapa kesimpulan:

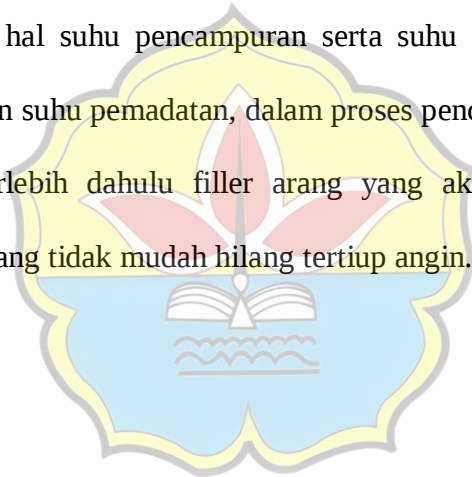
1. Pengujian *marshall* awal untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal sebesar 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 7%. Hasilnya menunjukkan bahwa seluruh karakteristik *marshall* memenuhi persyaratan tersebut berada dalam rentang 5% hingga 6,4%. Nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi persyaratan tersebut ialah 5,7%.
2. Pengujian *Marshall* selanjutnya menggunakan variasi aditif 0%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5%. Dalam pengujian dengan bahan tambahan, terjadi perubahan pada karakteristik *Marshall*, peningkatan kelenturan, dan keawetan. Nilai stabilitas sisa variasi 0% ialah 91,09%, variasi 1% naik menjadi 91,52%, variasi 1,5% menjadi 91,67%, dan variasi 2% turun menjadi 90,27%, dan variasi 2,5% turun menjadi 89,11%. Dari seluruh kadar campuran Arang dalam aspal yang memiliki tingkat stabilitas sisa yang bagus terletak pada kadar campuran 1,5%. Maka diambil nilai stabilitas sisa yang tertinggi yaitu terletak pada kadar aditif 1,5%, Nilai stabilitas sisa tertinggi terletak pada kadar aditif 1,5% dari seluruh kadar arang aspal.
3. Pada komposisi campuran arang kayu yang paling ideal pada kadar 1% dan 1,5%. Kadar campuran arang 2% dan 2,5% tidak memenuhi nilai VIM, hal ini dikarenakan *filler* arang mengisi rongga-rongga pada benda uji mengakibatkan

aspal tidak bisa mengisi rongga-rongga yang ada pada lapisannya.

5.2 Saran

Setelah penelitian tentang penggunaan *filler* arang kayu pada lapisan AC-WC, rekomendasi berikut dapat diberikan:

1. Perlu adanya penelitian yang lebih lanjut terkait metode dalam pencampuran maupun pengujian aspal dan arang, agar mengetahui lebih dalam terhadap adhesi dan kohesi antara aspal dan arang.
2. Dalam pengaplikasian di lapangan perlu adanya pengawasan yang khusus terutama dalam hal suhu pencampuran serta suhu pemadatan, dalam proses pencampuran dan suhu pemadatan, dalam proses pencampuran arang sebaiknya dicampurkan terlebih dahulu filler arang yang akan dipakai dengan aspal material filler arang tidak mudah hilang tertiup angin.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1990. *Standar Nasional Indonesia 03-1968-1990 Tentang Metode Pengujian Analisisi Saringan Agregat Halus dan Kasar.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1990. *Standar Nasional Indonesia 03-1969-1990 Tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1990. *Standar Nasional Indonesia 03-1970-1990 Tentang Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1991. *Standar Nasional Indonesia 03-2417-1991 Tentang Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1991. *Standar Nasional Indonesia 06-2456-1991 Tentang Metode Pengujian Penetrasi Bahan-bahan Bitumen.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1991. *Standar Nasional Indonesia 06-2441-1991 Tentang Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Padat.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1991. *Standar Nasional Indonesia 06-2489-1991 Tentang Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1997. *Standar Nasional Indonesia 03-4428-1997 Tentang Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir yang Mengandung Bahan Plastis dengan Cara Setara Pasir.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1998. *Standar Nasional Indonesia 03-4804-1998 Tentang Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2002. *Standar Nasional Indonesia 03-6877-2002 Tentang Metode Pengujian Kadar Rongga Agregat Halus yang Tidak Dipadatkan.*
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2002. *Standar Nasional Indonesia 03-6893-*

2002 Tentang Metode Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal.

Departemen Pekerjaan Umum. Direktorat Jendral Bina Marga.2010. *Spesifikasi Teknis Divisi 6 (Revisi3)*.

Departemen Pekerjaan Umum. Direktorat Jendral Bina Marga.2018. *Spesifikasi Umum Divisi 6 (Revisi2)*.

HAKIM, N. M. I. (2019). *PENGARUH FILLER SERBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA TERHADAP CAMPURAN LASTON AC-WC DENGAN TAMBAHAN LIMBAH BOTOL PLASTIK PADA ASPAL PEN 60/70 MENGGUNAKAN SISTEM WARM MIX DENGAN METODE UJI MARSHALL & WHEEL TRACKING* (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta).

Jurnal Smartek. 2016. *Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara*. Palu. Staf Pengajar Teknik Sipil Universitas Tadulo.

Naufal, A. Y. (2022). *Durabilitas Campuran AC-WC Berbasis RAP Menggunakan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal*.

Nisumanti, S., & Yusuf, M. (2019). Pengaruh Arang Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Pengganti Filler Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Tekno Global*, 8(2).

Rohman, M. F., Hasanuddin, A., & Wicaksono, L. A. (2020). Penggunaan Filler Arang Kayu Pada Aspal Laston Dan Aspal Laston. *JURNAL SIMETRIK*, 10(2), 368-371.

SNI.06-2489-1991.*Metode Pengujian Campuran Aspal Dengan Alat Marshall*. Jakarta.

Sukirman, Silvia. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas*;Edisi Pertama (September). Jakarta: Granit

LAMPIRAN

- Lampiran 1 Daftar Lampiran
- Lampiran 2 K3 Laboratorium (Safety Induction) Universitas Batanghari
- Lampiran 3 Pengujian Berat Jenis Aspal
- Lampiran 4 Pengujian Keausan Agregat Kasar (Los Angeles)
- Lampiran 6 Pengujian Penetrasi Aspal Sebelum TFOT
- Lampiran 9 Pengujian Berat Jenis Dan Peresapan
- Lampiran 12 Angka Kombinasi Stabilitas Lampiran 13 Hasil Percobaan Marshall
Standart
- Lampiran 14 Hasil Percobaan Marshall Campuran Arang Kayu 1%
- Lampiran 15 Hasil Percobaan Marshall Campuran Arang Kayu 1.5%
- Lampiran 17 Hasil Percobaan Marshall Campuran Arang Kayu 2%
- Lampiran 22 Hasil Percobaan Marshall Campuran Arang Kayu 2.5%
- Lampiran 24 Foto Dokumentasi
- Lampiran 25 Combine Agregat AC – WC
- Lampiran 26 Analisa Besar Butiran Agregat AC – WC
- Lampiran 28 Pengujian Berat isi
- Lampiran 46 Pengujian Agregat Abu Batu Yang Mengandung Bahan
Plastis
- Lampiran 47 Surat Keputusan
- Lampiran 51 Absen Lab
- Lampiran 52 Jurnal Kegiatan Lab .
- Lampiran 53 Lembar Asistensi



Gambar 1. Agregrat Kasar (Batu 1-2)



Gambar 2. Agregrat Kasar (Batu 0.5-1)



Gambar 3. Agregrat Halus Pasir



Gambar 4. Agregrat Halus Abu Batu



Gambar 5. Pengujian Berat Isi Lepas Batu 1-2



Gambar 6. Pengujian Berat Isi Padat Batu 1-2



Gambar 7. Pengujian Berat Isi Lepas Batu 0.5-1



Gambar 8. Pengujian Berat Isi Padat Batu 0.5-1



Gambar 9. Pengujian Berat Isi Lepas Abu Batu



Gambar 10. Pengujian Berat Isi Padat Abu Batu



Gambar 11. Pengujian Berat Isi Lepas Pasir



Gambar 12. Pengujian Berat Isi Padat Pasir



Gambar 13. Pengujian Berat Jenis Batu 1-2



Gambar 14.. Pengujian Berat Jenis Batu 0.5-1



Gambar 15. Pengujian Sand Equivalent Pasir



Gambar 16. Pengujian Sand Equivalent Abu Batu



Gambar 17. Pengujian Analisa Saringan



Gambar 18. Pengujian Analisa Saringan



Gambar 19. Pembuatan Briket Aspal



Gambar 20. Pembuatan Briket Aspal



Gambar 20. Pengujian Marshall Test



Gambar 21. Pengujian Marshall Test



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

Pekerjaan : AC - WC

Dikerjakan : M.ALHADI

Tanggal Uji : 28-05-2024

Dihitung : M.ALHADI

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT HALUS

SNI 03-4804-1998

Pasir

BERAT ISI PADAT	SATUAN	LEPAS		PADAT	
		I	II	I	II
BERAT CONTOH + TEMPAT	Kg	5.87	5.92	6.12	6.17
BERAT TEMPAT	Kg	1.56	1.56	1.56	1.56
BERAT CONTOH	Kg	4.31	4.36	4.56	4.61
VOLUME TEMPAT	LITER	2.89	2.89	2.89	2.89
BERAT ISI CONTOH	Kg/LITER	1.49	1.51	1.58	1.60
BERAT ISI RATA-RATA	Kg/LITER	1.50		1.59	



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PERESAPAN

Pekerjaan	: AC - WC	Diuji	: M.ALHADI
Diuji Tanggal	: 5/6/2024	Dihitung	: M.ALHADI
Kegiatan	: Tugas Akhir	Diperiksa	: Errick Edison Sitepu, ST

ABU BATU

PENGUJIAN	SATUAN	Hasil	NOTASI
BERAT CONTOH JPK/SSD	GRAM	500	Bj
BERAT CONTOH PIKNOMETER + AIR	GRAM	650	Ba
BERAT PIKNOMETER + AIR + CONTOH	GRAM	966	Bt
BERAT CONTOH KERING	GRAM	490	Bk

PERHITUNGAN	RUMUS	Hasil
BERAT JENIS KERING	$\frac{Bk}{Bj + Ba - Bt}$	2.663
BERAT JENIS JKP	$\frac{Bj}{Bj + Ba - Bt}$	2.717
BERAT JENIS SEMU	$\frac{Bk}{Bk + Ba - Bt}$	2.816
PERESAPAN (%)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	2.041



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec. Danau Sipin, Kota Jambi 36122

Phone : 085269409507

website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN KADAR RONGGA AGREGAT HALUS YANG TIDAK DIPADATKAN

Pekerjaan	AC - WC	Dikerjakan	:M.ALHADI
Tanggal Uji	13-06-2024	Dihitung	:M.ALHADI
Kegiatan	: Tugas Akhir	Diperiksa	: Errick Edison Sitepu, ST

ABU BATU

No	Uraian Kerja	Percobaan			
		I	II	III	IV
1	Volume agregat halus lolos saringan 2,36 mm (#8) dalam silinder (V)	98.219	98.219	98.219	98.219
2	Berat agregat halus lolos saringan 2,36 (#8) dalam silinder (W)	471	470	469	470
3	Berat jenis kering oven agregat halus (gsb)	2663	2663	2663	2663
4	Presentase rongga udara $\frac{V - (\frac{W}{Gsb})}{V} \times 100$	98.217	98.217	98.217	98.217
5	Rata-rata nilai rongga agregat halus (%)	98.217			
	*syarat Min= 45%				



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec. Danau Sipin, Kota Jambi 36122

Phone : 085269409507

website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN KADAR RONGGA AGREGAT HALUS YANG TIDAK DIPADATKAN

Pekerjaan	AC - WC	Dikerjakan	:M.ALHADI		
Tanggal Uji	13-06-2024	Dihitung	:M.ALHADI		
Kegiatan	: Tugas Akhir	Diperiksa	: Errick Edison Sitepu, ST		
PASIR					

No	Uraian Kerja	Percobaan			
		I	II	III	IV
1	Volume agregat halus lolos saringan 2,36 mm (#8) dalam silinder (V)	98.219	98.219	98.219	98.219
2	Berat agregat halus lolos saringan 2,36 (#8) dalam silinder (W)	475	474	475	474
3	Berat jenis kering oven agregat halus (gsb)	2534	2534	2534	2534
4	Presentase rongga udara $\frac{V - (\frac{W}{Gsb})}{V} \times 100$	99.809	99.809	99.809	99.809
5	Rata-rata nilai rongga agregat halus (%)	99.809			
	*syarat Min= 45%				



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PERESAPAN

Pekerjaan	: AC - WC	Diuji	: M.ALHADI
Diuji Tanggal	: 5/6/2024	Dihitung	: M.ALHADI
Kegiatan	: Tugas Akhir	Diperiksa	: Errick Edison Sitepu, ST

ABU BATU

PENGUJIAN	SATUAN	Hasil	NOTASI
BERAT CONTOH JPK/SSD	GRAM	500	Bj
BERAT CONTOH PIKNOMETER + AIR	GRAM	650	Ba
BERAT PIKNOMETER + AIR + CONTOH	GRAM	966	Bt
BERAT CONTOH KERING	GRAM	490	Bk

PERHITUNGAN	RUMUS	Hasil
BERAT JENIS KERING	$\frac{Bk}{Bj + Ba - Bt}$	2.663
BERAT JENIS JKP	$\frac{Bj}{Bj + Ba - Bt}$	2.717
BERAT JENIS SEMU	$\frac{Bk}{Bk + Ba - Bt}$	2.816
PERESAPAN (%)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	2.041



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PERESAPAN

Pekerjaan : : AC - WC

Diuji : : M.ALHADI

Diuji Tanggal : : 5/6/2024

Dihitung : : M.ALHADI

Kegiatan : : Tugas Akhir

Diperiksa : : Errick Edison Sitepu, ST

Batu 0.5

PENGUJIAN	SATUAN		NOTASI
BERAT CONTOH JPK/SSD	GRAM	5000	Bj
BERAT CONTOH DALAM AIR	GRAM	2996	Ba
BERAT CONTOH KERING	GRAM	4785	Bk

PERHITUNGAN	RUMUS	Hasil
BERAT JENIS KERING	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.388
BERAT JENIS JKP	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2.495
BERAT JENIS SEMU	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.675
PERESAPAN (%)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	4.493



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PERESAPAN

Pekerjaan : : AC - WC

Diuji : : M.ALHADI

Diuji Tanggal : : 5/6/2024

Dihitung : : M.ALHADI

Kegiatan : : Tugas Akhir

Diperiksa : : Errick Edison Sitepu, ST

Batu 1-2

PENGUJIAN	SATUAN	Hasil	NOTASI
BERAT CONTOH JPK/SSD	GRAM	5000	Bj
BERAT CONTOH DALAM AIR	GRAM	2976	Ba
BERAT CONTOH KERING	GRAM	4843	Bk

PERHITUNGAN	RUMUS	Hasil
BERAT JENIS KERING	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2.39
BERAT JENIS JKP	$\frac{Bj}{Bi - Ba}$	2.47
BERAT JENIS SEMU	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2.59
PERESAPAN (%)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	3.24



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec. Danau Sipin, Kota Jambi 36122

Phone : 085269409507

website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

Pekerjaan : : AC - WC

Tanggal Pengujian : : 3/6/2024

Kegiatan : : Tugas Akhir

Dikerjakan : : M Alhadi

Dihitung : : M Alhadi

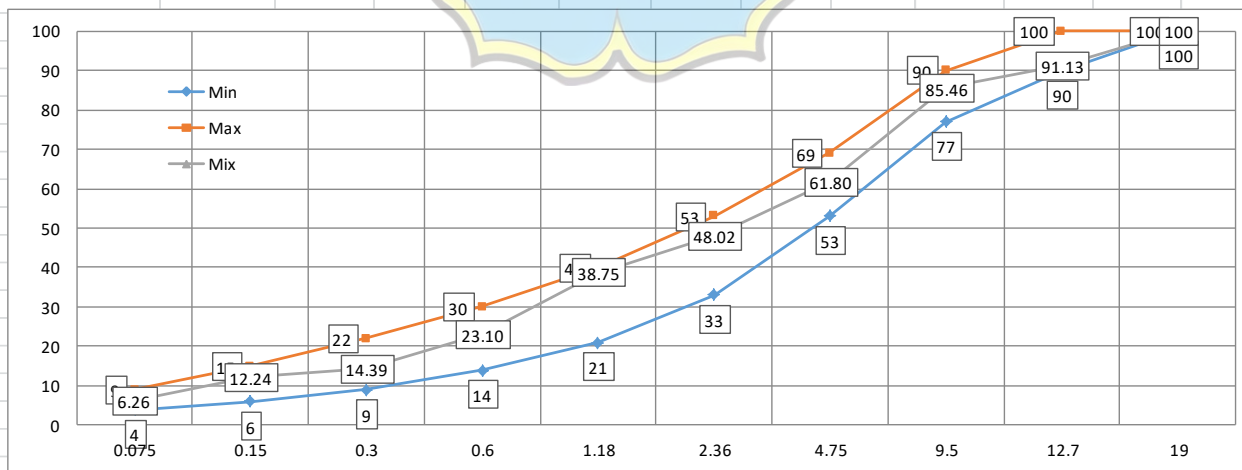
Diperiksa : : Errick Edison Sitepu, ST

COMBINE AGREGAT AC-WC

Uraian	Ukuran Saringan											
no	1	3/4	1/2	3/8	4	8	16	30	50	100	200	
mm	25	19	12.7	9.5	4.75	2.36	1.180	0.6	0.3	0.150	0.075	

Data Gradasi												
Batu 1-2	100	100	55.65	27.32	16.84	16.39	16.11	15.88	15.63	15.15	14.77	
Batu 0.5	100	100	100	100	28.24	14.36	10.99	9.21	7.86	6.62	6.52	
Abu Batu	100	100	100	100	100	76.47	58.61	39.74	21.95	18.01	10.69	
Pasir	100	100	100	100	99.62	98.47	87.94	12.66	1.25	0.22	0.11	

Combine Agregat												
Batu 1-2	20%	20.00	20.00	11.13	5.46	3.37	3.28	3.22	3.18	3.13	3.03	0.02
Batu 0.5	30%	30.00	30.00	30.00	30.00	8.47	4.31	3.30	2.76	2.36	1.99	1.96
Abu Batu	40%	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	30.59	23.44	15.90	8.78	7.20	4.28
Pasir	10%	10.00	10.00	10	10	9.96	9.85	8.79	1.27	0.13	0.02	0.01
Total Campuran	100%	100	100	91.13	85.46	61.80	48.02	38.75	23.10	14.39	12.24	6.26
Spec Gradasi												
max			100	100	90	69	53	40	30	22	15	9
min			100.00	90	77	53	33	21	14	9	6	4





LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec. Danau Sipin, Kota Jambi 36122

Phone : 085269409507

website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

ANALISA BESAR BUTIRAN AGREGAT AC-WC

Pekerjaan :	: AC - WC	Dikerjakan :	: M. ALHADI
Tanggal Pengujian :	: 3/6/2024	Dihitung :	: M. ALHADI
Kegiatan :	: Tugas Akhir	Diperiksa :	: Errick Edison Sitepu,
PASIR		Berat Kering :	1833

UKURAN SARINGAN INCHI (mm)	BERAT TERTINGGAL TIAP SARINGAN (Gram)	JUMLAH KOMULATIF BERAT TERTINGGAL (Gram)	PERSENTASE JUMLAH TERTINGGAL (%)	PERSENTASE JUMLAH MELALUI (%)	SPESIFIKASI BINA MARGA 2018 REV 2 (%)
NO. 3/4	0	0	0.00	100.00	100
NO. 1/2	0	0	0.00	100.00	90-100
NO. 3/8	0	0	0.00	100.00	77-90
NO. 4	7	7	0.38	99.62	53-69
NO. 8	21	28	1.53	98.47	33-53
NO. 16	193	221	12.06	87.94	21-40
NO. 30	1380	1601	87.34	12.66	14-30
NO. 50	209	1810	98.75	1.25	9-22
NO. 100	19	1829	99.78	0.22	6-15
NO. 200	2	1831	99.89	0.11	4-9



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec. Danau Sipin, Kota Jambi 36122

Phone : 085269409507

website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

ANALISA BESAR BUTIRAN AGREGAT AC-WC

Pekerjaan :	AC - WC	Dikerjakan :	M. ALHADI
Tanggal Pengujian :	3/6/2024	Dihitung :	M. ALHADI
Kegiatan :	Tugas Akhir	Diperiksa :	Errick Edison Site
ABU BATU		Berat Kering :	1394

UKURAN SARINGAN INCHI (mm)	BERAT TERTINGGAL TIAP SARINGAN (Gram)	JUMLAH KOMULATIF BERAT TERTINGGAL (Gram)	PERSentase JUMLAH TERTINGGAL (%)	PERSentase JUMLAH MELALUI (%)	SPESIFIKASI BINA MARGA 2018 REV 2 (%)
NO. 3/4	0	0	0.00	100.00	100
NO. 1/2	0	0	0.00	100.00	90-100
NO. 3/8	0	0	0.00	100.00	77-90
NO. 4	0	0	0.00	100.00	53-69
NO. 8	328	328	23.53	76.47	33-53
NO. 16	249	577	41.39	58.61	21-40
NO. 30	263	840	60.26	39.74	14-30
NO. 50	248	1088	78.05	21.95	9-22
NO. 100	55	1143	81.99	18.01	6-15
NO. 200	102	1245	89.31	10.69	4-9



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec. Danau Sipin, Kota Jambi 36122

Phone : 085269409507

website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

ANALISA BESAR BUTIRAN AGREGAT AC-WC

Pekerjaan : AC - WC

Dikerjakan : M. ALHADI

Tanggal Pengujian : 31 - 05 - 2024

Dihitung : M. ALHADI

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

BATU 0.5

Berat Kering : 5015

UKURAN SARINGAN INCHI (mm)		BERAT TERTINGGAL TIAP SARINGAN (Gram)	JUMLAH KOMULATIF BERAT TERTINGGAL (Gram)	PERSentase JUMLAH TERTINGGAL (%)	PERSentase JUMLAH MELALUI (%)	SPESIFIKASI BINA MARGA 2018 REV 2 (%)
NO. 3/4	mm	0	0	0.00	100.00	100
NO. 1/2	mm	0	0	0.00	100.00	90-100
NO. 3/8	mm	0	0	0.00	100.00	77-90
NO. 4	mm	3599	3599	71.76	28.24	53-69
NO. 8	mm	696	4295	85.64	14.36	33-53
NO. 16	mm	169	4464	89.01	10.99	21-40
NO. 30	mm	89	4553	90.79	9.21	14-30
NO. 50	mm	68	4621	92.14	7.86	9-22
NO. 100	mm	62	4683	93.38	6.62	6-15
NO. 200	mm	5	4688	93.48	6.52	4-9



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan Sungai Putri Kec. Danau Sipin, Kota Jambi 36122

Phone : 085269409507

website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

ANALISA BESAR BUTIRAN AGREGAT AC-WC

Pekerjaan : AC - WC

Dikerjakan : M Alhadi

Tanggal Pengujian : 31 - 05 - 2024

Dihitung : M Alhadi

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

BATU 1-2

Berat Kering : 3148

UKURAN SARINGAN INCHI		BERAT TERTINGGAL TIAP SARINGAN (Gram)	JUMLAH KOMULATIF BERAT TERTINGGAL (Gram)	PERSENTASE JUMLAH TERTINGGAL (%)	PERSENTASE JUMLAH MELALUI (%)	SPESIFIKASI BINA MARGA 2018 REV 2 (%)
NO. 3/4	mm	0	0	0.00	100.00	100
NO. 1/2	mm	1396	1396	44.35	55.65	90-100
NO. 3/8	mm	892	2288	72.68	27.32	77-90
NO. 4	mm	330	2618	0.00	100.00	53-69
NO. 8	mm	14	2632	83.61	16.39	33-53
NO. 16	mm	9	2641	83.89	16.11	21-40
NO. 30	mm	7	2648	84.12	15.88	14-30
NO. 50	mm	8	2656	84.37	15.63	9-22
NO. 100	mm	15	2671	84.85	15.15	6-15
NO. 200	mm	12	2683	85.23	14.77	4-9



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN BERAT JENIS DAN PERESAPAN

Pekerjaan : AC - WC

Diuji : M Alhadi

Diuji Tanggal : 5/6/2024

Dihitung : M Alhadi

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

ABU BATU

PENGUJIAN	SATUAN	1	NOTASI
BERAT CONTOH JPK/SSD	GRAM	500	Bj
BERAT CONTOH PIKNOMETER + AIR	GRAM	650	Ba
BERAT PIKNOMETER + AIR + CONTOH	GRAM	957	Bt
BERAT CONTOH KERING	GRAM	489	Bk

PERHITUNGAN	RUMUS	1
BERAT JENIS KERING	$\frac{Bk}{Bi + Ba - Bt}$	2.534
BERAT JENIS JKP	$\frac{Bj}{Bi + Ba - Bt}$	2.591
BERAT JENIS SEMU	$\frac{Bk}{Bk + Ba - Bt}$	2.687
PERESAPAN (%)	$\frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100$	2.249



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

Pekerjaan : AC - WC

Dikerjakan : M Alhadi

Tanggal Uji : 28-05-2024

Dihitung : M Alhadi

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT HALUS

SNI 03-4804-1998

ABU BATU

BERAT ISI PADAT	SATUAN	LEPAS		PADAT	
		I	II	I	II
BERAT CONTOH + TEMPAT	Kg	5.9	5.98	6.30	3.39
BERAT TEMPAT	Kg	1.56	1.56	1.56	1.56
BERAT CONTOH	Kg	4.34	4.42	4.74	4.83
VOLUME TEMPAT	LITER	2.89	2.89	2.89	2.89
BERAT ISI CONTOH	Kg/LITER	1.50	1.53	1.64	1.67
BERAT ISI RATA-RATA	Kg/LITER	1.52		1.66	

Jambi, 2024
Penyelia

Errick Edison Sitepu, ST



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

Pekerjaan : AC - WC

Dikerjakan : M Alhadi

Tanggal Uji : 28-05-2024

Dihitung : M Alhadi

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT KASAR

SNI 03-4804-1998

BATU 0.5

BERAT ISI PADAT	SATUAN	LEPAS		PADAT	
		I	II	I	II
BERAT CONTOH + TEMPAT	Kg	20.53	20.48	20.95	21.07
BERAT TEMPAT	Kg	6.39	6.39	6.39	6.39
BERAT CONTOH	Kg	14.14	14.09	14.56	14.68
VOLUME TEMPAT	LITER	9.87	9.87	9.87	9.87
BERAT ISI CONTOH	Kg/LITER	1.433	1.428	1.475	1.487
BERAT ISI RATA-RATA	Kg/LITER	1.430		1.481	



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

Pekerjaan : AC -WC

Dikerjakan : M.ALHADI

Tanggal Uji : 28-05-2024

Dihitung : M.ALHADI

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

PENGUJIAN BERAT ISI AGREGAT KASAR

SNI 03-4804-1998

BATU 1/2

BERAT ISI PADAT	SATUAN	LEPAS		PADAT	
		I	II	I	II
BERAT CONTOH + TEMPAT	Kg	19.26	19.29	20.30	20.15
BERAT TEMPAT	Kg	6.39	6.39	6.39	6.39
BERAT CONTOH	Kg	12.87	12.9	13.91	13.76
VOLUME TEMPAT	LITER	9.87	9.87	9.87	9.87
BERAT ISI CONTOH	Kg/LITER	1.30	1.31	1.41	1.39
BERAT ISI RATA-RATA	Kg/LITER	1.305		1.402	



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : http://labtek.unbari.ac.id/

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PERCOBAAN MARSHALL STANDAR AC-wC

SNI 06-2489-1991

Pekerjaan : AC - WC

Diuji Tanggal : 19/072024

Kegiatan : Tugas Akhir

Diuji : M.ALHADI

Dihitung : M.ALHADI

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

proving ring : 27.3384 lbf/Div

No.	a	b	c	d	e	f	g (density)	h	i (VMA) min 14	j (VIM) 3s/d5	k (VFA) 65%	l	m	n (stabilitas) min 800	o flow Zs/d4	p MQ	q
1	4.71	4.5	1160.00	1175.00	628.00	547.00						100.00	1241.16	1104.64	3.10	356.33	4.44
2	4.71	4.5	1179.00	1195.00	632.00	525.00						80.00	992.93	953.21	3.03	314.59	4.44
3	4.71	4.5	1182.00	1197.00	634.00	563.00						92.00	1141.87	982.01	3.30	297.58	4.44
rata-rata	5.26	4.5	1173.67	1189.00	631.33	545.00	2.16	2.26	13.81	4.51	67.33	90.67	1125.32	1013.29	3.14	322.83	4.44
1	5.26	5	1190.00	1200.00	639.00	561.00						82.00	1017.75	875.27	2.90	301.82	4.94
2	5.26	5	1186.00	1205.00	654.00	551.00						80.00	992.93	883.71	3.00	294.57	4.94
3	5.26	5	1190.00	1200.00	662.00	538.00						91.00	1129.46	1050.40	3.20	328.25	4.94
rata-rata	5.26	5	1188.67	1201.67	651.67	550.00	2.16	2.24	14.00	3.62	74.12	84.33	1046.71	936.46	3.03	308.21	4.94
1	5.82	5.5	1180.00	1192.00	644.00	548.00						100.00	1241.16	1104.64	3.20	345.20	5.44
2	5.82	5.5	1190.00	1206.00	657.00	549.00						75.00	930.87	828.48	3.30	251.05	5.44
3	5.82	5.5	1180.00	1202.00	646.00	556.00						75.00	930.87	828.48	3.30	251.05	5.44
rata-rata	5.82	5.5	1183.33	1200.00	649.00	551.00	2.15	2.23	15.01	3.66	75.62	83.33	1034.30	920.53	3.27	282.44	5.44
1	6.38	6	1168.00	1189.00	656.00	533.00						85.00	1054.99	1012.79	3.10	326.71	5.94
2	6.38	6	1167.00	1188.00	651.00	537.00						91.00	1129.46	1050.40	2.90	362.21	5.94
3	6.38	6	1170.00	1191.00	653.00	538.00						88.00	1092.22	1015.77	3.30	307.81	5.94
rata-rata	6.38	6	1168.33	1189.33	653.33	536.00	2.18	2.27	14.20	4.15	70.77	88.00	1092.22	1026.32	3.10	332.24	5.94
1	6.95	6.5	1175.00	1185.00	586.00	599.00						70.00	868.81	677.68	2.80	242.03	6.50
2	6.95	6.5	1182.00	1190.00	660.00	530.00						68.00	843.99	810.23	2.70	300.09	6.50
3	6.95	6.5	1178.00	1185.00	640.00	545.00						70.00	868.81	808.00	2.60	310.77	6.50
rata-rata	6.95	6.5	1178.33	1186.67	628.67	558.00	2.12	2.20	17.08	3.83	77.56	69.33	860.54	765.30	2.70	284.29	6.50
1	7.53	7	1179.00	1194.00	642.00	552.00						70.00	868.81	808.00	2.50	323.20	7.00
2	7.53	7	1191.00	1207.00	640.00	567.00						67.00	831.58	740.11	2.60	284.66	7.00
3	7.53	7	1174.00	1198.00	646.00	552.00						70.00	868.81	773.24	2.50	309.30	7.00
rata-rata	7.53	7	1181.33	1199.67	642.67	557.00	2.12	2.19	17.40	3.10	82.21	69.00	856.40	773.78	2.53	305.72	7.00

bj bulk agregat =	2.388	bj aspal=	1.03	Gmm * =	2.221	bj eff agregat ** =	2.391	absorpsi aspal***=	0.060
a= % aspal terhadap agregat		*Gmm ditentukan dengan cara ASSHTO T-209 pada kadar aspal optimum perkiraan		VMA i= % rongga diantara agregat		100-(g*(100-b))/bj bulk agg			
b= % aspal terhadap campuran		Pb = 0.035(%CA)+0.045(%FA)+0.18(%FF)+K		VIM j= % rongga terhadap campuran		100-(100*(g/h))			
c= berat contoh kering (gr)		K = 0.5-1 untuk laston, 2-3 untuk lataston		VFA k= % rongga terisi aspal		(100*(i-j))/i			
d= berat contoh dalam keadaan jenuh (gr)		dipakai kadar aspal =	5.8 %	= pembacaan arloji stabilitas					
e= berat contoh dalam air (gr)		** bj eff agg =	(100-Pb)	m= stabilitas (1 x kalibrasi proving ring (kg))					
f= isi contoh (d-e)			(100/Gmm)-(Pb/bj aspal)	n= stabilitas (m x koreksi benda uji (kg)) koreksi didapat dari tabel					
g= berat isi (c/f)				o= kelelahan (mm)					
h= bj. Maks. Toritis (campuran) =	100			*** abs aspal terhadap total agg		100 x	bj eff agg - bj bulk agg		x bj aspal
	(100-b)		b	p= hasil bagi marshall (n/o), kg/mm			bj eff agg x bj bulk agg		
	bj eff agg		bj aspal	q= kadar aspal eff (%)			b-((abs aspal/100)*(100-b))		



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

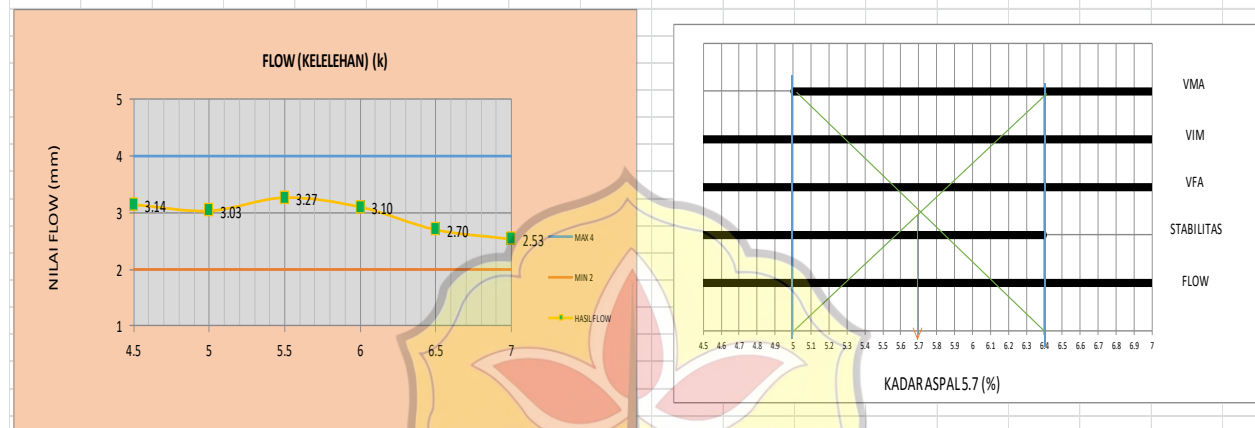
Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

Grafik Standart

Pekerjaan : AC - WC
Diuji Tanggal : 19/072024
Kegiatan : Tugas Akhir

Diuji : M.ALHADI
Dihitung : M.ALHADI
Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST



MIN	14	14	14	14	14	14	VMA
KADAR	4.5	5	5.5	6	6.5	7	
HASIL	13.81	14.00	15.01	14.20	17.08	17.40	

MAX	5	5	5	5	5	5	VIM
MIN	3	3	3	3	3	3	
KADAR	4.5	5	5.5	6	6.5	7	
HASIL	4.51	3.62	3.66	4.15	3.83	3.10	

MIN	65	65	65	65	65	65	VFA
KADAR	4.5	5	5.5	6	6.5	7	
HASIL	67.33	74.12	75.62	70.77	77.56	82.21	

MIN	800	800	800	800	800	800	STABILITAS
KADAR	4.5	5	5.5	6	6.5	7	
HASIL	1013.29	936.46	920.53	1026.32	765.30	773.78	

MAX	4	4	4	4	4	4	FLOW
MIN	2	2	2	2	2	2	
KADAR	4.5	5	5.5	6	6.5	7	
HASIL	3.14	3.03	3.27	3.10	2.70	2.53	

Jambi, 2024
Penyelia

Errick Edison Sitepu, ST



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN BERAT JENIS MAKSIMUM CAMPURAN (Gmm)

Pekerjaan	: AC - WC	Dikerjakan	: M Alhadi
Diuji Tanggal	: 25/7/2024	Dihitung	: M Alhadi
Kegiatan	: Tugas Akhir	Diperiksa	: Errick Edison Sitepu, ST

No.	Pengujian	Hasil Pengujian			
			I	II	rata-rata
1	Berat Piknometer + Benda Uji (gr)	A	500	500	500.00
2	Berat Piknometer (gr)	B	198	198	198.00
3	Berat Benda Uji (gr)	$A - B = C$	302	302	302.00
4	Berat Piknometer + Air (gr)	D	693	693	693.00
5	Berat Piknometer + Air + Benda Uji (gr)	E	861	857	859.00
6	Volume Benda Uji (cc)	$(C+D)-E=F$	134	138	136.00
7	Gmm	C/F	2.254	2.188	2.221



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

E-mail : labtek@unbari.ac.id

PERCOBAAN MARSHALL STANDAR DAN MARSHALL SISA (AC-WC)

SNI 06-2489-1991

Kadar Arang Kayu 1%

Pekerjaan : AC - WC

Diuji Tanggal : 10/9/2024

Kegiatan : Tugas akhir

Diuji : M Alhadi/Irwan

Dihitung : M Alhadi

Diperiksa : Erick Edison Sitepu, ST

proving ring 27.3384 lbf/div

No.	a	b	c	d	e	f	g (density)	h	i (VMA) min 14	j (VIM) 3s/d5	k (VFA) 65%	l	m	n (stabilitas) min 800	o flow 2s/d4	p MQ	q
direndam selama 30 menit suhu 60°C																	
1	6.04	5.7	1189.00	1200.00	664.00	536.00						82.00	1017.75	946.51	3.00	315.50	5.64
2	6.04	5.7	1180.00	1191.00	663.00	528.00						86.00	1067.40	1024.70	2.30	445.52	5.64
3	6.04	5.7	1188.00	1197.00	655.00	542.00						85.00	1054.99	981.12	2.80	350.40	5.64
rata-rata			1185.67	1196.00	660.67	535.33	2.22	2.22	12.53	0.40	97.18	84.33	1046.71	984.11	2.70	370.48	5.64
STABILITAS SISA/ RETAINED STABILITY:																	
91.52 %																	
setelah direndam selama 1 x 24 jam suhu 60°C																	
1	6.04	5.7	1175.00	1184.00	637.00	547.00						60.00	744.70	894.75	3.10	288.63	5.64
2	6.04	5.7	1180.00	1185.00	639.00	546.00						80.00	992.93	923.43	3.10	297.88	5.64
3	6.04	5.7	1190.00	1201.00	651.00	550.00						78.00	968.11	883.71	3.20	276.16	5.64
rata-rata			1181.67	1190.00	642.33	547.67	2.16	2.22	14.80	2.98	79.92	72.67	901.91	900.63	3.13	287.56	5.64

bj bulk agregat = 2.388 bj aspal = 1.03 Gmm * = 2.221 bj eff agregat ** = 2.39 absorpsi aspal*** = 0.06

a= % aspal terhadap agregat

b= % aspal terhadap campuran

c= berat contoh kering (gr)

d= berat contoh dalam keadaan jenuh (gr)

e= berat contoh dalam air (gr)

f= isi contoh (d-e)

g= berat isi (c/f)

*Gmm ditentukan dengan cara ASSHTO T-209 pada kadar aspal optimum perkiraan

Pb = $0.035(\%CA) + 0.045(\%FA) + 0.18(\%FF) + K$

K = 0.5-1 untuk laston, 2-3 untuk lataston

dipakai kadar aspal = 5.8 %

** bj eff agg = $\frac{100-Pb}{100/Gmm - Pb/bj\ aspal}$

VMA i= % rongga di antara agregat

VIM j= % rongga terhadap campuran

VFA k= % rongga terisi aspal

l= pembacaan arloji stabilitas

m= stabilitas (1 x kalibrasi proving ring (kg))

n= stabilitas (m x koreksi benda uji (kg)) koreksi didapat dari tabel

o= kelelahan (mm)

*** abs aspal terhadap total agg

$100 \times \frac{bj\ eff\ agg - bj\ bulk\ agg}{bj\ eff\ agg \times bj\ bulk\ agg} \times bj\ aspal$

h= bj. Maks. Toritis (campuran) =

100

$\frac{100-b}{bj\ eff\ agg}$

+

$\frac{b}{bj\ aspal}$

p= hasil bagi marshall (n/o), kg/mm

q= kadar aspal eff (%)

$b - ((abs\ aspal/100) * (100-b))$



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

E-mail : labtek@unbari.ac.id

PERCOBAAN MARSHALL STANDAR DAN MARSHALL SISA (AC-WC)

SNI 06-2489-1991

Kadar Arang Kayu 1.5%

Pekerjaan : AC - WC
Diuji Tanggal : 10/9/2024
Kegiatan : Tugas akhir

Diuji : M Alhadi/Irwan
Dihitung : M Alhadi
Diperiksa : Erick Edison Sitepu, ST

proving ring 27.3384 lbf/div

No.	a	b	c	d	e	f	g (density)	h	i (VMA) min 14	j (VIM) 3s/d5	k (VFA) 65%	l	m	n (stabilitas) min 800	o flow 2s/d4	p MQ	q
direndam selama 30 menit suhu 60°C																	
1	6.04	5.7	1189.00	1199.00	660.00	539.00						82.00	1017.75	1017.75	3.10	328.31	5.64
2	6.04	5.7	1190.00	1204.00	668.00	536.00						85.00	1054.99	1054.99	2.80	376.78	5.64
3	6.04	5.7	1189.00	1202.00	682.00	520.00						85.00	1054.99	1054.99	3.20	329.68	5.64
rata-rata			1189.33	1201.67	670.00	531.67	2.24	2.22	11.64	-0.62	107.17	84.00	1042.58	1042.58	3.03	344.92	5.64

STABILITAS SISA/ RETAINED STABILITY:

90.48 %

setelah direndam selama 1 x 24 jam suhu 60°C

1	6.04	5.7	1190.00	1203.00	663.00	540.00						75.00	930.87	930.87	3.10	300.28	5.64
2	6.04	5.7	1178.00	1187.00	643.00	544.00						76.00	943.28	943.28	2.90	325.27	5.64
3	6.04	5.7	1180.00	1192.00	653.00	539.00						77.00	955.70	955.70	3.40	281.09	5.64
rata-rata			1182.67	1194.00	653.00	541.00	2.19	2.22	13.67	1.69	87.82	76.00	943.28	943.28	3.13	302.21	5.64

bj bulk agregat = 2.388 bj aspal = 1.030 Gmm * = 2.221 bj eff agregat ** = 2.391 absorbsi aspal *** = 0.060

a= % aspal terhadap agregat	*Gmm ditentukan dengan cara ASSHTO T-209 pada kadar aspal optimum perkiraan		VMA i= % rongga diantara agregat		100-(g*(100-b))/bj bulk agg	
b= % aspal terhadap campuran	Pb = 0.035(%CA)+0.045(%FA)+0.18(%FF)+K		VIM j= % rongga terhadap campuran		100-(100*(g/h))	
c= berat contoh kering (gr)	K = 0.5-1 untuk laston, 2-3 untuk lastoston		VFA k= % rongga terisi aspal		(100*(i-j))/i	
d= berat contoh dalam keadaan jenuh (gr)	dipakai kadar aspal = 5.8 %		l= pembacaan arloji stabilitas			
e= berat contoh dalam air (gr)	** bj eff agg = (100-Pb)		m= stabilitas (1 x kalibrasi proving ring (kg))			
f= isi contoh (d-e)	(100/Gmm)-(Pb/bj aspal)		n=stabilitas (m x koreksi benda uji(kg)) koreksi didapat dari tabel			
g= berat isi (c/f)			o= kelelahan (mm)			
h= bj. Maks. Toritis (campuran) =	100		*** abs aspal terhadap total agg		100 x $\frac{bj\ eff\ agg - bj\ bulk\ agg}{bj\ eff\ agg \times bj\ bulk\ agg} \times bj\ aspal$	
	(100-b)		p= hasil bagi marshall (n/o), kg/mm			
	bj. eff agg + b		q= kadar aspal eff (%)		b-((abs aspal/100)*(100-b))	
	bj aspal					

Kadar Arang Kayu 2.5%																							
Pekerjaan : AC - WC										Diuji : M Alhadi/Irwan													
Diuji Tanggal : 10/9/2024										Dihitung : M Alhadi													
Kegiatan : Tugas akhir										Diperiksa : Erick Edison Sitepu, ST													
										proving ring 27.3384 lbf/div													
No.	a	b	c	d	e	f	g (density)	h	i (VMA) min 14	j (VIM) 3s/d5	k (VFA) 65%	l	m	n (stabilitas) min 800	o flow 2s/d4	p MQ	q						
direndam selama 30 menit suhu 60°C																							
1	6.04	5.7	1180.00	1188.00	646.00	542.00						85.00	1054.99	1097.19	2.80	391.85	5.64						
2	6.04	5.7	1175.00	1184.00	649.00	535.00						98.00	1216.34	1264.99	3.10	408.06	5.64						
3	6.04	5.7	1188.00	1196.00	660.00	536.00						85.00	1054.99	1097.19	3.00	365.73	5.64						
rata-rata			1181.00	1189.33	651.67	537.67	2.20	2.22	13.26	1.22	91.02	89.33	1108.77	1153.12	2.97	388.55	5.64						
STABILITAS SISA/ RETAINED STABILITY:													91.26 %										
setelah direndam selama 1 x 24 jam suhu 60°C																							
1	6.04	5.7	1180.00	1188.00	633.00	555.00						84.00	1042.58	1084.28	3.20	338.84	5.64						
2	6.04	5.7	1190.00	1202.00	635.00	567.00						84.00	1042.58	1042.58	3.10	336.32	5.64						
3	6.04	5.7	1188.00	1194.00	635.00	559.00						83.00	1030.17	1030.17	3.00	343.39	5.64						
rata-rata			1186.00	1194.67	634.33	560.33	2.12	2.22	16.41	4.82	70.74	83.67	1038.44	1052.34	3.10	339.51	5.64						
bj bulk agregat =			2.388		bj aspal=			1.03		Gmm * =			2.22106857		bj eff agregat ** =			2.39		absorpsi aspal***=		0.06	
a= % aspal terhadap agregat					*Gmm ditentukan dengan cara ASSHTO T-209 pada kadar aspal optimum perkiraan					VMA i= % rongga diatara agregat					100-(g*(100-b))/bj bulk agg								
b= % aspal terhadap campuran										VIM j= % rongga terhadap campuran					100-(100*(g/h))								
c= berat contoh kering (gr)					Pb = 0.035(%CA)+0.045(%FA)+0.18(%FF)+K					VFA k= % rongga terisi aspal					(100*(i-j))/i								
d= berat contoh dalam keadaan jenuh (gr)					K = 0.5-1 untuk laston, 2-3 untuk lataston					l= pembacaan arloji stabilitas													
e= berat contoh dalam air (gr)					dipakai kadar aspal = 5.8 %					m= stabilitas (1 x kalibrasi proving ring (kg))													
f= isi contoh (d-e)					** bj eff agg = (100-Pb)					n=stabilitas (m x koreksi benda uji(kg)) koreksi didapat dari tabel													
g= berat isi (c/f)					(100/Gmm)-(Pb/bj aspal)					o= kelelahan (mm)													
										*** abs aspal terhadap total agg													
h= bj. Maks. Toritis (campuran) =					100					100 x					bj eff agg - bj bulk agg bj eff agg x bj bulk agg					x bj aspal			
					(100-b)					+					b								
					bj, eff agg					bj aspal					p= hasil bagi marshall (n/o), kg/mm								
															q= kadar aspal eff (%)					b-((abs aspal/100)*(100-b))			



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN AGREGAT ABU BATU YANG MENGANDUNG BAHAN PLASTIS DENGAN CARA SETARA PASIR (SAND EQUIVALEN)

Pekerjaan : AC - WC

Dikerjakan : M Alhadi

Tanggal Uji : 10/6/2023

Dihitung : M Alhadi

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

Abu Batu

No	Uraian Kerja	Percobaan		keterangan
		A	B	
1	tera tinggi tangkai penunjuk beban ke dalam gelas ukur (gelass dalam keadaan kering)	10	10	
2	baca skala lumpur (pembacaan skala permukaan lihat pada dinding gelas ukur	4.4	4.1	
3	masukkan beban, baca skala beban tangkai penunjuk	13.7	13	
4	baca skala pasir (pembacaan 3 - pembacaan 1)	3.7	3	
5	nilai setara pasir $\frac{skala\ pasir, (4)}{skala\ lumpur (2)} \times 100 \%$	84.09	73.17	
6	rata-rata nilai setara pasir	78.63		
syarat minimum 60 %				



LABORATORIUM TEKNIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Jalan Slamet Riyadi No.1 Kelurahan sungai putri kec. Danau sipin, kota jambi 36122

Phone : 085269409507

Website : <http://labtek.unbari.ac.id/>

e-mail : labtek@unbari.ac.id

PENGUJIAN AGREGAT ABU BATU YANG MENGANDUNG BAHAN PLASTIS DENGAN CARA SETARA PASIR (SAND EQUIVALEN)

Pekerjaan : AC - WC

Dikerjakan : M Alhadi

Tanggal Uji : 10/6/2023

Dihitung : M Alhadi

Kegiatan : Tugas Akhir

Diperiksa : Errick Edison Sitepu, ST

Pasir

No	Uraian Kerja	Percobaan		keterangan
		A	B	
1	tera tinggi tangkai penunjuk beban ke dalam gelas ukur (gelass dalam keadaan kering)	10	10	
2	baca skala lumpur (pembacaan skala permukaan lihat pada dinding gelas ukur	3.9	3.7	
3	masukkan beban, baca skala beban tangkai penunjuk	13.8	13.7	
4	baca skala pasir (pembacaan 3 - pembacaan 1)	3.8	3.7	
5	nilai setara pasir $\frac{\text{skala pasir, (4)}}{\text{skala lumpur (2)}} \times 100 \%$	97.44	100	
6	rata-rata nilai setara pasir	98.72		

syarat minimum 60 %

