

**STUDI CAMPURAN AC-WC DENGAN MENGGUNAKAN
SUBSTITUSI FILLER BUAH PINUS**

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat

untuk memperoleh gelar sarjana dari

Universitas Fajar

Oleh

Nama: LISMAWATI

Nim : 1820121040



PROGRAM STUDI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

2022

**STUDI CAMPURAN AC-WC DENGAN MENGGUNAKAN
SUBSTITUSI FILLER BUAH PINUS**

Oleh :

LISMAWATI

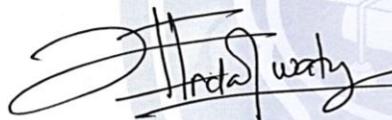
1820121040

Menyetujui

Tanggal, 12 Desember 2022

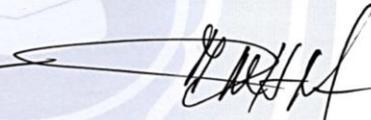
Pembimbing 1

Pembimbing 2



Dr. Erdawaty, ST., MT

NIDN : 0921047802



Ir. Zulharnah, MT

NIDN : 0031036407

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar



(Dr. Damalia S.T., M.T.)

NIDN : 0906107701

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Fajar



(Fatimawaty Rachim, S.T., M.T.)

NIDN : 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

“Studi campuran AC-WC dengan menggunakan substitusi filler Buah Pinus”
adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, 20 Januari 2023

Yang menyatakan



LISMAWATI

ABSTRAK

Study campuran AC-WC dengan menggunakan substitusi filler buah pinus. Lismawati. Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan salah satu system transportasi untuk menghubungkan dari tempat ke tempat lain. Aspal beton adalah sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama di kenalkan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Kemampuan dalam mendukung beban berat kendaraan cukup tinggi, dapat dibuat dari bahan-bahan local yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sehingga bahan pengikat pada suhu tertentu. Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan no 200 (0.075 mm). Tumbuhan buah pinus merupakan salah satu bagian dari pohon pinus yang banyak tumbuh subur di daerah khususnya kabupaten Enrekang. Buah pinus salah satu tanaman yang memiliki ciri khas berbentuk kerucut, warna buah coklat, keras dan memiliki biji. Untuk itu penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai karakteristik marshall buah pinus sebagai substitusi filler pada aspal AC-WC dan untuk mengetahui nilai cantabro pada aspal AC-WC dengan menggunakan buah pinus. Hasil pengujian kinerja marshall pada benda uji gradasi Bina Marga menunjukkan hasil nilai stabilitas, Flow Vma pada variasi buah pinus 0%, 25%, 50%, dan 75% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga, nilai VIM dengan variasi 0%, 25%, 50%, dan 75% tidak memenuhi spesifikasi bina marga, nilai VMA dengan variasi 0%, 25%, 50%, dan 75% telah memenuhi spesifikasi bina marga, nilai VFB dengan variasi 0%, 25%, dan 75% tidak memenuhi standar, Pada nilai Marshall Quiant (MQ) variasi 0%, 25%, 50%, dan 75% telah memenuhi standar spesifikasi bina marga. Hasil pengujian Cantabro pada benda uji gradasi Bina Marga maksimal 20% dari persyaratan yang ditentukan dengan hasil rata-rata 2.717%, 5.967%, 2.955%, 4.734% Nilai tersebut menunjukkan bahwa ketahanan pada benda uji semakin besar.

Kata Kunci : *Buah Pinus, marshall, eksperimen*

ABSTRACT

Study of AC-WC mixture using pinecone filler substitution. Lismawati. The road is an infrastructure that is needed by one of the transportation systems to connect from one place to another. Asphalt concrete as a material for road construction has long been introduced and is widely used in road construction. The ability to support heavy vehicle loads is quite high, can be made from locally available materials and has good weather resistance. This type of pavement is a uniform mixture of aggregate and asphalt so that the binder material is at a certain temperature. The filler in the asphalt-concrete mixture is the material that passes the filter no. 200 (0.075 mm). The pine fruit plant is one part of the pine tree that thrives in the area, especially the Enrekang district. Pine fruit is one of the plants that has a characteristic cone-shaped, brown fruit color, hard and has seeds. For this reason, this study was carried out with the aim of knowing the characteristic value of pine fruit marshall as a filler substitution on AC-WC asphalt and to determine the value of cantabro on AC-WC asphalt using pine fruit. The results of the marshall performance test on the Bina Marga gradation test object showed the results of the stability value, Flow Vma on pine fruit variations 0%, 25%, 50%, and 75% had met the specifications of Bina Marga, VIM values with variations of 0%, 25%, 50 %, and 75% did not meet the bina marga specifications, the VMA values with variations of 0%, 25%, 50%, and 75% had met the bina marga specifications, the VFB values with variations of 0%, 25%, and 75% did not meet the standards, The Marshall Quiant (MQ) values of variations of 0%, 25%, 50%, and 75% have met the standard of bina marga specifications. The results of the Cantabro test on the Bina Marga gradation test object are a maximum of 20% of the specified requirements with an average result of 2.717%, 5.967%, 2.955%, 4.734% This value indicates that the resistance of the test object is getting bigger.

Keywords: Pine fruit, marshall, experiment.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia serta anugerah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ STUDI CAMPURAN AC-WC MENGGUNAKAN SUBSTITUSI FILLER BUAH PINUS” penulis skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar Makassar.

Dalam penyusunan skripsi ini banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi. Namun, pada akhirnya penulis dapat melaluinya berkat dukungannya dan bimbingannya dari berbagai pihak terkhusus kedua orang tua saya beserta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa serta semangat selama ini.

Penulis juga mendapat bantuan dan bimbingan serta arahan dari berbagai pihak oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kepada Allah swt yang selalu memberikan semangat serta kekuatan untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Dosen pembimbing I dan dosen pembimbing II kepada Dr. Erdawaty, ST.,MT dan ibu Ir.Zulharnah, MT. Terimakasih untuk bimbingan dan arahnya selama proses penulisan skripsi ini.
3. Kepada Kaprodi Teknik Sipil ibu Fatmawaty Rachim, ST.,MT terimakasih atas dukungan serta arahan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan cepat.
4. Kepada orang tua tercinta terimakasih atas dukungan semangat serta doa-doa yang telah diberikan serta diberi kemudahan dan kelancaran disetiap proses pembuatan skripsi ini.
5. Kepada keluarga besar penulis yang selalu mengingatkan dan memberi dukungan kepada penulis agar menyelesaikan skripsi dengan baik.

6. Kepada Lilis Karlina, Irpan dan Ichsan Darmadinata yang selalu mengingatkan dan memberi dukungan kepada penulis agar menyelesaikan skripsi dengan baik.
7. Kepada teman-teman dekat terimakasih karena telah memberi semangat, dukungan serta ajaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan,.
8. Serta terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan skripsi ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Akhir kata dapat penulis ucapkan mohon maaf atas segala kesalahan yang pernah dilakukan yang sengaja yserta tidak disengajaa. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat untuk mendorong penelitian selanjutnya.

Makassar,

penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
STUDI CAMPURAN AC-WC DENGAN MENGGUNAKAN SUBSTITUSI FILLER BUAH PINUS	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
STUDI CAMPURAN AC-WC DENGAN MENGGUNAKAN SUBSTITUSI FILLER BUAH PINUS	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Tujuan Penelitian	3
I.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>).....	4
II.1.1. Lapisan Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>).....	4
II.1.2. Lapisan Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>).....	5
II.1.3. Lapisan Pondasi Atas (<i>Base Course</i>)	5
II.1.4. Lapisan Permukaan (<i>Surface course</i>).....	6
II.2 Lapisan Aspal Beton.....	6
II.3 Aspal	8

II.4 Agregat.....	11
II.4.1 Agregat Kasar.....	11
II.4.2 Agregat Halus.....	13
II.5 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	17
II.6 Metode Pengujian Marshall.....	17
II.6.1 Kepadatan.....	18
II.6.2 VIM <i>Vois in mix</i>	18
II.6.3 VMA Vid Material Agregat.....	19
II.6.4 VFA Void Filed With Aspal.....	19
II.6.5 Stabilitas.....	20
II.6.6 Kelelehan Palstis <i>Flow</i>	21
II.6.7 Marshall Quotient.....	21
II. 7 Pengujian Cantabro.....	21
II.8 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
III.1 Metode Penelitian.....	26
III.2 Waktu dan Lokasi.....	26
III.3 Alat dan Bahan.....	26
III.3.1 Alat.....	26
III. 3.2 Bahan.....	27
III.4 Metode Pengumpulan Data.....	27
III.4.1 Data Primer.....	27
III.4.2 Data Sekunder.....	28
III.5 Langkah Kerja.....	28
III.5.1 Prosedur Pelaksanaan.....	28
III.6 Bagan Alur Penelitian.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
IV.1 Hasil Uji Karakteristik Material.....	34

IV.1.1 Hasil Pengujian Sifat Agregat	34
IV.1.2 Penentuan Analisis Gabungan.....	36
IV.2 Pengujian Campuran Aspal.....	37
IV.2.1 Marshal Test	37
IV.2.2 Pengujian Cantabro.....	43
BAB V PENUTUP.....	45
V.1 Kesimpulan.....	45
V.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
Lampiran	48

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Ketentuan Sifat campuran laston yang dimodifikasi (AC modifierd).....	7
Tabel II. 2 ketentuan Agregat Kasar Spesifikasi Tahun 2018	12
Tabel II. 3 Spesifikasi Agregat Kasar Untuk Campuran Aspal	13
Tabel II. 4 Ketentuan Agregat Halus Spesifikasi 2018.....	14
Tabel II. 5 Spesifikasi Agregat Halus Campuran Aspal	14
Tabel II. 6 Spesifikasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal	16
Tabel.III 1 metode uji karakteristik agregat halus	29
Tabel.III 2metode uji karakteristik agregat kasar	29
Tabel.III 3 Jumlah Benda Uji	31
Tabel IV. 1 sifat sifat fisik agregat kasar	34
Tabel IV. 2 sifat sifat fisik agregat halus	35
Tabel IV. 3 Sifat Fisik Abu Batu	35
Tabel IV. 4 Karakteristik Buah Pinus	35
Tabel IV. 5 Analisis Gabungan Agregat.....	36
Tabel IV. 6 pengujian marshall.....	37
Tabel IV. 7 Hasil Cantabro	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1	Komponen Struktur Perkerasan Lentur.....	4
Gambar.III 1	Alat pengujian Marshall.....	31
Gambar.III 2	Alat Pengujian Cantabro.....	32
Gambar.III 3	alur penelitian.....	33
Gambar Iv. 1	Grafik Gradasi Agregat Gabungan.....	36
Gambar Iv. 2	Grafik Stabilitas.....	38
Gambar Iv. 3	Grafik Flow.....	39
Gambar Iv. 4	Grafik Void In The Mix.....	40
Gambar Iv. 5	Grafik Void In Mineral Agregate.....	41
Gambar Iv. 6	Grafik Void Filler In Bitumen.....	42
Gambar Iv. 7	Grafik Marshall Quetion.....	43
Gambar Iv. 8	Grafik Uji Cantabro.....	44

DAFTAR SINGKATAN DAN SIMBOL

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
PC	Porland Cement	1
AC-WC	Asphalt Concrit- Wearing Course	1
CBR	California Bearing Ration	5
Laston	Lapisan Beton	6
AC	Asphalt Concrit	7
AC-Base	Asphalt Concrete-Base	7
AC-BC	Asphalt Concrete-Binder Course	7
AC-Base	Asphalt Concrete-Base	7
SNI	Standar Nasional Indonesia	8
	American Association for Testing And Materia	
	Standar Konstruksi Bangunan	
SKBI	Indonesia	11
PTM	Pensylvania teks methode	12
	Ammerican Standart Twsting and	
ASTM	Material	12
VIM	Voids in Mix	18
VMA	Voids in The Materials Aggregate	19
VFA	Void Filed With Aspal	13
MQ	Marshall Quetient	21
Dkk	Dan kawan kawan	22
VFB	Voids Filled with Bitumen	22
PET	Polyethylene terephtalate	22
AMP	Ashpalt Mixing Plant	23

SIMBOL

Mm	Milimeter	2
%	Persen	2
°C	Derajat Celcius	6
Kg	Kilogram	8
Gr	Gram	18
Gr/cc	Gram/Sentimeter Kubik	19
inch	Inchi	21
Kg/mm	Kilogram/Milimeter	22
-	Negatif	23
w	Watt	26
±	Kurang Lebih	30

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pembangunan adalah hasil dari kegiatan dan program dibuat oleh pemerintah yang peruntukan bagi masyarakat untuk menunjang pencapaian kesejahteraan social, demokratis politik dan sebagainya dengan cara meningkatkan pembangunan. Pembangunan adalah suatu usaha atau rangkaian kegiatan usaha pertumbuhan dan perubahan yang terencana dan dilaksanakan secara sadar oleh suatu bangsa dan negara serta pemerintahan dalam rangkaian pembinaan bangsa.

Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam sistem transportasi untuk menghubungkan dari tempat ke tempat lain. Dengan adanya jalan, sangat berpengaruh dalam kegiatan ekonomi, social dan budaya. Namun untuk kelancaran kegiatan transportasi diharapkan jalan memiliki kondisi yang baik guna mempercepat kelancaran mobilisasi barang atau jasa secara aman dan nyaman.

Aspal beton adalah sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya pun di negara Indonesia dari tahun ke tahun semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena aspal beton mempunyai kelebihan dibanding bahan lainnya, disamping harga yang relative lebih murah dibanding beton pada umumnya. Kemampuan dalam mendukung beban berat kendaraan cukup tinggi, dapat dibuat dari bahan-bahan local yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca. Jenis perkerasan ini merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sehingga bahan pengikat pada suhu tertentu.

Ada empat sifat dasar aspal beton yang harus diperhatikan dalam merencanakan campuran aspal beton. Seperti stabilitas, durabilitas, fleksibilitas dan mempunyai tahanan terhadap slip (*skid resistance*). Apabila keempat sifat tidak dapat diwujudkan secara optimum, maka perencanaan campuran aspal beton tidak

dapat dilakukan karena campuran yang baik harus mempunyai kecukupan yang dalam keempat sifat diatas.

Bahan pengisi (*filler*) dalam campuran aspal beton adalah bahan yang lolos saringan no 200 (0.075 mm). pengisiannya dilakukan secara terstruktur, jika terlalu banyak bahan pengisi dalam campuran akan menyebabkan aspal beton menjadi sangat kaku dan mudah retas mekipun telah dilakukan penambahan aspal yang lumayan banyak guna memenuhi *workability*. Sebaiknya kekurangan bahan campuran akan berakibat lentur sehingga mudah terdeformasi oleh roda kendaraan dan menghasilkan jalan yang bergelombang. macam bahan pengisi yang dapat disguankan seperti; abu batu, porland cement(pc). Debu dolomite, abu terbang, debu tanur tinggi pembuat semen dan buah pinus (dihaluskan untuk filler). Pada penelitian ini bahan pengisi dibatasi antara 2% hingga 8% dari berat total campuran aspal beton. Jenis bahan pengisi dipilih bunga pinus yang dihaluskan. Maka dari itu penelitian ini merupakan pemanfaatan buah pinus sebagai filler.

Tumbuhan buah pinus merupakan salah satu bagian dari pohon pinus yang banyak tumbuh subur di daerah khususnya kabupaten Enrekang. Buah pinus salah satu tanaman yang memiliki ciri khas berbentuk kerucut, warna buah coklat, keras dan memiliki biji.

Maka dengan ini penulis mengambil sebuah judul skripsi “STUDI CAMPURAN AC-WC MENGGUNAKAN SUBTITUSI FILLER BUAH PINUS”

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan buah pinus sebagai filler pada pengujian parameter Marshall terhadap aspal AC-WC
2. Bagaimana nilai *cantabro* pada campuran AC-WC dengan menggunakan filler buah pinus

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan Penelitian Sebagai Berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh buah pinus sebagai filler pada pengujian parameter Marshall terhadap aspal AC-WC.
2. Untuk mengetahui nilai *cantabro* pada campuran AC-WC dengan menggunakan filler buah pinus

I.4 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang ada dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan pengujian skala laboratorium, tidak dilakukan pengujian skala lapangan.
2. Spesifikasi aspal beton yang di gunakan yaitu Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum.
3. Gradasi bina marga : saringan no 1,5", 1", 3/4", 1/2", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200.
4. Variasi kadar aspal penetrasi 60/70 adalah 6.5%.
5. Variasi kadar buah pinus 25%, 50%, dan 75%.
6. Jumlah tumbukan pemadatan uji 2 x 75.
7. Pengujian yang dilakukan yakni pengujian Marshall dan *cantrabro test*.

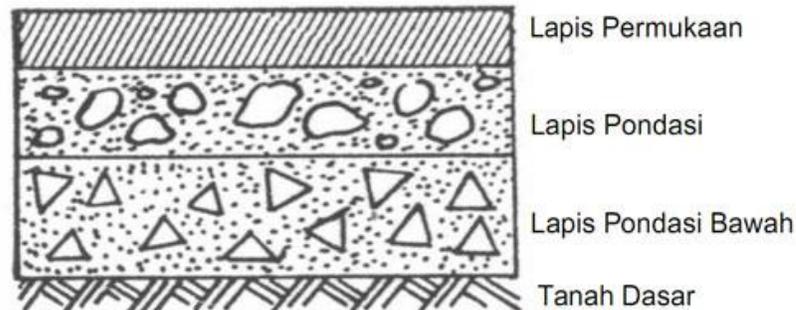
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang memakai aspal menjadi bahan pengikat dan bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Pada umumnya kelenturan dimiliki terhadap lapisan perkerasan atau fleksibilitas sehingga memberikan kenyamanan kendaraan dalam melintas dan menerima beban lalu lintas secara langsung mulai dari ringan hingga berat misalnya, di jalan seperti pada perkotaan dan sistem publik terletak di bawah permukaan jalan atau permukaan jalan konstruksi progresif.

Pada struktur perkerasan lentur terdapat tahapan komponen. setiap lapisan memiliki karakteristik campuran yang berbeda, antara lain:



Gambar II. 1 Komponen Struktur Perkerasan Lentur.

II.1.1. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar merupakan bagian atas tadah dasar untuk perletakan perkerasan lapisan pondasi bawah. Pekerjaan dilakukan berjalan lancar menggunakan syarat lapangan yang memenuhi, mengenai persoalan biasanya memaksa harus menutup tanah dasar menurut efek cuaca, atau lemahnya daya dukung untuk menahan roda alat beban dan perubahan sifat yang terjadi akibat daerah sekitar mengalami perubahan kadar air. Lapisan tanah dasar apabila elevasi

tanah asli berada dibawah permukaan rencana maka tanah timbunan dengan kualitas yang memenuhi persyaratan ketentuan, nilai CBR nya minimal 6% dan timbunan pilihan minimal 10%.

Lapisan tanah bawah berfungsi sebagai berikut:

1. Sebagai alas atau pondasi jalanan yang terdiri terjadi material pada galian atau urugan dipadatkan dengan kedalaman tertentu di bawah dasar struktur perkerasan.
2. Sebagai lapis peresap, supaya air dalam tanah tidak berkumpul pada pondasi.
3. Sebagai lapis pertama, supaya pengaplikasian pekerjaan bisa berjalan lancar.

II.1.2. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah terletak diantara lapisan pondasi atas dan tanah dasar.

Lapisan pondasi bawah berfungsi sebagai berikut:

1. Untuk mencegah partikel-partikel halus berdasarkan tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.
2. Merupakan bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung menyebarkan kendaraan.
3. Berperan sebagai pondasi bawah menggunakan nilai CBR min 60%.
4. Material untuk pondasi bawah relatif lebih murah.

II.1.3. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas berada diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan.

Lapisan pondasi atas berfungsi sebagai berikut:

1. Sebagai bantalan terhadap lapis permukaan.

2. Secara langsung perkerasan secara langsung menerima gaya geser yang ditimbulkan roda dan menyebarnya sampai bawahnya.
3. Drainase sebagai lapisan apabila air hujan merembes lewat retakan atau sambungan.

II.1.4. Lapisan Permukaan (*Surface course*)

Lapisan bagian atas berdasarkan struktur perkerasan. berfungsi sebagai berikut:

1. Sebagai lapis aus yang langsung menerima gesekan akibat rem pada kendaraan mudah menjadi aus.
2. Sebagai lapis perkerasan penahan beban roda yang memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
3. Sebagai lapis kedap air hujan dan tidak meresap di permukaan tujuannya untuk mencegah kerusakan pada lapisan bawah.
4. Lapisan permukaan yang menghantarkan beban ke bawahnya.

II.2 Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal beton adalah lapisan adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal kasar dan agregat yang bergradasi menerus (*well grade*). Dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan atau kondisi panas pada suhu tertentu. Laston bersifat kedap air, mempunyai structural, awet, kadar aspal berkisar 4-7% terhadap berat campuran dan dapat digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan filler sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70, dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan. Pembuatan Lapis Aspal Beton (Laston) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan

yang mampu memberikan sumbangan day dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Lapisan aspal beton (laston) yang bias disebut AC memiliki 3 jenis campuran, AC lapis aur (AC-wearing course, AC-WC), AC lapis antara (AC- binder course, AC-WC), dan AC lapis pindasi (AC-Base). Masing-masing lapisan memiliki kekurangan meksimum agregat yaitu 29 mm untuk AC-WC, 25.4 mm untuk AC-BC dab 37,5 untuk AC-Base (Bina Marga,2010).

Laston sebagai lapis aus (AC-Wearing Course, AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang berhubuahn langsung dengan beban kendaraan dan lingkunagn sekitar. Laston sebagai lapis aus harus memiliki stabilitas yang tinggi, kedap air, tahan terhadap cuaca dan tahan terhadap gesek (sulaksono,2001).

Fungsi dari AC- WC yaitu:

1. Menyebarkan beban ke lapisan pada bawahnya.
2. Menyelimuti perkerasan berdasarkan dampak cuaca.
3. Menyediakan permukaan yang halus.
4. Menyediakan permukaan yang mempunyai karakteristik yang kesat dan rata sehingga aman dan nyaman untuk dilalui lalu-lintas.

Bahan campuran AC-WC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Bahan-bahan yang digunakan harus diuji terlebih dahulu untuk mengetahui sifat-sifat bahan tersebut.

Tabel II. 1 Ketentuan Sifat campuran laston yang dimodifikasi (AC modifierd)

Sifat sifat campuran	Lapis Aspal Beton (Laston)		
	Lapis aus	Lapisa antara	pondasi

Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0.075 mm dengan kadar efektif	min	1.0		
	max	1.4		
Rongga dalam campuran (%)	min	3.0		
	max	5,0		
Rongga dalam agregat(%)	min	15	14	13
Rongga terisi aspal(%)	min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	min	1000		2250
Pelelehan (mm)	min	2		3
	max	4		6

II.3 Aspal

Menurut SNI (2003), aspal didefinisikan sebagai material perekat (comentitious), berwarna hitam atau cokelat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal adalah material yang pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mecair jika dipanaskan sampai temperature tertentu, dan kembali membeku jika temperature turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Menurut Sukiman (2003) banyak aspal dalam campuran perkerasan sekitar antara 4% - 10% berdasarkan volume campuran.

Menurut Sukiman (2003) aspal yang digunakan sebagai material perkerasan jalan berfungsi sebagai:

1. Pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan Bahan antar sesama aspal.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butiran agregat itu sendiri.

Menurut Totomihardjo (2004) ada beberapa persyaratan aspal sebagai bahan perkerasan jalan, yaitu:

1. Kekakuan/ kekerasan (*stiffness*).
2. Sifat mudah dikerjakan (*workability*).
3. Kuat Tarik (*tensile strength*) dan adhesi.
4. Tahan terhadap cuaca.

Menurut sukasono (2001) aspal adalah sejenis mineral yang umumnya digunakan untuk konstruksi jalan, khususnya perkerasan lentur. Aspal merupakan material organik (*hydrocarbon*) yang kompleks, yang diperoleh langsung dari alam atau dengan proses tertentu. Aspal berbentuk cair, semi pampat atau pampat pada suhu ruang (25°C). penggunaan aspal sebagai material perkerasan cukup luas, mulai dari lapis permukaan, lapis fondasi, lapis aus, maupun lapis penutup. Aspal dibedakan menjadi lima.

1. Aspal alam

Aspal alam di temukan pada pulau boton, prancis, swis dan amerika selatan. Menurut sifat kekerasan aspal alam dapat dibagi menjadi dua yaitu *rock asphalt* dan *lake asphalt*

2. Aspal buatan

Jenis aspal ini di buat dari minyak bumi sehingga dikenal sebagai aspal minyak, selain itu aspal ini harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan, sehingga juga sering di sebut sebagai aspal panas. Bahan baku minyak bumi yang baik untuk pembuatan aspal adalah minyak bumi yang mengandung *paraffin*. Untuk bahan aspal *paraffin* kurang disukai karena akan

mengakibatkan aspal bersifat getas, mudah terbakar dan memiliki daya lekat yang buruk dengan agregat. Minyak bumi dapat di golongan ke dalam 3 kelompok yaitu:

1. *Paraffn base crude oil* adalah minyak yang berkadar *paraffin* tinggi
2. *Asphaltene base carude oil* adalah minyak bumi dengan kadar *paraffin* rendah
3. *Mixed-base crude oil* adalah campuran dari keduanya

Asphalt bace crude oil mengandung banyak gugusan aroma dan siklis sehingga kadar aspalnya tinggi sedangkan kadar *paraffinnya* rendah. Minyak bumi tersebut lalu di suling untuk memisahkan bagian-bagian yang sukar menguap. Sisa dari destilasi ini disuling kembali pada suhu yang sama namun pada tekanan rendah (hampa udara) dan akan menghasilkan fraksi-fraksi seperti gas, minyak, pelumas dan sisa akan dihasilkan aspal semen.

3. Aspal cair

Aspal cair adalah aspal keras yang diencerkan dengan 10- 20% *kerosin., white,spirit* dan *gas oil* untuk mencapai viskositas tertentu dan memenuhi fraksi destilasi tertentu. Viskositas ini dibutuhkan agar aspal tersebut dapat memenuhi agregat dalam waktu singkat dan akan meningkat terus sampai perkerasan pematatan dilaksanakan.

1. Aspal emulsi

Aspal emulsi adalah aspal yang lebih cair daripada aspal cair dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa karena sifat pelarut yang membawa aspal dalam emulsi mempunyai daya Tarik terhadap batuan yang lebih baik daripada pelarut dalam aspal cair, terutama apabila batuan tersebut agak lembab.

2. Tar

Tar adalah sejenis cairan yang diperoleh dari material organik seperti kayu atau batu bara melalui proses destilasi dengan suhu tinggi tanpa zat asam.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum Pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, aspal dibedakan menjadi tiga jenis yaitu :

1. Aspal keras, adalah suatu aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk pampat
2. Aspal cair, adalah aspal minyak yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair, terdiri dari aspal keras yang diencerkan dengan bahan pelarut.
3. Aspal emulsi, adalah suatu jenis aspal yang terdiri dari aspal keras, air, dan bahan pengemulsi dimana pada suhu normal dan tekanan normal berbentuk cair.

II.4 Agregat

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil. Pasir atau mineral lainnya, baik berupa hasil alam maupun hasil buatan. Berdasarkan besar ukuran ayakan agregat dibedakan menjadi tiga macam yaitu :

II.4.1 Agregat Kasar

- a. Fraksi agregat kasar untuk pengujian harus terdiri dari batu pecah dan sediakan sesuai dengan ukuran-ukuran.
- b. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah agregat yang tertahan di atas saringan No. 8 (2.38 mm)

- c. Agregat kasar yang berdebu mempunyai partikel lolos saringan No.200(0.075 mm), tidak boleh digunakan jika lebih besar 1%.
- d. Agregat halus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan-bahan lain yang tidak dikehendaki dan harus memenuhi persyaratan yang diberikan pada tabel II.1 spesifikasi umum 2018.

Agregat kasar pada campuran beraspal berfungsi menaruh kekuatan yang akan mempengaruhi stabilitas campuran dan saling menguncu berdasarkan partikel agregat. Agregat kasar berperan untuk meningkatkan stabilitas dan ketahanan mortar karena pengaruh volume dan merupakan campuran lebih rentan terhadap kelelahan.

Tabel II. 2 ketentuan Agregat Kasar Spesifikasi Tahun 2018

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulvat	SNI 3407:2008	,maks. 12%
	Magnesium sulvat		Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC bergradasi kasar	SNI 2417:2008	MAKS. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 03-2439:2012	Min. 95%
Angularitas (kedalaman dari permukaan <10 cm)		DoT's Pennsylvania Test	95/90 1
Angularitas (kedalaman dari permukaan \geq 10 cm)		method, PTM No.621	80/75 1
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 10%

Material Lolos Ayakan No.200	SNI C117:1012	ASTM	Maks. 1%
------------------------------	------------------	------	----------

(Sumber :Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Perkerasan Aspal Devisi VI)

Tabel II. 3 Spesifikasi Agregat Kasar Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan	% Laston Yang Lolos LASTON (AC) Gradasi Kasar			
	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
½"	37.5	-	-	100
1"	25	-	100	90-100
¾"	19	100	90-100	73-90
½"	1,5	90-100	71-90	55-76
3/8"	9.5	77-90	58-80	45-66
No.4	4.75	43-63	37-56	28-39,5
No.8	2.36	28-39,1	23-34,6	19-26,8
No.16	1.18	19-25,6	15-22,3	12-18,1
No.30	0.6	13-19,1	10-16,7	7-13,6
No.50	0.3	9-15,5	7-13,7	5-11,4
No.100	0.15	6-13	5-11	4,5-9
No.200	0.075	4-10	4-8	3-7

Dokumen pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.3

II.4.2 Agregat Halus

- a. Agregat halus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan lolos saringan No.8.
- b. Pecah agregat halus dan pasir halus ditumpuk terpisah terhadap agregat kasar.
- c. Agregat halus bersih dengan partikel bersih tanpa tanah liat. Batu-batu yang rusak diproduksi di batu dapat memenuhi persyaratan.

Tabel II. 4 *Ketentuan Agregat Halus Spesifikasi 2018*

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempeng Dan Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks.10%

(Sumber : *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Devisi VI Perkerasan Aspal*)

Tabel II. 5 *Spesifikasi Agregat Halus Campuran Aspal*

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos LASTON (AC)		
		Gradasi Halus		
(Inci)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1½"	37,5	-	-	100
1"	25	-	100	90 – 100
¾"	19	100	90 – 100	73 – 90
½"	12.5	90 – 100	74 – 90	61 – 79
⅜"	9.5	72 – 90	64 – 82	47 – 67
No.4	4.75	54 – 69	47 – 64	39,5 – 50
No.8	2.36	39,1 – 53	34,6 – 49	30,8 – 37
No.16	1.18	31,6 – 40	28,3 – 38	24,1 – 28
No.30	0.6	23,1 – 30	20,7 – 28	17,6 – 22
No.50	0.3	15,5 – 22	13,7 – 20	11,4 – 16
No.100	0.15	9 – 15	4 – 13	4 – 10

No.200	0.075	4 – 10	4 – 8	3 – 6
--------	-------	--------	-------	-------

Dokumen pelelangan nasional pekerjaan jasa pelaksanaan konstruksi, Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Tabel 6.3.2.3

Campuran beraspal harus mengandung bahan tambah dan tidak kurang dari 1% sampai dengan 2% terhadap beban total agregat.

Menurut Sukirman (2003) agregat merupakan komponen utama dari suatu struktur perkerasan, yaitu 90-95% berdasarkan presentase berat, atau berkisar antara 75-95% berdasarkan presentase volume. Sifat agregat merupakan salah satu factor penentu kemampuan perkerasan jalan memilikul beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca. Oleh karena itu perlu pemeriksaan yang teliti sebelum di putuskan suatu agregat dapat di pergunakan sebagai material pelaksanaan jalan sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai material perkerasan jalan adalah gradasi, kebersihan, kekerasan, ketahanan agregat, bentuk butiran tekstur permukaan, porositas, kemampuan untuk menyerap air, berat jenis, dan daya kelekatan dengan aspal.

Menurut Sukirman (1992) gradasi agregat diperoleh dari hasil analisis ayakan dengan menggunakan satu set ayakan dimana ayakan yang paling kasar diletakkan diatas dan paling halus diletakkan paling bawah. Gradasi agregat dapat dibedakan sebagai berikut:

1. Gradasi seragam (*uniform gradel*)

Gradasi seragam adalah agrgat dengan ukuran hamper sama/ sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka agregat dengan dradasi seragam akan menghasilakan lapisan perkerasan jalan dengan sifat permeabilitas tinggi. Stabilitas kurang berat volume kecil

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Campuran agregat yang bergradasi rapat atau baik mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas yang tinggi. Tinggi stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada

3. Gradasi buruk (*poorly graded*)

Gradasi buruk atau jelek merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi dua kriteria di atas. Agregat yang bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah, yang merupakan campuran agregat dengan satu fraksi hilang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutu terletak di antara kedua jenis di atas

Tabel II. 6 Spesifikasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Aspal

Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos terhadap total agregat		
		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	WC	BC	Base
1½"	37,5			100
1"	25		100	90-100
¾"	19	100	90-100	76-90
½"	12,5	90-100	75-90	60-78
⅜"	9,5	77-90	66-90	52-72
No.4	4,75	53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	33-53	30-49	23-41
No.16	1,18	21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	14-30	12-28	10-22
No.50	0,300	9-22	7-20	6-15
No.100	0,150	6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber: Spesifikasi Umum 2018 devisi 6 tabel 6.3.2.3

II.5 Bahan Pengisi (Filler)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, bahan pengisi (*filler*) adalah bahan berbutir halus yang lolos ayakan NO. 30 dimana presentase berat berbutir yang lolos ayakan no. 200 nominal 65%.

Menurut totomiharjo (1994), bahan pengisi dapat berupa abu batu, kapur, semen *porland* atau bahan lainnya. Campuran agregat-agregat akan membentuk gradasi tertentu sesuai dengan yang ketentuannya. Penggunaan *filler* dalam campuran beton aspal akan sangat memengaruhi karakteristik beton aspal tersebut. Pengaruh penggunaan *filler* terhadap campuran aspal antara lain meningkatkan kekuatan dan kepadatan campuran.

Pada penelitian ini bahan pengisi yang digunakan adalah buah pinus. Buah pinus banyak terbuang dari pohonnya setelah jatuh. Didaerah yang banyak di tumbuh pohon pinus, untuk pemanfaatan buahnya sendiri di daerah sumber podang masih belum banyak. Dalam penelitian ini untuk memnfaatkan buah pinus yang tak terpakai, buah pinus di manfaatkan sebagai pengganti filler pencampuran aspal beton AC-WC. Karena di daerah sumber podang belum ada pemanfaatan sebagai kerajinan maupun lainnya. Dalam kandungannya buah pinus memiliki sedikit kadar minyak terpenting mengandung senyawa *terpence* biasanya digunakan sebagai pelarut untuk mengencerkan cat minyak, dan bahan vernis.

II.6 Metode Pengujian Marshall

Untuk mengukur kualitas campuran aspal beton, maka dilakukan serangkaian pengujian dengan metode *Marshall*. Dimana *Marshall* sendiri diambil dari nama alat penguji kestambilan benda uji campuran aspal beton yang ditemukan oleh seseorang bernama Marshall bruce, dan dikembangkan kembali oleh U.S *corps of engginering*.

Dalam serangkaian pengukuran kualitas campuran dengan menggunakan metode *Marshall*, akan didapatkan beberapa data yang harus diolah terlebih dahulu dalam menggunakan rumus-rumus empiris, agar didapatkan nilai akhir yang dapat digunakan sebagai parameter kualitas campuran aspal beserta rumus-rumus empiris yang digunakan untuk mengelolah data meliputi :

II.6.1 Kepadatan

Kepadatan merupakan nilai yang menunjukkan kepadatan campuran hasil dari perbandingan berat campuran di udara dengan berat campuran dalam keadaan jenuh dan didalam air. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung nilai kepadatan:

$$G_{se} = \frac{w_m}{(W_{mssd} - W_{mpw})} \dots\dots\dots II.1$$

Keterangan:

W_m : berat benda uji setelah dipadatkan (gr)

W_{mssd} : berat benda uji keadaan jenuh setelah dipadatkan (gr)

W_{mow} : berat benda uji dalam air setelah dipadatkan (gr)

II.6.2 VIM *Vois in mix*

Merupakan nilai untuk rongga yang ada dalam campuran. Nilai VM ini dinyatakan dalam persentase menggunakan bilangan decimal atau satu angka dibelakang koma. VIM dapat menjadi suatu tolak ukur kepadatan, kekedapan, serta durabilitas suatu campuran. Nilai VIM untuk campuran aspal porus yang berada antara 18%-25%. Adapun rumus perhitungan yang digunakan untuk mencari nilai VIM adalah berikut:

$$VIM = \frac{G_{mm} + G_{mb}}{G_{mm}} \times 100 \dots\dots\dots II.2$$

Keterangan:

- Vim : rongga udara pada campuran (%)
- Gmm : berat jenis campuran maksimal setelah pemadatan (gr/cc)
- Fmb : berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc)

II.6.3 VMA Vid Material Agregat

Merupakan persentase nilai untuk rongga yang ada agregat dan dinyatakan dalam bilangan bulat. VMA menunjukkan nilai rongga yang terbentuk antar agregat. Berikut merupakan rumus perhitungan yang digunakan yang digunakan untuk mencari nilai VMA:

$$VMA = \frac{100(Gsb+Gsa)+Gmb \times pb}{Gsab} \dots\dots\dots II.3$$

Keterangan :

- VMA : rongga udara pada mineral agregat (%)
- Gmm : berat jenis bulk campuran setelah pemadatan (gr/cc)
- Gsb : berat jenis Bulk dari total agregat (gr/cc)
- Ps : persentase kadar agregat terhadap total campuran

II.6.4 VFA Void Filled With Aspal

Merupakan persentase nilai rongga antar agregat yang terisi oleh aspal. Nilai VFA didapat dari perbandingan antar nilai VIM dan VMA. Berikut merupakan rumus perhitungan yang digunakan untuk mencari nilai VFA:

$$Gse = \frac{(VMA-VIM)}{VMA} \times 100 \dots\dots\dots II.4$$

Keterangan :

- VFA : presentase rongga udara yang terisi oleh aspal (%)

VMA : presentase rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM : persentase rongga udara pada campuran (%)

II.6.5 Stabilitas

Stabilitas merupakan suatu niali ketahanan terhadap nilai kelelahan plastis atau ketahanan terhadap tekanan maksimum (*flow*) dan ketahanan terhadap terjadinya alur (*ruting*) pada suatu campuran aspal. Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir, pengucian antar partikel dan daya ikat dari lapisan aspal. Untuk memperoleh nilai stabilitas digunakan alat *Marshall test*, alat tersebut merupakan alat tekan dengan kecepatan tekan berkisar antara 50 mm/menit dan dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) dengan kapasitas antara 2500 kg atau 5000 pon.

Priving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur nilai stabilitas campuran. Stabilitas dinyatakan dalam bilangan bulat tanpa decimal dibelakang. Namun untuk beberapa benda uji dengan nilai stabilitas tinggi melampaui kapasitas *proving ring*, terpaksa di gunakan alat penguji tekan lainnya seperti UTM dan alat tekan beton dengan kapasitas diatas *poving ring*, terpaksa digunakan alat penguji tekan lainnya seperti UTM dan alat tekan beton dengan kapasitas diatas *proving ring*. Berikut rumus perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai stabilitas.

$$S = p \times q \dots\dots\dots II.5$$

Keterangan :

S : nilai stabilitas (kg)

P : pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi

q : angka koreksi

II.6.6 Kelelehan Palstis *Flow*

Flow merupakan perubahan bentuk campuran akibat suatu pembebanan yang terjadi hingga keruntuhan yang dinyatakan dalam 1 mm atau 0,01 ich. Nilai *flow* digunakan sebagai indikator terhadap kelenturan. Dalam pengujian, nilai *flow* dapat dibaca pada arloji untuk nilai *flow* pada *Marshall test machine*, atau dapat diketahui dengan cara pengurangan diameter benda sebelum dan sesudah diuji. Nilai *flow* campuran aspal porus harus berada pada antara 2 mm hingga 4 mm.

II.6.7 Marshall Quotient

Marshall quotient merupakan nilai yang menyatakan kekuatan campuran aspal terhadap tekanan yang diterima. Nilai MQ didapatkan dari perbandingan antar nilai stabilitas dan *flow* dengan satuan kg/mm.

II. 7 Pengujian Cantabro

Cantabro merupakan pengujian untuk mengetahui durabilitas campuran aspal dengan metode analitik menggunakan mesin los angeles. Mesin los angeles bertujuan untuk mengetahui keausan (abrasi) pada benda uji (permana et al, 2019). Dalam pengujian cantabro ini, dapat mengevaluasi kemampuan benda uji untuk menahan abrasi dengan mesin los angeles tanpa menggunakan bola baja sebagai sisipan di dalam mesin. Pengujian ini bertujuan mensimulasikan abrasi lalu lintas yang terjadi dilapangan dan mengakibatkan penurunan nilai aspal. Pada saat pengujian mesin los angeles berputar setidaknya 300 putaran. Batas yang direkomendasikan untuk kehilangan abrasi adalah 20%.

$$\text{Nilai keausan} = \frac{A-B}{B} 100\% \dots\dots\dots \text{II.6}$$

Keterangan:

A= berat benda uji semula

B= berat benda uji setelah pengujian

II.8 Penelitian Terdahulu

1. Pada penelitian yang dilakukan oleh April Gunarto.dkk, 2020 dengan judul: Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Buah Pinus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui campuran buah pinus menggunakan metode Marshall, dan untuk mengetahui kadar aspal optimum yang dihasilkan pada campuran aspal beton dengan bahan pengisi buah pinus di tinjau dari cadangan Marshall, Aliran, VIM(Voids In Mix), VMA(Void In Mineral Agregat), VFB(Void Filled Bitumen), dan Marshall Quotients. Hasil penelitian ini tentang karakteristik Marshall diperoleh Kadar Aspal Optimal 6.5% dengan nilai stabilitas rata-rata 1417, nilai aliran rata-rata 3,6 mm, nilai rata-rata VIM (Voids In Mix)4,11%, nilai rata rata VMA (Void In Mineral Agregat) 16,69%, nilai rata-rata VFB (Void Filled Bitumen) 73,57%, dan nilai rata-rata Marshall Quotient (mq) 314 kg/mm. Persamaan yang ada dalam penelitian ini adalah menggunakan buah pinus sebagai filler dan menggunakan kadar aspal optimum yang sama. Sedangkan perbedaan yang ada dalam penelitian ini menggunakan kadar filler yang bervariasi..
2. Berdasarkan penelitian yang berjudul : Pengaruh Substitusi Pet Dan Abu Buah Pinus Menggunakan Metode Pencampuran Basah Dan Metode Pencampuran Kering Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Stabilitas: (Illiyyuna Diashafa Marwati.dkk,2021). Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik campuran beton aspal AC-WC melalui pengujian mashall terhadap substitusi PET menjadi penetrasi 60/70 aspal dan filler ABP dengan menggunakan metode pencampuran basah dan kering metode. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kestabilan untuk kedua metode pencampuran tingkat terbaik ditentukan pada substitusi 7% PET dan kombinasi filler ABP dengan kadar aspal 6,29% 1226,12 kg untuk metode pencampuran basah dan 1291,43 kg untuk pencampuran kering metode. Nilai daya tahan untuk metode pencampuran basah diperoleh 90,87% dan untuk metode pencampuran kering diperoleh sebesar 91,55% kedua uji durabilitas ini telah memenuhi spesifikasi 90%. Persamaan pada penelitian menggunakan filler

buah pinus. Sedangkan perbedaan yang ada dalam penelitian ini menggunakan kadar filler yang bervariasi.

3. Pada penelitian ini yang berjudul " Pengaruh Gradasi Terhadap Karakteristik Campuran Laston (I Made agus ariawan dan I.A.Rai widhiawati, jurnal ilmiah Teknik sipil vol.24, No.2, juli 2010) penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik campuran laston yang dihasilkan dari variasi-variasi gradasi agregat, serta untuk mengetahui pengaruh yang diberikan dari variasi gradasi campuran agregat terhadap karakteristik laston. Pada persamaan yang ada dalam penelitian ini adalah menggunakan Lapisan Aspal Beton (Laston). Sedangkan perbedaan yang ada adalah penelitian ini hanya meneliti tentang variasi gradasi campuran agregat.
4. Penelitian ini yang berjudul " Perbandingan Gradasi Agregat Gabuahn Campuran AC-WC Sebelum Dan Setelah Penghamparan Dengan Job Mix Formula (Mutual Anggraini 2010). tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan gradasi agregat gabuahn campuran AC-WC sebelum penghamparan (AMP) dengan job mix formula, mengetahui perbandingan gradasi gabuahn campuran AC-WC setelah penghamparan (diambil dari belakan finisher) dengan Job Mix Formula. Hasil penelitian ini terjadi perubahan gradasi antara sebelum penghamparan (AMP) dengan Job Mix Formula, angka deviasi yang di dapat sebesar -3,11%. Dan perubahan gradasi antara setela penghamparan(dari belakang finisher) jengan Job Mix Formula, angka deviasi yang didapat sebesar -2,69%. Persamaan yang ada pada penelitian ini melakukan campuran lapisan AC-WC dan sedangkan perbedaan pada penelitian ini adalah metode yang digunakan dengan cara Analisa saringan dan untuk evaluasi terhadap gradasi agregat gabuahn dilakukan dengan Extrakcion Test, dengan menguraikan lagi gradasi agregat gabuahn dimana aspal sebagai bahan pengikat sudah lepas dari agregat.
5. Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh David triadi ,2019 yang berjudul " Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Pada Campuran

Aspal (AC-WC). Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian Marshall dengan kadar aspal 5%, 5,5%,6%,6,65%da7% didapat Kadar Aspal Optimum yaitu 7% dalam penelitian ini filler yang di pakasi adalah abu sekam padi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain penambahan filler abu sekam tersebut untuk nilai karakteristik Marshall test dan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum agar bias di pergunakan di asphalt mixing plant(AMP) persamaan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall test dan nilai kadar aspal optimum . Sedangkan perbedaan yang ada adalah penelitian ini menggunakan abu sekam sebagai filler.

6. Berdasarkan penelitian ini yang dilakukan oleh Faiz Syam Ridwan dan Nadia, jurnal constraksial, volume 8, No.2 juli 2017. Yang berjudul”Analisis Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton”.

Rumusan masalah yang ada pada penelitian ini meliputi :

- a. Berapa nilai stabilitas Marshall pada campuran aspal beton dengan menambahkan abu sekam sebagai filler pada tiap-tiap variasi campuran
- b. Berapa nilai flow pada campuran aspal beton dengan penambahan abu sekam sebagai filler pada tiap-tiap variasi campuran.

Berdasarkan hasil pengujian campuran abu sekam sebagai filler dapat meningkatkan nilai stabilitas aspal sampai kadar abu sekam 7% yaitu sebesar 854,3 kg dan mengalami penurunan pada kadar 7,5 % yaitu sebesar 812,19 kg. campuran abu sekam dapat menikat nilai kelelahan flow pada aspal beton 7,5 % yaitu sebesar 2,12 mm. nilai vim terbesar pada kadar abu sekam 7,5% yaitu sebesar 14,16%, nilai vim tidak memenuhi syarat yang telah ditetapkan oleh bina marga tahun 2010 devisi 6 revisi 3 yaitu sebesar 3-5 %. Nilai vwa paling besar yaitu 7,5% sebesar 36,11% . sedangkan nilaki VMA terbesar pada penambahan kadar abu sekam 7,5% yaitu sebesar 32,36%. Persamaan pada penelitian ini peneliti melakukan pengujian nilai stabilitas Marshall pada campuran aspal beton dan nilai flow pada campuran aspal beton. Perbedaan

adalah peneliti menggunakan abu sekam sebagai filler pada campuran aspal beton, variasi kadar yang di gunakan berbeda.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah eksperimen yang pada laboratorium dengan menggunakan system pencampuran aspal. Sehingga akan mendapatkan hasil-hasil pengamatan yang dibutuhkan sebagai metode pengumpulan data dan pengolahan data. Adapun yang dibutuhkan adalah data primer dan data sekunder.

III.2 Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan juni 2022, yang dilakukan pada Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar Jl. Prof Abdurrahman Basalaam (Racing Center) No. 101, Karampuang, Panakukang Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia.

III.3 Alat dan Bahan

III.3.1 Alat

Alat yang digunakan untuk pengujian aspal yaitu:

1. Pengujian Marshall test

Alat pengujian cantabro:

1. Los angeles

Alat yang digunakan untuk pengujian agregat yaitu:

1. Alat pengujian *Marshall test*
2. Saringan NO. $\frac{3}{4}$; $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{8}$; 4; 8; 200; pan
3. Mesin penggetar ayakan (*vibrator*), oven (temperature 300° c dan daya listrik 220 w), timbangan (kapasitas 50 kg)
4. Alat uji berat jenis (*picnometer*, timbangan, pemanas)

5. Bak perendam dan tabung equivalent
 - a. Alat penguji campuran metode *Marshall*
 - b. Alat pengujian cantabro
 - c. Alat bantu
 1. Ejector
 2. Kaos tangan
 3. Panic pencampur
 4. Timbangan
 5. Sendok pengaduk
 6. Kain lap
 7. Thermometer
 8. Kompor pemanas
 9. Spatula

III. 3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan

1. Agregta kasar
2. Agregat halus
3. Filler dalam hal ini menggunakan buah pinus
4. Aspal minyak

III.4 Metode Pengumpulan Data

III.4.1 Data Primer

Perolehan data primer perlu terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan bahan yang akan digunakan. Adapun pemeriksaan bahan yang dilakukan pada penelitian ini adalah meliputi pemeriksaan terhadap agregta kasar, agregat halus, filler, dan aspal. Tujuan pemeriksaan bahan adalah untuk memastikan bahan yang akan digunakan untuk campuran aspal beton telah memenuhi syarat dan standar yang ditetapkan.

Spesifikasi pemeriksaan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah merujuk kepada Standar Nasional Indonesia (SNI).

III.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber kedua atau dokumentasi Lembaga. Sumber data sekunder adalah data yang dipublikasikan seperti jurnal-jurnal penelitian serupa yang terdahulu dan sumber data sekunder yang tidak dipublikasikan seperti data dari Lembaga pemerintah oleh Departemen Pekerjaan Umum dan Lembaga-lembaga penelitian lainnya. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian merupakan data Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Bina Marga 2018.

III.5 Langkah Kerja

III.5.1 Prosedur Pelaksanaan

a) Tahap 1 (persiapan/ studi literatur)

Pada tahap persiapan ini dimulai dengan pengumpulan berupa data-data yang didapatkan dari hasil pengujian sebelumnya yang telah dilakukan oleh penelitian serta data dari buku-buku dan jurnal-jurnal.

b) Tahap 2 (persiapan alat dan bahan)

Dalam melaksanakan penelitian alat dan bahan sangatlah perlu kita persiapkan terlebih dahulu. Service lokasi dan bahan yang akan digunakan, mendatangkan/pengangkutan bahan uji dan lokasi pengambilan bahan ke laboratorium.

c) Tahap 3 (pengujian karakteristik bahan)

Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari setiap material yang akan digunakan Agar diketahui bahan material tersebut memenuhi standar spesifikasi yang digunakan yaitu SNI.

a. Agregat Halus

Tabel.III 1 metode uji karakteristik agregat halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Material lolos saringan No.200	SNI-03-4428-1997	Maks. 8%
Berat jenis	SNI 03-1970-1990	Maks. 0,2
Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	Maks. 3%
Kadar lumpur	-	Maks 5

Sumber : kementerian pekerjaan umum direktorat jendral bina marga, 2010 revisi 2

b. Agregat kasar

Tabel.III 2 metode uji karakteristik agregat kasar

Pengujian	METODE PENGUJIAN	Nilai
Abrasi dengan mesin los angeles	SNI 2417-2018	Maks. 30%
Partake pipih dan lonjong	ASTM D4791	Maks. 10%
Material lolos saringan No. 200	SNI-03-4142-1996	Maks. 1%
Berat jenis	SNI -03-1969-1990	Maks 3
Penyerapan air	SNI-03-1969-1990	Maks

Sumber: kementerian pekerjaan umum direktorat jendral bina marga,2010 revisi 2

d) Tahap 4 pembuatan benda uji

Pembuatan benda uji menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Mempersiapkan agregat sesuai dengan komposisi variasi campuran yang telah ditentukan.
- b. Panaskan agregat hingga mencapai $\pm 150^\circ$. Masukkan campuran agregat benda uji sesuai dengan komposisi yang sudah didapatkan dan diaduk sampai merata.
- c. Panaskan aspal sampai 140°C diatas suhu campuran ($\pm 130^\circ$)
- d. Tuangkan aspal pada campuran agregat sebanyak 6,5% dan masing-masing sampel dibuat tiga buah benda uji.
- e. Setelah dituang, aspal diaduk dengan cepat sambil diamati msuhunya hingga 140°C - 150°C .
- f. Bersihkan cetakan dan lumuri dengan oli.
- g. Letakkan selembat kertas pengisap pada dasar cetakan.
- h. Masukkan campuran panas tersebut dan tusuk-tusuk dengan spatula agar merata dan ratajan juga permukaan campuran.
- i. Campuran dalam cetakan ditumbuk sebanyak 75 kali dengan tinggi jatuh 45 cm untuk sisi dan dilakukan sama untuk sisi bawah dengan membalik benda uji(pemadatan mharus tegak lurus pada alat cetak)
- j. Setelah benda uji dingi, keluarkan benda uji dengan bantuan dongkrak.
- k. Setiap benda uji diberi tanda.

Pengujian yang akan dilakukan yakni komposisi campuran lapisan aspal beton (AC-WC). Setelah pengujian bahan material dan memenuhi dan memenuhi spesifikasi untuk pembuatan benda uji. Ketentuan yang akan digunakan pada penelitian ini akan mengacu pada ketentuan campuran lapisan aspal beton (AC-WC) dapat dilihat Tabel 1 dan 2.

Tabel.III 3 Jumlah Benda Uji

No	Variasi Buah Pinus Sebagai Filler	pengujian Marshall	pengujian cantabro
1	50%	3	3
2	60%	3	3
3	70%	3	3
Jumlah		9	9
Total		18	

e) Tahap 5 (Pengujian Benda Uji)

Setelah benda uji di buat kemudian dilakukan pengujian dengan cara sebagai berikut:

- a. Pengujian Marshall mengacu pada SNI 06-2489-1991



Gambar.III 1 Alat pengujian Marshall

- b. Pengujian Cantabro dilakukan dengan menggunakan alat Los Angeles



Gambar.III 2 Alat Pengujian Cantabro

Kehilangan berat dapat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$L = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100 \dots\dots\dots \text{III.1}$$

Keterangan:

M_0 : berat sebelum diabrasi (gr)

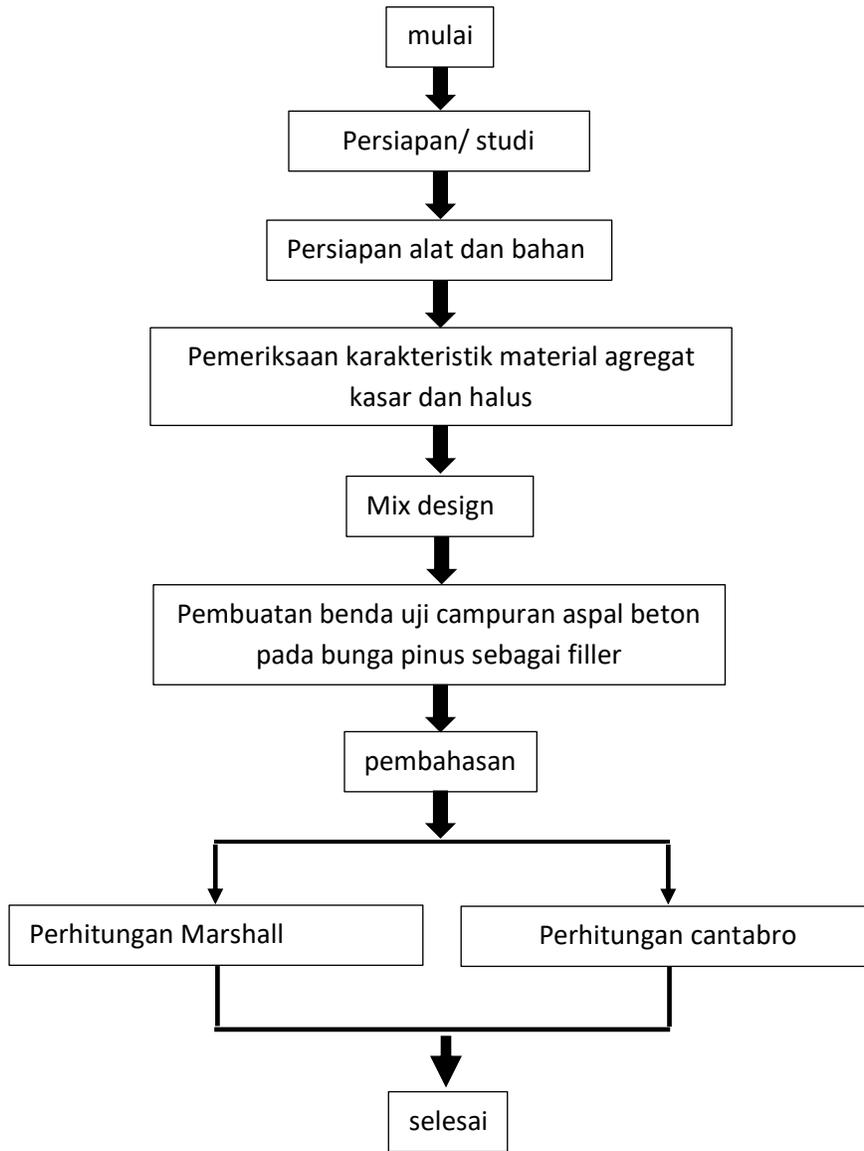
M_1 : berat setelah diabrasi (gr)

L : persentase kehilangan berat (%)

f) Tahap 6 (analisis data)

Pada penelitian ini analisis data-data yang diperoleh dari hasil pengujian yang disajikan dalam tabel, grafik dan gambar yang kemudian dilakukan Analisa-analisa data pada penelitian ini bertujuan untuk memenuhi nilai karakteristi Marshall.

III.6 Bagan Alur Penelitian



Gambar.III 3 alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil Uji Karakteristik Material

Untuk mengetahui hasil pengujian sifat fisik agregat yang ada dalam penelitian ini, memenuhi mutu standar nasional Indonesia (SNI) pengujian agregat. Pengujian agregat ini dilakukan di laboratorium Teknik sipil fakultas Teknik universitas fajar makassar.

IV.1.1 Hasil Pengujian Sifat Agregat

A. Sifat fisik agregat kasar

Hasil pengujian dari sifat fisik agregat kasar dilakukan sesuai metode pengujian dari standar nasional Indonesia (SNI). Dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel dibawah ini

Tabel IV. 1 sifat sifat fisik agregat kasar

No	Pengujian	Nilai Interval	Hasil
1	Penyerapan Air	Maks.3	1.63
2	Berat Jenis Spesifik (%)		
	1. Berat Jenis Bulk	Maks 3	2.75
	2. Berat Jenis Ssd	Maks 3	2.8
	3. Berat Jenis Semu	Maks 3	2.88
3	Keausan (%)	Maks.40	30.28
4	Indeks Kepipihan	Maks.10	24.8

Sumber : hasil pengujian dan perhitungan laboratorium Teknik sipil unifa 2022

Dari tabel IV.1 diatas menjelaskan bahwa hasil dari pengujian agregat kasar berupa batu pecah (chipping). Memenuhi spesifikasi umum direktorat jendral bina marga.

B. Sifat fisik agregat halus

Hasil pengujian dari karakteristik dari sifat fisik dari agregat halus dilakukan sesuai dengan metode pengujian Standar Nasional Indonesia (SNI). Dari hasil pengujian dapat dilihat pada tabel.

Tabel IV. 2 sifat sifat fisik agregat halus

No	Pengujian	Nilai Interval	Hasil
1	Penyerapan Air (%)	Maks.3	1.22
2	Berat Jenis Spesifikasi		
	1. Berat Jenis Bulk	Maks.3	2.58
	2. Berat Jenis Ssd	Maks.3	2.61
	3. Berat Jenis Semu	Maks.3	2.67
3	Kadar Lumpur (%)	Maks.3	1.5

Sumber: Hasil Pengujian Dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil UNIFA 2022

Dari tabel IV.1 diatas menjelaskan bahwa hasil dari pengujian agregat kasar berupa batu pecah (chipping) memenuhi syarat Spesifikasi Umum Direktorat pJendral Bina Marga.

C. Sifat Fisik Abu Batu

Pembuatan benda uji dilakukan di Laboratorium Central Wika Jayamukti, Kec.Cikarang Pusat, Bekasi, Jawa Barat. Hasil pengujian dilakukan berdasarkan standar GB dari China.

Tabel IV. 3 Sifat Fisik Abu Batu

No	Pengujian	Sampel I	Sampel II	Rata-rata
1	Clay Content (kadar lempung)	0,129	0,131	0,130
2	Mud Content (kadar lumpur)	0,188	0,190	0,189
3	Apparent Density	2376,65	2415,95	2396,3

Sumber : Bella Zahra Anggreini, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Semarang, 2021

D. Karakteristik Buah Pinus

Tabel IV. 4 Karakteristik Buah Pinus

No	Sifat Fisik Dan Kimis	Jepang	Ingris	Amerika	Indonesia
1	Kadar Air	6.0-6,0	3.6	6.2	8
2	Kadar Zat Menguap	15-30	16.4	19-28	15
3	Kadar Abu	3.0-6.0	5.9	8.3	8
4	Kadar Karbon Terikat	60-80	75.3	60	77
5	Kerapatan/ Densitas g/cm ³	1.0-1.2	0.46	1	
6	Keteguhan Tekan	60-65	12.7	62	

7	Nilai Kalor cal/gr	6000-7000	7289	6230	5000
---	--------------------	-----------	------	------	------

Sumber : Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan 1994 Dalam Triono 2006

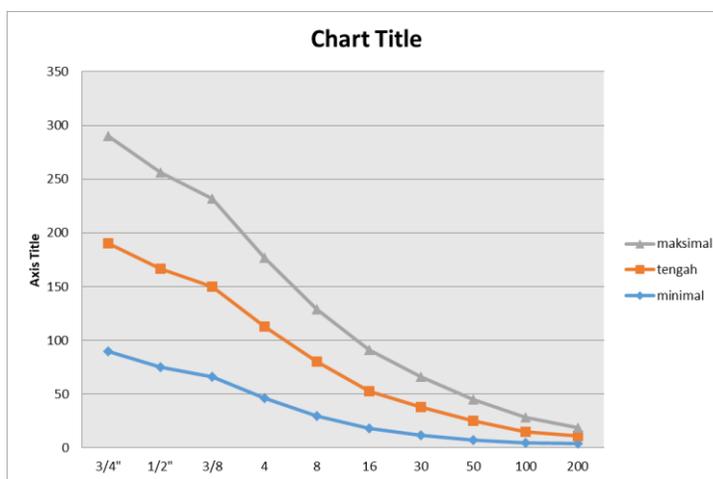
IV.1.2 Penentuan Analisis Gabungan

Penentuan gradasi gabungan dan mix design dalam penelitian ini dilakukan dengan system tril gradation yang mengacu

Tabel IV. 5 Analisis Gabungan Agregat

SIEVE NOMOR		3/4	1/2	3/8	No. 4	No. 8	N0.16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
BATU PECAH	% PASS	100.00	86.67	75.33	48.67	23.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	% BATCH	65	56.33	48.97	31.63	15.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PASIR	% PASS	100	100	100	100	100.00	75.50	52.00	29.50	20.50	
30	% BATCH	30	30	30	30	30	22.65	15.6	8.85	6.15	
DEBU BATU	% PASS	100	100	100	100	100.00	100.00	73.00	50.50	28.00	19.00
5	% BATCH	5	5	5	5	5	3.65	2.525	1.4	0.95	
AGREGAT GABUNGAN		100	91.33	83.97	66.63	50.17	35.00	26.30	18.13	10.25	7.10
SPESIFIKASI		100	90-100	77-90	53-69	33-53	21-40	14-30	9-22	6-15	4-9'

Sumber: hasil pengujian dan perhitungan laboratorium Teknik sipil universitas makassar 2022



Gambar IV. 1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Pada Tabel IV.1 dan Gambar IV.1 menunjukkan bahwa pada gradasi gabungan agregat pada penelitian telah memenuhi nilai pada Spesifikasi Umum Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum (2010) . presentasi pada masing-

masing agregat yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregta kasar, agregat halus, filler serta penetras n i aspal minyak pen 60/70 sebesar 6,5%.

IV.2 Pengujian Campuran Aspal

IV.2.1 Marshal Test

Hasil pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai VIM, VMA, VFB, stabilitas, flow dan marshall quotient terhadap campuran aspal benda uji. Adapun variasi pada substitusi filler buah pinus adalah 0%, 25%, 50%, 75% dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel IV. 6 pengujian marshall

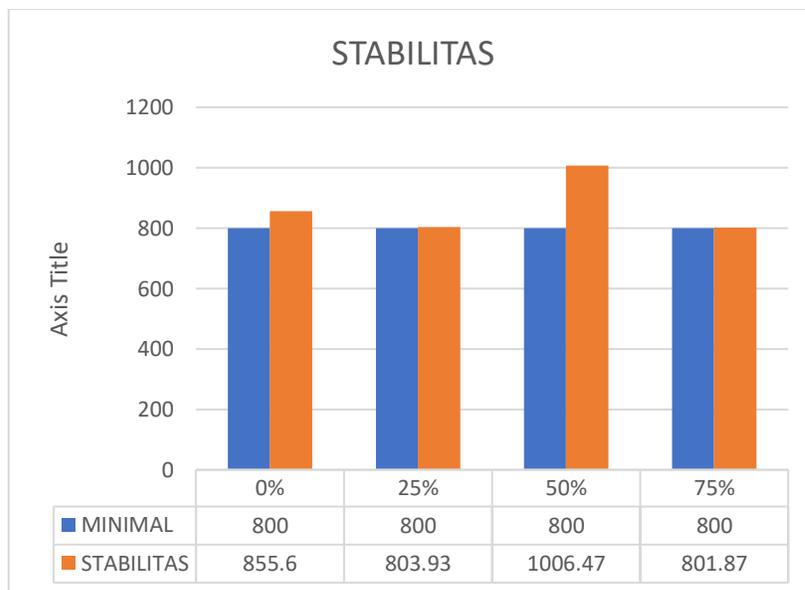
Varasi Subtitusi Buah pinus	No. Sampe 1	Nilai Hasil Pengujian Marshall					
		VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
0%	1	16.22	29.19	44.41	768.80	2.80	274.57
	2	9.49	23.49	59.62	806.00	3.80	212.11
	3	7.45	21.77	65.78	930.00	2.50	372.00
Rata-rata		11.05	24.82	56.60	834.93	3.03	286.23
25%	1	9.56	23.55	59.42	781.20	3.90	200.31
	2	6.77	21.20	68.04	744.00	3.50	212.57
	3	9.48	23.49	59.63	886.60	2.50	354.64
Rata-rata		8.60	22.75	62.37	803.93	3.30	255.84
50%	1	9.73	23.70	58.94	1184.20	4.00	296.05
	2	10.41	24.27	57.12	1134.60	2.90	391.24
	3	9.45	23.46	17.12	700.60	3.40	206.06
Rata-rata		9.86	23.81	44.39	1006.47	3.43	297.78
75%	1	10.00	23.93	58.20	775.00	3.20	236.38
	2	9.07	23.14	60.80	644.80	2.80	276.79

	3	8.04	22.27	63.91	1023.00	2.50	409.20
Rata-rata		9.04	23.11	60.97	851.47	2.83	307.45

Sumber : Hasil Pengujian Dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar 2022

IV.2.1.1 Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah beban yang dapat ditahan pada campuran aspal sampai terjadi kelelahan plastis atau dengan arti lain yaitu, kemampuan lapis keras untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rating*). Berdasarkan aturan yang ada pada Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2 yang mengisyaratkan nilai minimal pada stabilitas adalah 800 kg. Pada penelitian ini hasil yang didapatkan pada stabilitas dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini :



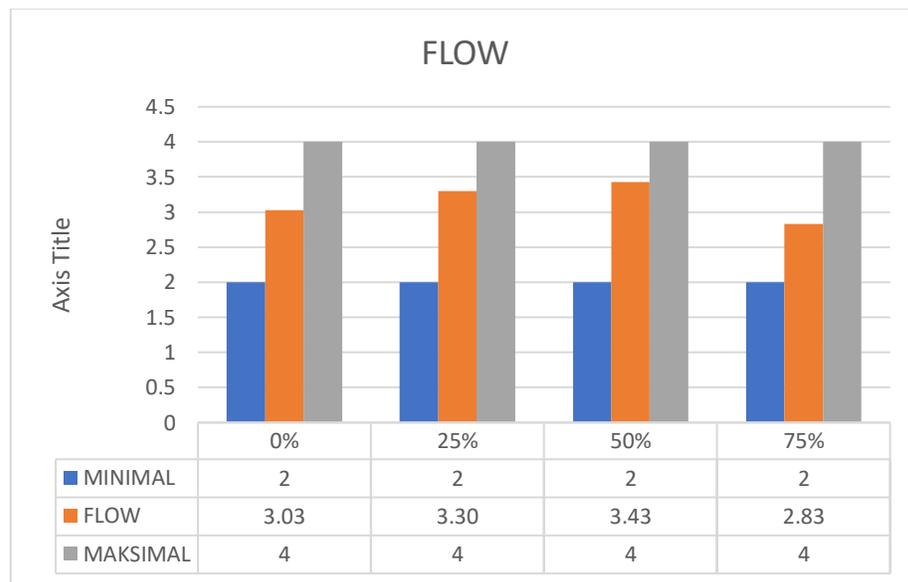
Gambar IV. 2 Grafik Stabilitas

Hasil dari Tabel IV. 4 diatas dapat dilihat dalam bentuk grafik pada Gambar IV. 2 dimana hasil rata-rata yang diperoleh pada variasi 0% sebesar 855.6 kg, untuk variasi 25% nilai rata-rata yang diperoleh sebesar 803.93 kg, untuk variasi 50% nilai rata-rata yang diperoleh adalah 1006.47 kg dan untuk variasi 75% nilai rata-rata yang

diperoleh adalah 801.87 kg. Nilai rata-rata yang diperoleh pada pengujian ini mencapai Spesifikasi Bina Marga, sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan buah pinus terhadap substitusi agregat halus pada pengujian stabilitas dapat digunakan pada campuran aspal pada lapisan AC-WC.

IV.2.1.2 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*Flow*) adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima.

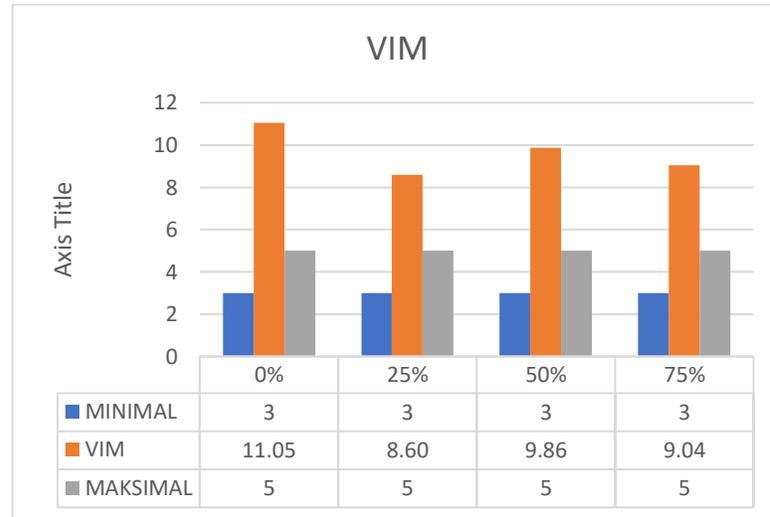


Gambar IV. 3 Grafik Flow

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar IV.3 yang menunjukkan bahwa variasi pada 0% memperoleh hasil sebesar 3.03 mm, untuk variasi 25% memperoleh nilai sebesar 3.30 mm, untuk variasi 50% memperoleh nilai sebesar 3.43 mm dan untuk variasi 75% memperoleh nilai sebesar 2.83 mm dimana nilai rata-rata tersebut memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga.

IV.2.1.3 VIM (*Void In The Mix*)

Void In The Mix adalah presentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan lapis perkerasan, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat berongga.



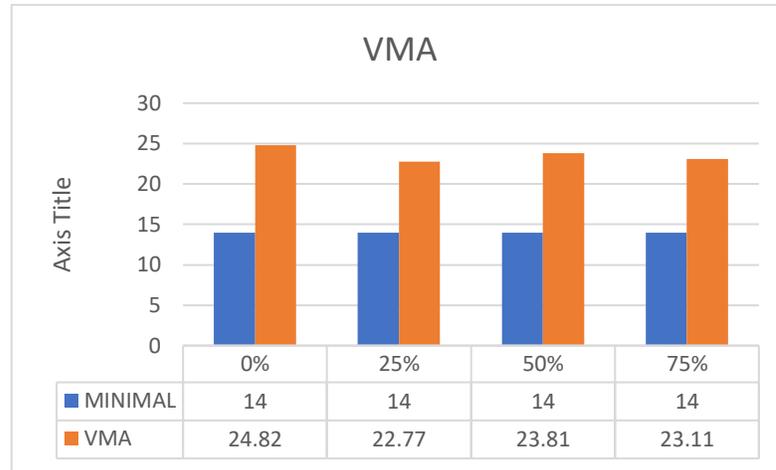
Gambar IV. 4 Grafik Void In The Mix

Pada Gambar IV.4 dapat dilihat nilai yang diperoleh pada variasi 0% sebesar 11.05%, untuk variasi 25% sebesar 8.60%, untuk variasi 50% sebesar 9.86% dan untuk variasi 75% sebesar 9.04%. Berdasarkan Standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Revisi 2 yang diisyaratkan yaitu minimal 3% dan maksimal 5%, sehingga dapat dilihat pada Gambar IV.4 diatas bahwa hasil yang diperoleh tidak memenuhi syarat spesifikasi karena sudah melebihi syarat maksimal yang ditentukan.

IV.2.1.4 VMA (*Void In Mineral Agregate*)

Void In Mineral Agregate adalah rongga udara butir agregat aspal padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume, kuantitas terhadap rongga udara berpengaruh terhadap kinerja suatu campuran karena jika VMA terlalu kecil maka campuran bisa mengalami masalah durabilitas dan

jika VMA terlalu besar maka campuran bisa memperlihatkan masalah stabilitas dan tidak ekonomis untuk diproduksi.

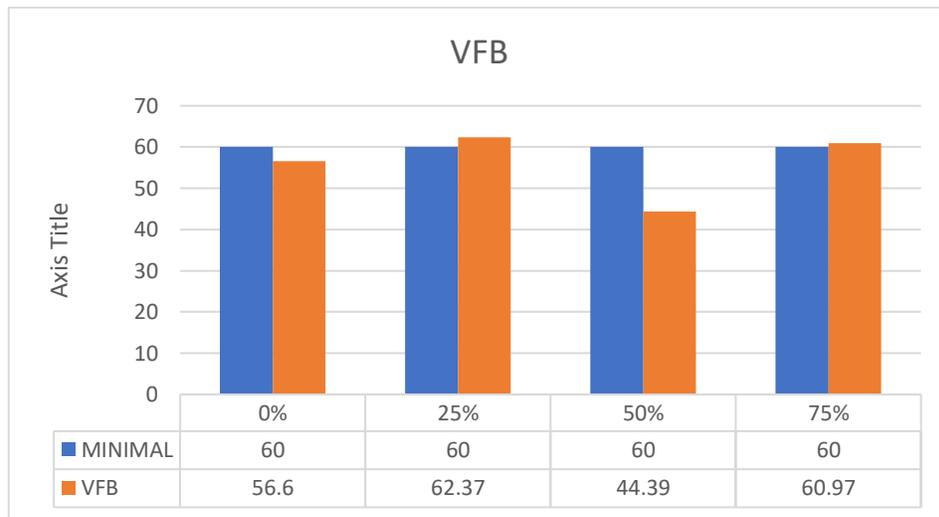


Gambar IV. 5 Grafik Void In Mineral Agregate

Berdasarkan hasil yang diperoleh nilai pada variasi 0% sebesar 24.82%, untuk variasi 25% memperoleh nilai sebesar 22.77%, untuk variasi 50% memperoleh nilai sebesar 23.81% dan untuk variasi 75% memperoleh nilai sebesar 23.11%. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa nilai yang diperoleh dari pengujian VMA memenuhi syarat spesifikasi yang ditentukan.

IV.2.1.5 VFB (*Void Filler In Bitumen*)

Void Filler In Bitumen adalah presentase pori antara butir agregat yang terisi aspal, sehingga VFB merupakan bagian dari VMA yang terisi oleh aspal dan termasuk didalamnya aspal yang terabsorpsi oleh masing-masing butir agregat.

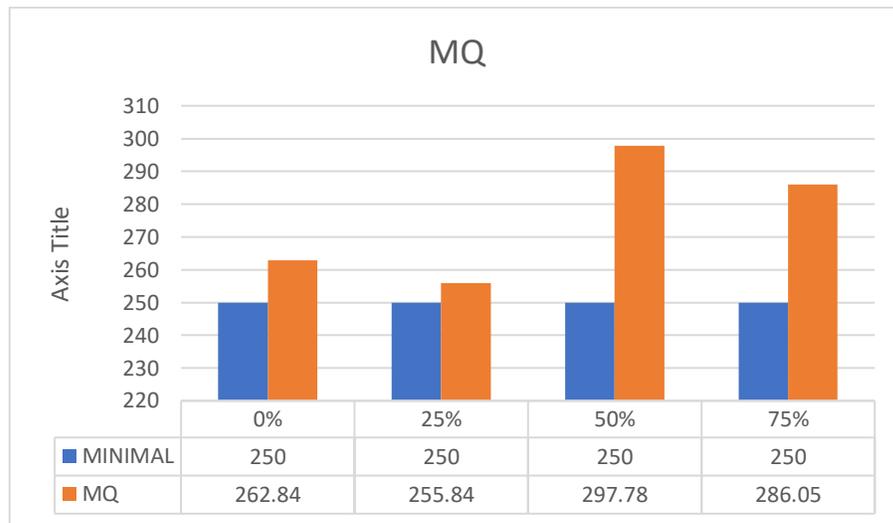


Gambar IV. 6 Grafik Void Filler In Bitumen

Dapat dilihat bahwa grafik yang ada pada Gambar IV.6 diatas menjelaskan bahwa nilai yang diperoleh pada variasi 0% sebesar 56.6%, untuk variasi 25% sebesar 62.37%, untuk variasi 50% sebesar 44.39% dan untuk variasi 75% sebesar 60.97%. Berdasarkan Standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 yang diisyaratkan yaitu minimal 60%, maka dapat disimpulkan bahwa nilai pada pengujian VFB tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

IV.2.1.6 MQ (*Marshall Quetion*)

Marshall Quetion adalah hasil bagi antara stabilitas dengan flow. Nilai *Marshall Quetion* akan memberikan nilai fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quetion* maka campuran semakin kaku dan sebaliknya jika semakin kecil nilainya maka campuran semakin lentur.



Gambar IV. 7 Grafik Marshall Qestion

Berdasarkan hasil pada variasi 0% 262.84 kg/mm, untuk variasi 25% adalah 255.84 kg/mm, untuk variasi 50% adalah 297.78 kg/mm dan untuk variasi 75% adalah 286.05 kg/mm. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai pada pengujian Marshall Qestion memenuhi spesifikasi yang ditentukan.

IV.2.2 Pengujian Cantabro

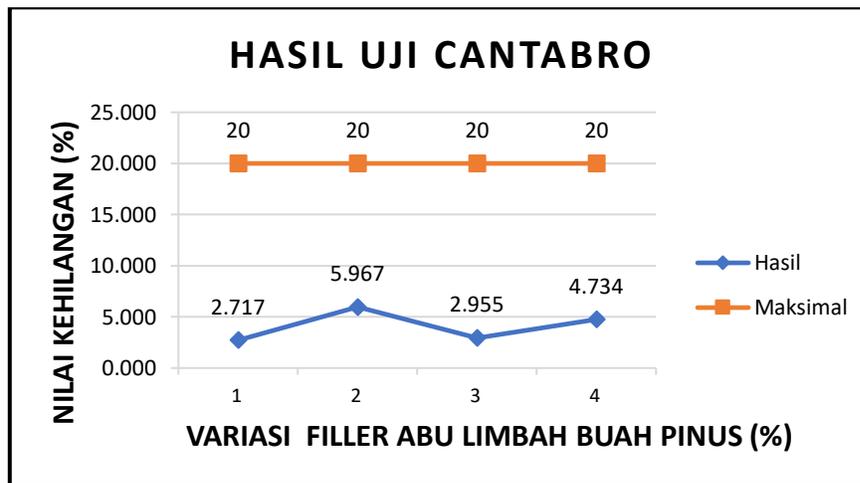
Pengujian Cantabro dilakukan agar dapat mengetahui ketahanan campuran aspal terhadap pelepasan butir dapat dilakukan pengujian abrasi (*Cantabro Test*). Benda uji yang telah dipadatkan (briket) dimasukkan kedalam drum mesin *Los Angeles* untuk mengetahui keausan dari benda uji. Berikut adalah tahap – tahap saat pengujian cantabro :

1. Menimbang berat benda uji sebelum dilakukan pengujian
2. Memasukkan benda uji pada mesin Los Angeles
3. Menjalankan mesin Los Angeles sebanyak 300 putaran
4. Menimbang kembali benda uji setelah di Los Angeles

Tabel IV. 7 Hasil Cantabro

Variasi Filler Serbuk Bata Merah	4.734	Kadar Aspal	Berat Sebelum Pengujian (Mo)	Berat Setelah Pengujian (Mi)	Kehilangan Berat (Mo-Mi)	$\frac{(Mo-Mi)}{Mo} \times 100\%$ Rata-Rata Kehilangan Berat	Spesifikasi BINA MARGA
(%)		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)
0	1	6.5	1192	1184	8	0.671	Maks.20
	2		1161	1132	29	2.498	
	3		1135	1096	39	4.983	
Rata-Rata			1163	1137	25	2.717	
25	1	6.5	1184	1154	30	2.534	
	2		1218	1133	85	6.979	
	3		1192	1092	100	8.389	
Rata-Rata			1198	1126	72	5.967	
50	1	6.5	1211	1164	47	3.881	
	2		1164	1106	58	4.983	
	3		1103	1103	0	0.000	
Rata-Rata			1159	1124	35	2.955	
75	1	6.5	1188	1138	50	4.209	
	2		1192	1125	67	5.621	
	3		1189	1137	52	4.373	
Rata-Rata			1190	1133	56	4.734	

Sumber : Hasil Pengujian dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, Universitas Fajar Makassar, 2022



Gambar IV. 8 Grafik Uji Cantabro

c

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

1. Pada pengujian karakteristik marshall pada penggunaan buah pinus sebagai substitusi filler tidak semuanya memenuhi spesifikasi. Dikarenakan pada pengujian VIM tidak memenuhi nilai minimal 3-5% dan untuk pengujian VFB pun tidak memenuhi minimal dari 60% dari persyaratan spesifikasi.
2. Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 yang diisyaratkan yaitu minimal 20% maka dapat disimpulkan pengujian cantabro pada substitusi penggunaan buah pinus terhadap filler memenuhi spesifikasi karena nilai rata – rata yang diperoleh tidak dibawah dari 20% dari persyaratan yang ditentukan, dimana pada variasi 0% sebesar 2.717%, untuk variasi 25% sebesar 5.967%, untuk variasi 50% sebesar 2.955% dan untuk variasi 75% sebesar 4.734%.

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap presentase pada pengujian VIM dan VFB.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan substitusi yang berbeda atau kadar aspal yang berbeda.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan kadar variasi substitusi buah pinus.
4. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan aspal emulsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas Tahir.Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara, Jurnal SMARTek, Vol,No.4,November 2009: 256-278
- April Gunarto, Agata Iwan Candra. “Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan FillerBuah Pinus: Kadiri University,2020
- David Triadi . Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Pada Campuran Aspal (AC-WC). Palembang: Universitas Muhammadiyah Palembang, 2019.
- Dirjen Bina Marga. (2020). *Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Oktober, 1036.
- Erdawaty, Erdawaty (2021) *STUDI EKSPERIMENTAL KAPASITAS DUKUNG KOLOM BETON GRANULAR ASPHALT BUTON AKTIVASI ALKALIN PADA TANAH LUNAK*. Disertasi thesis, Universitas Hasanuddin.
- Faiz Syam Ridwan, Nadiya. Analisis Pengaruh Pemanfaatan Abu Sekam Sbagai Filler Pada Campuran Aspal Beton. Jurnal KONSTRUKSI , VOLUME 8, No.2, juli 2017.
- Illiyyuna Diaszshafa Marwaty, Dkk. Pengaruh Subtitusi Pet Dan Abu Buah Pinus Menggunakan Metode Pencampuran Basah Dan Metode Pencampuran Kering Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Stabilitas.Banda Aceh: Universitas Syuah Kuala,2021
- I Made Agus Ariawan Dan I.A.Rai Widhiawati. Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Karakteristik Campuran Laston. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14. No.12, Juli 2010.
- Anas Tahir.Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara, Jurnal SMARTek, Vol,No.4,November 2009: 256-278.
- Zainal Abidin,Dkk. Uji Marshall Pada Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Filler.Banda Aceh:Universitas Iskandar Muda,2021

Lampiran