

**SKRIPSI**

**ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC  
DENGAN MENGGUNAKAN CANGKANG TELUR AYAM NEGERI  
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI *FILLER***

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menempuh Ujian Sarjana Pada Program Studi  
Teknik Sipil Fakultas Teknik*



**Oleh:**

**DEWISRI RAYA PUTRI**

**20180001**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

**2024**

HALAMAN PENGESAHAN


ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC DENGAN  
MENGUNAKAN CANGKANG TELUR AYAM NEGERI SEBAGAI BAHAN  
PENGANTI *FILLER*

Oleh:

DEWI SRI RAYA PUTRI

NIM.20180001

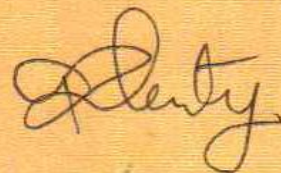
Dosen Pembimbing I



Helga Yermadona, S.Pd., M.T.

NIDN. 1013098502

Dosen Pembimbing II



Ana Susanti Yusman, S.T., M.Eng

NIDN. 1017016901

Dekan Fakultas Teknik UM  
Sumatera Barat



Dr. Eng. Ir. Masril, S.T., M.T.

NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi



Helga Yermadona, S.Pd., M.T.

NIDN. 1013098502

## LEMBAR PERSETUJUAN TIM PENGUJI

Skripsi ini telah di pertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal 20 Agustus 2024 di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukitinggi 20 Agustus 2024

Mahasiswa,

Dewi Sri Raya Putri

NIM.20180001

Disetujui Tim Penguji Skripsi Tanggal 20 Agustus 2024 :

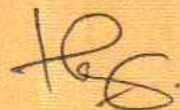
1. Helga Yermadona, S.Pd.,M.T.
2. Ana Susanti Yusman, S.T., M.Eng
3. Ishak, S.T.,M.T.
4. Asiya Nurhasanah Habirun S.S.T.,M.T.

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



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Helga Yermadona, S.Pd.,M.T.

NIDN. 1013098502

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Dewi Sri Raya Putri  
Tempat Dan Tanggal Lahir : Kubang Putih, 15 Agustus 2001  
NIM : 20180001  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti *Filler*

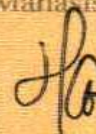
Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Skripsi ini bedasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan pihak manapun.

Bukitinggi 25 Agustus 2024

Mahasiswa,



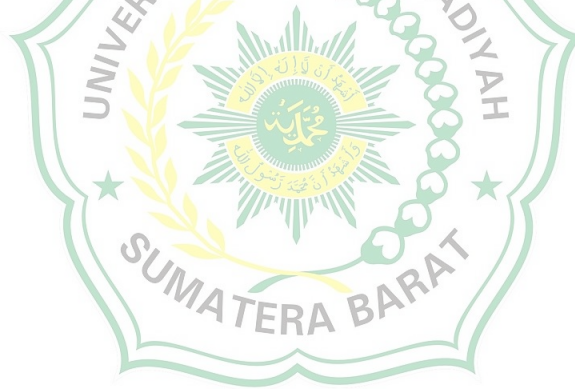
Dewi Sri Raya Putri

NIM.20180001

## ABSTRAK

Secara umum di Indonesia bahan perkerasan campuran AC-WC terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal. Material yang digunakan sebagai bahan perkerasan merupakan material yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain sebagai bahan pengganti material dengan cara memanfaatkan sumber daya alam yang dapat diperbaharui atau pemanfaatan limbah disekitar untuk dijadikan sebagai bahan pengganti. Tujuan dari penelitian ini untuk memanfaatkan limbah disekitar. Cangkang telur dipilih sebagai bahan pengganti pengisi komponen aspal di karenakan pemanfaatan limbah dari UMKM pengolahan makanan di Kenagarian Kubang Putih yang khususnya Jorong Kuruak Pakan Akaik. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian (Eksperimen) dan dengan Presentase campuran cangkang telur pada campuran aspal 0%, 4%, 6%, dan 8%. Data yang didapat selama Pengujian dilakukan dengan metode *Marshall*. Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* nilai stabilitas semakin meningkat seiring bertambahnya kadar campuran cangkang telur dengan nilai tertinggi pada campuran filler 6% yaitu 1547,29 kg. Sebaliknya nilai Flow semakin menurun seiring bertambahnya kadar campuran cangkang telur dengan nilai tertinggi pada campuran cangkang telur 4% yaitu 5,78 mm. Persentase filler paling optimal adalah campuran filler 6% dengan nilai kepadatan 2.29, stabilitas 1547,29 kg, *Flow* 5,05 mm, VMA 18,42 %, VFB 87,54 %, VITM 4,79% dan MQ 308,01 kg/mm<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil yang diperoleh maka campuran aspal yang baik yaitu pada persentase 6%.

Kata Kunci : *Aspal, Marshall, Campuran Cangkang Telur*



## ABSTRACT

In general, in Indonesia, AC-WC mixed pavement materials consist of coarse aggregate, fine aggregate, filler and asphalt. The materials used as pavement materials are non-renewable materials. Therefore, other alternatives are needed as substitute materials by utilizing renewable natural resources or using surrounding waste to be used as replacement materials. The aim of this research is to utilize surrounding waste. Egg shells were chosen as a replacement material for filling asphalt components because of the use of waste from food processing MSMEs in Kenagarian Kubang Putihah, especially Jorong Kuruak Pakan Akaik. The method used in this research is the testing method (experiment) and the percentage of egg shell mixture in the asphalt mixture is 0%, 4%, 6% and 8%. Data obtained during testing was carried out using the Marshall method. Based on the Marshall test results, the stability value increased as the content of the eggshell mixture increased with the highest value in the 6% filler mixture, namely 1547.29 kg. On the other hand, the Flow value decreases as the content of the eggshell mixture increases with the highest value in the 4% eggshell mixture, namely 5.78 mm. The most optimal filler percentage is a 6% filler mixture with a density value of 2.29, stability 1547.29 kg, Flow 5.05 mm, VMA 18.42%, VFB 87.54%, VITM 4.79% and MQ 308.01 kg/mm<sup>3</sup>. Based on the results obtained, a good asphalt mixture is at a percentage of 6%.

Keywords: Asphalt, Marshall, Eggshell Mixture



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat yang telah diberikan-Nya, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Sipil di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
4. Bapak Ishak, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Akademik;
5. Ibu Helga Yermadona, S.Pd., M.T selaku Dosen Pembimbing I skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
6. Ibu Ir. Ana Susanti Yusman M.Eng selaku Dosen Pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
8. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi

penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa teknik sipil.

Bukittinggi, 22 Februari 2024

Penulis





## DAFTAR ISI

Halaman

**HALAMAN JUDUL**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

**ABSTRAK..... i**

**KATA PENGANTAR..... iii**

**DAFTAR ISI ..... v**

**DAFTAR GAMBAR..... vii**

**DAFTAR TABEL..... viii**

**DAFTAR NOTASI..... x**

**BAB I PENDAHULUAN..... 1**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 2

1.3 Batasan Masalah ..... 2

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian..... 3

1.5 Sistematika Penulisan ..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA ..... 5**

2.1 Jalan..... 5

2.2 Aspal..... 6

2.3 Agregat..... 10

2.4 Bahan Pengisi (*Filler*)..... 13

2.5	Campuran Aspal Panas ( <i>Hotmix</i> ) .....	14
2.6	Campuran Aspal Dengan Metode <i>Marshall</i> .....	22
2.7	Penelitian Sebelumnya.....	24
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1	Lokasi Penelitian .....	26
3.2	Data Penelitian .....	26
3.3	Metode Penelitian.....	27
3.4	Bagan Alir Penelitian.....	30
<b>BAB IV</b>	<b>DATA PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1	Pengujian Material.....	32
4.2	Rancangan Campuran Aspal.....	37
4.3	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> .....	41
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>48</b>
5.1	Kesimpulan .....	48
5.2	Saran .....	49

**DAFTAR PUSTAKA**

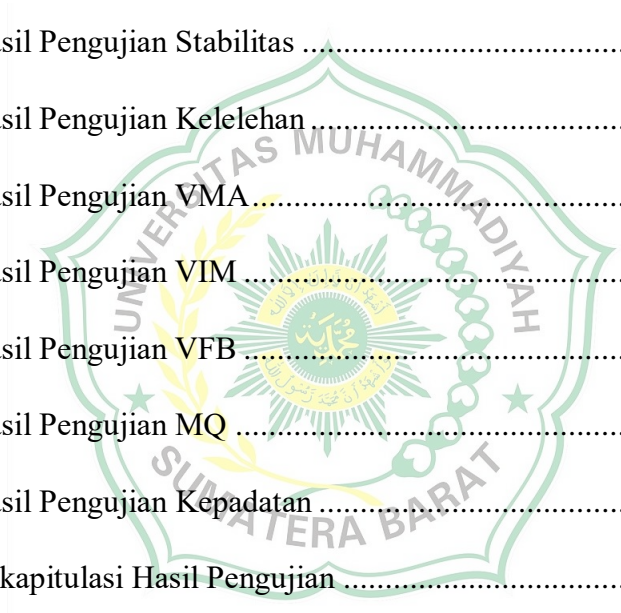
## DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
Gambar 3.1 Lokasi Laboratorium Universitas Muhammadiyah .....	26
Gambar 3.2 Ayakan .....	28
Gambar 3.3 Timbangan .....	28
Gambar 3.4 Termometer .....	28
Gambar 3.5 Mesin <i>Los Angeles</i> .....	29
Gambar 3.6 Cetakan <i>Marshall</i> .....	29
Gambar 3.7 Kompor .....	29
Gambar 3.8 Bak Perendam ( <i>Water Bath</i> ) .....	30
Gambar 3.9 Alat <i>Marshall</i> .....	30
Gambar 4.1 Diagram Kadar Aspal Optimal (KAO).....	42
Gambar 4.2 Grafik Rancangan Aspal Dengan 4% Cangkang Telur .....	43
Gambar 4.3 Grafik Rancangan Aspal Dengan 6% Cangkang Telur .....	44
Gambar 4.4 Grafik Rancangan Aspal Dengan 8% Cangkang Telur .....	45
Gambar 4.5 Grafik Nilai Stabilitas .....	46
Gambar 4.6 Grafik Nilai kelelehan( <i>flow</i> ).....	47
Gambar 4.7 Grafik Nilai VMA.....	48
Gambar 4.8 Grafik Nilai VIM .....	49
Gambar 4.9 Grafik Nilai VFB .....	50
Gambar 4.10 Grafik Nilai MQ .....	51
Gambar 4.11 Grafik Nilai Kepadatan ( <i>Density</i> ).....	52

## DAFTAR TABEL

No. Tabel		Halaman
Tabel 2.1	ketentuan agregat kasar.....	12
Tabel 2.2	Ketentuan Agregat Halus .....	13
Tabel 2.3	Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Laston .....	16
Tabel 2.4	Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston.....	20
Tabel 2.5	Penelitian Sebelumnya Penggunaan Cangkang Telur .....	25
Tabel 4.1	Pengujian Berat Jenis Kering Oven Material Split .....	35
Tabel 4.2	Pengujian Berat Jenis Jenuh (SSD) Material Split .....	36
Tabel 4.3	Pengujian Berat Jenis Semu Material Split.....	36
Tabel 4.4	Pengujian Penyerapan Air Material Split.....	36
Tabel 4.5	Rekap hasil pengujian penyerapan dan berat jenis agregat split .....	36
Tabel 4.6	Pengujian Berat Jenis Kering Oven Material Screen .....	37
Tabel 4.7	Pengujian Berat Jenis jenuh (SSD) Material Screen .....	37
Tabel 4.8	Pengujian Berat Jenis semu Material Screen .....	37
Tabel 4.9	Pengujian penyerapan air Material Screen.....	37
Tabel 4.10	Rekap hasil pengujian penyerapan dan berat jenis agregat screen.....	38
Tabel 4.11	Pengujian Berat Jenis Kering Oven Material Abu Batu .....	38
Tabel 4.12	Pengujian Berat Jenis Jenuh (SSD) Material Abu Batu.....	39
Tabel 4.13	Pengujian Berat Jenis Semu Material Abu Batu .....	39
Tabel 4.14	Pengujian Penyerapan Air Material Abu Batu .....	39

Tabel 4.15	Rekap hasil pengujian agregat halus.....	39
Tabel 4.16	Hasil Pengujian Penetrasi Aspal.....	40
Tabel 4.17	Hasil Pengujian Abrasi.....	40
Tabel 4.18	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Penentuan KAO.....	42
Tabel 4.19	Rancangan Campuran Aspal dengan Campuran 4% Cangkang Telur....	43
Tabel 4.20	Rancangan Campuran Aspal dengan Campuran 6% Cangkang Telur....	44
Tabel 4.21	Rancangan Campuran Aspal dengan Campuran 8% Cangkang Telur....	45
Tabel 4.22	Hasil Pengujian Stabilitas .....	46
Tabel 4.23	Hasil Pengujian Kelelehan .....	47
Tabel 4.24	Hasil Pengujian VMA.....	48
Tabel 4.25	Hasil Pengujian VIM .....	48
Tabel 4.26	Hasil Pengujian VFB .....	49
Tabel 4.27	Hasil Pengujian MQ .....	50
Tabel 4.28	Hasil Pengujian Kepadatan .....	50
Tabel 4.29	Rekapitulasi Hasil Pengujian .....	52



## DAFTAR NOTASI

AASTHO	= American Association Of Highway and Transportation Officials
AC-Base	= Aspalth Concrete Base
AC-BC	= Aspalth Concrete Bearing Course
AC-WC	= Aspalth Concrete Wearing Course
Bj	= Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh
Bk	= Berat Benda Uji Kering Oven
cP	= Centipoise
DMF	= Design Mix Formula
Filler	= Berupa Abu Batu Bahan Perkerasan Yang Lolos Saringan 200
Flow	= Kelelehan
Ga	= Berat Jenis Aspal
Gsa	= Berat Jenis Semu
Gsb	= Berat Jenis Curah dari Total agregat
Gse	= Berat Jenis Efektif
IKS	= Indeks Kekuatan Sisa
JMF	= Job Mix Formula
KAO	= Kadar Aspal Optimum
LASTON	= Lapisan Aspal Beton
LPA	= Lapisan Pondasi Atas
LPB	= Lapisan Pondasi Bawah
LTD	= Lapisan Tanah Dasar

- MQ = Marshall Quetiont (Kg/mm)
- Pb = Kadar Aspal Dalam Persentase Dari Total Berat Campuran
- Pba = Penyerapan Aspal
- Pen 60/70 = Penetrasi 60/70
- SSD = Surface Saturated Dry
- VFB = Voids Filled With Bitumen (%)
- VIM = Void In Mix (%)
- VMA = Void In Mineral Agregat (%)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Saat ini, seiring kemajuan teknologi, semakin banyak pula pembangunan yang dilakukan, termasuk pembangunan jalan raya. Ketika jalan pertama kali dibangun, jalan tersebut sebagian besar diciptakan oleh langkah kaki sehari-hari orang yang mencari kebutuhan hidup. Kemajuan teknologi telah mendorong terciptanya jalan baru, termasuk jalan aspal (Putri, NC, 2020).

Di Indonesia, aspal merupakan material perkerasan penting yang sering digunakan dalam proyek pembangunan jalan, berwarna hitam atau coklat tua, aspal berfungsi sebagai perekat dan terbuat dari bitumen yang diekstraksi dari alam atau diproduksi dengan penyulingan minyak bumi. Bahan yang sama juga dapat ditemukan pada aspal dalam bentuk senyawa hidrokarbon yang lengket. Aspal terdiri dari beberapa kombinasi komponen material. Campuran aspal terdiri dari aspal, agregat dan bahan pengisi (filler). Tujuan dari bahan pengisi ini adalah untuk mengurangi rongga udara dan meningkatkan stabilitas (Modul Praktikum Perkerasan Jalan, 2023).

Secara umum, campuran perkerasan AC-WC terdiri dari aspal, filler, agregat kasar, dan agregat halus. Material yang tidak dapat diperbaharui digunakan sebagai perkerasan (Meidia Refiyanni dan Muhammad Ikhsan, 2022). Kebutuhan akan material untuk perkerasan jalan meningkat seiring dengan pertumbuhan populasi. Akibatnya, ada kebutuhan akan bahan alternatif. Sumber daya alam yang dapat diperbaharui atau limbah dari lingkungan dapat digunakan sebagai pengganti.

Dalam hal ini direncanakan cangkang telur yang dihaluskan sebagai bahan pengganti komponen pengisi (filler), yang diharapkan dapat menjadi solusi untuk mendapatkan kualitas yang baik (Fitri Muftiyah dan Khoirunnisa, 2023). Pemilihan cangkang telur ini sebagai bahan pengganti pengisi komponen aspal dikarenakan pemanfaatan limbah dari UMKM pengolahan makanan di Kenagarian Kubang Putih yang khususnya Jorong Kuruak Pakan Akaik yaitu pengolahan donat, kue bolu dan



brownies. Di Kenagarian Kubang Putih khususnya Jorong Kuruak Pakan Akaik kebanyakan masyarakat bermata pencarian menjadi pedagang UMKM pengolahan makanan. Sehingga hasil dari kegiatan produksi makanan tersebut menghasilkan limbah yang tidak termanfaatkan. Biasanya limbah tersebut dibuang begitu saja atau dibakar yang menyebabkan polusi.

Berdasarkan pernyataan diatas penulis tertarik untuk melakukan penelitian pemanfaatan limbah cangkang telur yang dihaluskan sebagai bahan pengganti pengisi aspal (filler) pada campuran aspal AC-WC.

## **1.2 . Rumusan Masalah**

Permasalahan yang terdapat dalam penelitian ini adalah:

1. Apakah cangkang telur yang dihaluskan dengan persentase 0%, 4%, 6% dan 8% dapat dijadikan bahan pengganti pengisi (*filler*)?
2. Bagaimana karakteristik campuran aspal AC-WC dengan cangkang telur sebagai bahan pengganti filler?
3. Bagaimana perbedaan hasil aspal dengan campuran biasa dan aspal dengan campuran cangkang telur?

## **1.3 . Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Lapisan aspal yang digunakan yaitu aspal AC-WC dengan menggunakan aspal pen 60/70.
2. Campuran yang digunakan sebagai pengganti filler adalah cangkang telur ayam negeri yang dihaluskan.
3. Pengujian akan dilakukan dengan metode *Marshall* dengan SNI 06-2484-1991.
4. Pada penelitian ini campuran pada benda uji menggunakan persentase 0%, 4%, 6% dan 8%.
5. Penelitian akan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

#### **1.4 . Tujuan Dan Manfaat Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui apakah cangkang telur ayam negeri dapat digunakan untuk menjadi bahan pengganti pengisi aspal (filler), sehingga mendapatkan karakteristik aspal yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga.
2. Untuk menganalisa berapa persen persentase filler yang diganti dengan cangkang telur ayam negeri yang dapat digunakan untuk campuran aspal AC-WC.

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memanfaatkan limbah yang berada di sekitar yang diharapkan dapat menjadi bahan pengganti pencampuran aspal dan dapat menambahkan wawasan peneliti terhadap hal yang diteliti.

#### **1.5 . Sistematika Penulisan**

##### **Bab I. Pendahuluan**

Bab ini menguraikan argumen atau alasan mengapa masalah ini harus diteliti. Ini juga mencakup latar belakang, rumusan, batasan, tujuan, dan manfaat penelitian, serta prosedur penulisan skripsi yang tepat.

##### **Bab II. Tinjauan Pustaka**

Tinjauan pustaka dapat didefinisikan sebagai ringkasan menyeluruh dari penelitian sebelumnya tentang subjek yang akan dipelajari, penegasan batas logis dari penelitian yang akan memandu peneliti dalam penelitian mereka, atau penegasan seberapa jauh penelitian dapat dilakukan dengan asumsi yang melandasi penelitian.

##### **Bab III. Metodologi Penelitian**

Dalam bab ini penulis mengemukakan metode metode yang akan dilakukan dalam penelitian penulis. Dalam metode penelitian ini meliputi lokasi penelitian akan dilakukan, metode penelitian dan bagan alur penelitian.

##### **Bab IV. Hasil dan Pembahasan**

Dalam bab ini berisi tentang perhitungan penelitian dan hasil yang diperoleh setelah dilakukan penelitian.

## **Bab V. Penutup**

Bab penutup terdiri dari kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran dari pelaksanaan penelitian.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Jalan

Jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006).

Jalan raya adalah jalur - jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran - ukuran dan jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat.

Untuk perencanaan jalan yang baik, bentuk geometriknnya harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya, sebab tujuan akhir dari perencanaan geometrik adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan biaya juga memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan.

Menurut Sukiman (1993), aspal banyak digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan karena memiliki sifat sebagai pengikat dan pengisi rongga udara antara agregat. Adapun sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut :

a. Mempunyai daya tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan sebagainya.

b. Kohesi dan Adhesi

Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusun dari dirinya sendiri sehingga terbentuknya aspal dengan daktilitas

yang tinggi. Sedangkan adhesi menyatakan kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat dan tetap mempertahankan agregat pada tempatnya setelah berikatan.

c. Kepekaan terhadap temperatur

Kepekaan aspal terhadap temperatur adalah sensitivitas perubahan sifat viskoelastis aspal akibat perubahan temperatur, sifat ini dinyatakan sebagai indeks penetrasi aspal (IP).

d. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses peleburan. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi).

e. Viskoelastisitas Aspal

Viskoelastisitas aspal adalah suatu material yang bersifat viskoelastis yang sifatnya akan berubah tergantung pada temperatur atau waktu pembebanan. Sifat viskoelastis aspal adalah untuk menentukan pada temperatur beberapa pencampuran aspal dengan agregat harus dilakukan agar mendapatkan campuran yang homogen dimana semua permukaan agregat dapat terselimuti oleh aspal secara merata dan aspal mampu masuk ke dalam pori-pori agregat untuk membentuk ikatan kohesi yang kuat dan untuk mengetahui pada temperatur berapa pemadatan dapat dilakukan dan kapan harus dihentikan.

## 2.2 Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon. Struktur molekul aspal sangatlah kompleks yang merupakan koordinasi dari 3 (tiga) jenis struktur dasar molekul hidrokarbon, yaitu alifatik, siklis dan aromatis. Struktur alifatik berbentuk linier, ataupun tiga dimensi. Struktur molekul ini menyebabkan aspal kelihatan seperti minyak ataupun lilin (*wax*). Struktur molekul siklis adalah ikatan / rantai karbon jenuh

tiga dimensi yang mampu mengikat beberapa unsur ataupun radikal. Sedangkan struktur molekul ini memberikan bau yang khas pada aspal. Ikatan kimia (*inter molecular bonding*) pada aspal sangatlah mudah terlepas dan aspal akan mencair (Suhwadi dan Suhardjo Poertadji, 2005).

Aspal adalah salah satu jenis bahan mirip petroleum hitam atau coklat yang memiliki konsistensi bervariasi dari cairan kental hingga padatan kaca. Aspal diperoleh baik sebagai residu dari jenis destilasi minyak bumi atau dari endapan alam. Aspal terdiri dari senyawa ikatan hidrogen dan karbon dengan proporsi nitrogen, sulfur, dan oksigen yang kecil. Aspal alam (disebut juga *brea*), yang diyakini terbentuk pada tahap awal pemecahan endapan organik laut menjadi minyak bumi, dengan ciri khas mengandung mineral, sedangkan aspal minyak sisa tidak. Aspal juga sering disebut bitumen. Bitumen diperoleh dari residu hasil pengilangan minyak bumi. Arti bitumen sendiri adalah senyawa hidrokarbon yang sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal tampak padat pada suhu ruang padahal aspal sebenarnya sebuah cairan yang sangat kental. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks, dan secara kimia belum terkarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon (jenuh maupun tidak), alifatik, dan aromatic yang mempunyai atom karbon hingga 150 per molekul.

Selain hidrogen dan karbon, aspal tersusun dari nitrogen, oksigen, dan belerang. Secara kuantitatif, 80% dari massa aspal berupa karbon, 10% hidrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen, nitrogen, besi, nikel, dan vanadium. Biasanya aspal mengandung 5 hingga 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar. Aspal akan mencair jika dipanaskan hingga temperatur tertentu dan kembali mengeras jika temperatur turun.

Aspal memiliki banyak fungsi, termasuk sebagai bahan konstruksi jalan yaitu :

1. Pengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*water proofing* maka tahan terhadap erosi).

2. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
3. Lapis resap pengikat (*prime coat*) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakkan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
4. Lapis pengikat (*tack coat*) adalah lapis aspal cair yang diletakkan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya diaplikasikan. Aspal berfungsi pengikat antara keduanya.
5. Sebagai pengisi ruang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan *filler*.

Fungsi aspal dalam campuran agregat aspal adalah sebagai bahan pengikat yang bersifat *visco-elastis* dengan tingkat viskositas yang tinggi selama masa layan dan berfungsi sebagai pelumas pada saat penghamparan di lapangan sehingga mudah untuk dipadatkan. Pada AASHTO (1982) dinyatakan bahwa jenis aspal keras ditandai dengan angka penetrasi aspal, angka ini menyatakan tingkat kekerasan aspal atau tingkat konsistensi aspal. Semakin meningkatnya besar angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin rendah, sebaliknya semakin kecil angka penetrasi aspal maka tingkat kekerasan aspal semakin tinggi.

Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedang aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah yang bercuaca dingin ataupun lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia pada umumnya digunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/100, Syarat – syarat aspal semen keras diberikan oleh Dirjen Bina Marga – DPU.

### **2.2.1 Jenis-jenis aspal**

Secara umum aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan asal dan proses pembentukannya sebagai berikut :

## 1. Aspal Alamiah

Aspal alam adalah aspal yang ditemukan atau diperoleh langsung dari alam seperti gunung dan pulau. Indonesia memiliki aspal alam yaitu di pulau Buton, yang terkenal dengan nama Asbuton (Aspal Pulau Buton) Aspal alam terbesar di dunia terdapat di Trinidad berupa aspal danau.

## 2. Aspal Batuan

Aspal batuan adalah endapan alamiah batu kapur atau batu pasir yang dipadatkan dengan bahan-bahan berbitumen. Aspal ini terjadi di berbagai bagian di Amerika Serikat. Aspal ini umumnya membuat permukaan jalan yang sangat tahan lama dan stabil tetapi kebutuhan transportasi yang tinggi membuat aspal terbatas pada daerah-daerah tertentu saja.

## 3. Aspal Buatan

Aspal buatan adalah aspal yang berasal dari hasil penyulingan minyak bumi. Adapun jenis aspal yang merupakan buatan hasil sulingan minyak bumi:

### 1) Aspal keras (*Asphalt Concrete*)

Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan akan mengeras pada saat penyimpanan (suhu kamar). Aspal keras/panas (*Asphalt Concrete*) adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas untuk pembuatan *Asphalt concrete*. Di Indonesia, aspal yang biasa digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 atau penetrasi 80/100. Adapun jenis penetrasinya adalah sebagai berikut:

- a. Aspal penetrasi rendah 40/55, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan daerah dengan cuaca iklim panas.



- b. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang atau tinggi, dan daerah dengan cuaca iklim panas.
  - c. Aspal penetrasi rendah 80/100, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas sedang/rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
  - d. Aspal penetrasi rendah 100/110, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas rendah dan daerah dengan cuaca iklim dingin.
- 2) Aspal Cair (*Cut Back Asphalt*)
- Adalah campuran antara aspal keras dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Maka *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*)
- 3) Aspal emulsi
- Aspal emulsi adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

### 2.3 Agregat

Agregat adalah partikel mineral yang berbentuk butiran-butiran yang merupakan salah satu penggunaan dalam kombinasi dengan berbagai macam tipe mulai dari sebagai bahan material di semen untuk membentuk beton, lapis pondasi jalan, material pengisi, dan lain-lain (Harold N. Atkins, PE. 1997).

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat

merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentase berat atau 75- 85% agregat berdasarkan presentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Pemilihan agregat yang akan digunakan harus memperhatikan ketersediaan bahan di lokasi, jenis konstruksi, gradasi, ukuran maksimum, kebersihan, daya tahan, bentuk, tekstur, daya lekat agregat terhadap aspal, dan berat jenisnya. Agregat yang digunakan dalam perkerasan jalan ini memiliki diameter agregat antara 19 mm sampai 0.075 mm. Atau agregat yang lolos saringan.” sampai no. 200. Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) kelompok yaitu :

- a. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan dipengaruhi oleh gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, kekerasan dan ketahanan (*toughness and durability*) bentuk butir serta tekstur permukaan.
- b. Kemampuan dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat yang digunakan.
- c. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang dipengaruhi oleh tahanan geser (*skid resistance*) serta campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*bituminous mix workability*).

### **2.3.1 Agregat kasar**

Agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan. Agregat yang digunakan dalam lapisan perkerasan jalan ini adalah agregat yang memiliki diameter agregat antara 2,36 mm sampai 19 mm. Fungsi agregat kasar adalah sebagai berikut :

- a. Memberikan stabilitas campuran dari kondisi saling mengunci dari masing – masing agregat kasar dan dari tahanan gesek terhadap suatu aksi perpindahan.

- b. Stabilitas ditentukan oleh bentuk dan tekstur permukaan agregat kasar (kubus dan kasar).

Tabel 2.1 ketentuan agregat kasar

Pengujian		Standar	Nilai	
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%	
	Magnesium sulfat		Maks. 18%	
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439-2011	Min. 95 %	
Butir pecah pada agregat kasar		SNI 7619-2012	95 / 90	
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D491 Perbandingan 1:5	Maks. 10%	
Material lolos ayakan No. 200		SNI 03-4142-1996	Maks. 2%	

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2010)

### 2.3.2 Agregat halus

Agregat halus meliputi agregat yang butirannya lolos ayakan No. 8 dan tertahan pada ayakan No. 200. Fungsi agregat halus adalah sebagai berikut :

- Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar.
- Semakin kasar tekstur permukaan agregat halus akan menambah stabilitas campuran dan menambah kekasaran permukaan.
- Agregat halus pada #8 sampai dengan #30 penting dalam memberikan kekasaran yang baik untuk kendaraan pada permukaan aspal.
- Pada *Gap Graded*, agregat halus pada #8 sampai dengan #30 dikurangi agar diperoleh rongga udara yang memadai untuk jumlah aspal tertentu, sehingga permukaan *Gap Graded* cenderung halus.

- e. Agregat halus pada #30 sampai dengan #200 penting untuk menaikkan kadar aspal, akibatnya campuran akan lebih awet.
- f. Keseimbangan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting agar diperoleh permukaan yang tidak licin dengan jumlah kadar aspal yang diinginkan.

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50% untuk SS, HRS dan AC bergradasi Halus Min. 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Ayakan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks. 1%
Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASHTO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min. 45
Angularitas (kedalaman dari permukaan >10 cm)		Min. 40

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2010)

#### 2.4 Bahan pengisi (*Filler*)

Bahan Pengisi (*filler*) berfungsi sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkaku lapisan aspal. Bahan yang sering digunakan sebagai *filler* adalah *fly ash*, abu sekam, debu batu kapur, dan semen Portland. *Filler* yang baik adalah yang tidak tercampur dengan kotoran atau bahan lain yang tidak dikehendaki dan dalam keadaan kering (kadar air maks 1%). Fungsi *filler* dalam campuran adalah :

1. Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
2. *Filler* dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar. Dan mengisi ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

Pada penelitian ini penggunaan *filler* yang biasanya menggunakan semen Portland akan diganti dengan menggunakan cangkang telur yang dihaluskan.

Menurut sumber yang ada, kekuatan dan daya tahan yang terdapat pada cangkang telur tahan terhadap api dan tahan terhadap perubahan iklim. Cangkang telur memiliki beberapa lapisan yang berfungsi melindungi semua bagian dari kerusakan. Cangkang telur merupakan bagian terluar dari telur yang dikenal kaya akan protein dan kalsium. Komposisi cangkang telur sendiri terdiri dari air (1,6%) dan bahan kering (98,4%). Dalam bahan kering tersebut terkandung unsur mineral (95,1%) dan protein (3,3%). Berdasarkan komposisi mineral yang ada, cangkang telur tersusun atas Kristal  $\text{CaCO}_3$  (kalsium karbonat)(98,43%),  $\text{MgCO}_3$  (magnesium karbonat)(0,84%) dan  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (kalsium fosfat)(0,75%) (Yuwanto, 2010). Pada penelitian sebelumnya penggunaan cangkang telur untuk pengganti penggunaan filler dalam campuran aspal mendapatkan hasil stabilitas yang baik. Hasil penelitian menunjukkan cangkang telur memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik dan nilai penyerapan yang rendah.

## 2.5 Campuran Aspal Panas (*Hotmix*)

Campuran aspal panas adalah suatu kombinasi pencampuran antar agregat bergradasi rapat yang berisi agregat kasar, halus, dan *filler* sebagai komposisi utama kemudian ditambahkan aspal sebagai bahan pengikat. Bahan-bahan tersebut kemudian dicampur serta dipadatkan dalam kondisi panas pada suhu tertentu sehingga membentuk suatu campuran yang bisa digunakan sebagai bahan lapis perkerasan pada jalan.

Jenis perkerasan dengan menggunakan campuran aspal panas adalah jenis perkerasan lentur. Dalam pembuatan campuran aspal panas, terlebih dahulu agregat dan aspal yang digunakan dipanaskan. Fungsi dari pemanasan ini adalah agar memudahkan dalam pelaksanaan pencampuran. Sebagaimana kita ketahui, aspal dalam kondisi dingin memiliki sifat fisik yang relatif kaku, sehingga untuk mencairkan perlu dipanaskan terlebih dahulu pada suhu tertentu barulah dicampurkan dengan agregat.

Kemampuan campuran beraspal dalam memperoleh daya dukung ditentukan dari friksi dan kohesi bahan-bahan yang digunakan dalam campuran beraspal tersebut. Friksi agregat diperoleh dari gaya gesek antara butiran dan gradasi serta kekuatan agregat itu sendiri. Jika suatu agregat memiliki sifat fisik yang kuat dan gradasi antar butir agregat semakin rapat, maka dengan sendirinya akan memiliki friksi yang baik. Sedangkan untuk kohesi sendiri diperoleh dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh sebab itu kinerja campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh agregat dan aspal yang digunakan. Bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan terdiri dari agregat (agregat kasar dan agregat halus) *filler*, dan aspal.

Campuran aspal panas dibedakan menjadi tiga macam, yaitu campuran aspal panas dengan agregat bergradasi rapat (*Dense Graded*), agregat bergradasi senjang (*Gap Graded*), dan agregat bergradasi seragam (*uniform graded*).

1. Gradasi Rapat (*Dense Graded*), merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.
2. Gradasi Senjang (*Gap Graded*) Terdiri dari campuran pasir halus, bahan pengisi (*filler*), aspal ditambah dengan proporsi agregat kasar yang bervariasi. Stabilitas diperoleh dari tingkat kekuatan saling mengikat antara butiran pasir yang diikat oleh aspal.
3. Gradasi seragam (*Uniform Graded*) atau gradasi terbuka (*open graded*) Gradasi seragam (*uniform graded*)/gradasi terbuka adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama / sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

Untuk jenis Lataston, semakin halus gradasi (mendekati batas atas), maka rongga dalam mineral agregat (VMA) akan makin besar. Pasir halus yang dikombinasi dengan batu pecah harus mempunyai bahan yang lolos saringan No. 8

(2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 100 (600 mikron) sesedikit mungkin. Hasil ini sangat penting karena bahan yang sangat senjang harus tidak lebih dari batas yang diberikan, yaitu disyaratkan agar minimum 80 % dari agregat yang lolos 2,36 mm harus lolos juga pada saringan 0,600 mm. Jika jumlah bahan tersebut lebih besar dari yang ditentukan dalam kondisi senjang maka VMA akan terlalu rendah sehingga campuran sulit mencapai VMA yang diinginkan. Selanjutnya dapat dilakukan pemilihan gradasi agregat campuran. Jenis campuran yang akan digunakan untuk pembuatan benda uji adalah campuran aspal panas *hot rolled sheet* untuk lapisan *wearing course*.

Tabel 2.3 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Laston

Ukuran Ayakan (mm)	% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat dalam Campuran		
	Laston		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
37,5	-	-	100
25	-	100	90-100
19	100	90-100	76-90
12,5	90-100	75-90	60-78
9,5	77-90	66-82	52-71
4,75	53-69	46-64	35-54
2,36	33-53	30-49	23-41
1,18	21-40	18-38	13-30
0,600	14-30	12-28	10-22
0,300	9-22	7-20	6-15
0,150	6-15	5-13	4-10
0,075	4-9	4-8	3-7

Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga (2010)

### 2.5.1. Beton Aspal

Aspal beton adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Lapis aspal beton merupakan jenis tertinggi dari perkerasan yang merupakan campuran dari bitumen dengan agregat bergradasi menerus dan cocok untuk jalan yang banyak dilalui kendaraan berat. Material-material pembentuk aspal beton dicampur dan di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika digunakan semen aspal, maka suhu pencampuran umumnya antara 145° - 155° C, sehingga disebut aspal beton campuran panas. Campuran ini dikenal juga dengan nama *hotmix*.

Aspal beton harus memiliki karakteristik dalam pencampuran yaitu stabilitas, keawetan atau durabilitas, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser, kedap air, dan kemudahan pelaksanaan. Ketujuh sifat aspal beton ini tidak mungkin dapat dipenuhi sekaligus oleh satu jenis campuran. Sifat-sifat aspal beton mana yang dominan lebih diinginkan, akan menentukan jenis aspal beton yang dipilih. Hal ini sangat perlu diperhatikan ketika merancang tebal perkerasan jalan. Jalan yang melayani lalu lintas ringan, seperti mobil penumpang, sepantasnya lebih memilih jenis aspal beton yang mempunyai sifat durabilitas dan fleksibilitas yang tinggi, dari pada memilih jenis aspal beton dengan stabilitas tinggi.

Jenis beton aspal dapat dibedakan berdasarkan suhu pencampuran material pembentuk beton aspal, dan fungsi beton aspal. Berdasarkan temperatur ketika mencampur dan memadatkan campuran, campuran beraspal (beton aspal) dapat dibedakan atas :

1. Beton aspal campuran panas (*hotmix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 140°C.
2. Beton aspal campuran sedang (*warm mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 60°C.



3. Beton aspal campuran dingin (*cold mix*) adalah beton aspal yang material pembentuknya dicampur pada suhu pencampuran sekitar 25°C.

Sedangkan berdasarkan fungsinya beton aspal dapat dibedakan atas :

1. Beton aspal untuk lapisan aus/*wearing course* (WC), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang di syaratkan.
2. Beton aspal untuk lapisan pondasi/ *binder course* (BC), adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu stabilisasi untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan.
3. Beton aspal untuk pembentuk dan perata lapisan beton aspal yang sudah lama, yang pada umumnya sudah aus dan seringkali tidak lagi berbentuk *crown*.

(Silvia Sukirman, Beton Aspal Campuran Panas, 2003).

#### **2.5.2. Lapis Aspal Beton (LASTON)**

Lapis aspal beton adalah lapisan penutup konstruksi jalan yang mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh *The Asphalt Institute* dengan nama *Asphalt Concrete* (AC). Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, campuran ini terdiri atas agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Sedangkan yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butir yang merata mulai dari ukuran yang terbesar sampai ukuran yang terkecil. Beton aspal dengan campuran bergradasi menerus memiliki komposisi dari agregat kasar, agregat halus, mineral pengisi (*filler*) dan aspal (bitumen) sebagai pengikat. Ciri lainnya memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu

dengan yang lainnya, oleh karena itu beton aspal memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku.

Menurut spesifikasi campuran aspal Departemen Pekerjaan Umum 2010, Laston (AC) terdiri dari tiga macam campuran, Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dan Laston Lapis Pondasi (AC-Base) dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25.4 mm, 37.5 mm.

### **2.5.3. Campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*)**

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C, sehingga disebut beton aspal campuran panas. Campuran ini dikenal dengan *hotmix*. (Silvia Sukirman,2003).

Material utama penyusun suatu campuran aspal sebenarnya hanya dua macam, yaitu agregat dan aspal. Namun dalam pemakaiannya aspal dan agregat bisa menjadi bermacam-macam, tergantung kepada metode dan kepentingan yang dituju pada penyusunan suatu perkerasan. Salah satu produk campuran aspal yang kini banyak digunakan oleh Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah adalah AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) / Lapis Aus Aspal Beton. AC-WC adalah salah satu dari tiga macam campuran lapis aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC-Base. Ketiga jenis Laston tersebut merupakan konsep spesifikasi campuran beraspal yang telah disempurnakan oleh Bina Marga bersama-sama dengan Pusat Litbang Jalan. Dalam perencanaan spesifikasi baru tersebut menggunakan pendekatan kepadatan mutlak.

Penggunaan AC-WC yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan

jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran.

Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapisan Aus AC-WC	Lapis Antara AC-BC	Pondasi AC-Base
Jumlah Tumbukan per Bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,4		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C.	Min	90		
Rongga dalam campuran (%)	Min	2		
Kepadatan ( <i>Density</i> ) (gr/cc)	Min	2		

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6, 2018

### Karakteristik Aspal

Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran aspal AC-WC adalah:

a. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti, gelombang alur ataupun bleeding. Kebutuhan akan stabilitas seringkali dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Stabilitas tersebut hasil dari geseran

antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal.

Agregat bergradasi baik, bergradasi rapat memberikan rongga antar butiran agregat VMA (*Voids in Mineral Agregat*) yang kecil. Keadaan ini menghasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. Nilai stabilitas yang memenuhi spesifikasi, yaitu minimal 800 kg.

b. Rongga Dalam Mineral Agregat (VMA)

VMA (*Voids in Mineral Agregat*) diartikan sebagai ruang antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume campuran total. VMA (*Voids in Mineral Agregat*) dihitung berdasarkan berat jenis bulk agregat dan dinyatakan sebagai persen volume bulk suatu perkerasan yang dipadatkan. Nilai VMA yang memenuhi spesifikasi, yaitu minimal 18%.

VMA (*Voids in Mineral Agregat*) dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{VMA} = \% \text{ tot volume efektif aspal} - \text{VIM} \dots\dots\dots(2.1)$$

c. Rongga Dalam Campuran (VIM)

VIM (*Void in the Mix*) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Nilai VIM yang memenuhi spesifikasi, yaitu 4-6%. Volume rongga udara dinyatakan dalam persen. VIM (*Void in the Mix*) dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{VIM} = 100 - \% \text{ tot volume efektif aspal} - \% \text{ tot vol agregat} \dots\dots(2.2)$$

d. Rongga Terisi Aspal (VFA)

VFA (*Void Filled with Asphalt*) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA (*Void Filled with Asphalt*) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Nilai VFA

yang memenuhi spesifikasi, yaitu minimal 68%. VFA dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$VFA = \frac{(VMA - VIM)}{VIM} \times 100 \dots\dots\dots(2.3)$$

e. Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan adalah perubahan bentuk plastis suatu campuran aspal yang terjadi akibat beban sampai batas runtuh. Nilai flow yang memenuhi spesifikasi, yaitu minimal 3 mm.

Faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

- 1) VIM (*Void in the Mix*) yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat
- 2) VFA (*Void Filled with Asphalt*) yang tinggi dengan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

## 2.6 Campuran Aspal Dengan Metode Marshall

Metode *Marshall* ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode *Marshall* ini terdiri dari uji *Marshall* dan parameter *Marshall* yang dijelaskan sebagai berikut :

### 1. Uji *Marshall*

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce Marshall. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flow meter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* standar berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

## 2. Parameter Pengujian *Marshall*

Sifat-sifat campuran beraspal dapat dilihat dari parameter-parameter pengujian *Marshall* antara lain :

### a. Stabilitas Marshall

Menurut *The Asphalt Institute*, Mudianto (2004), Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun bleeding yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*. Nilai stabilitas yang terlalu tinggi akan menghasilkan perkerasan yang terlalu kaku sehingga tingkat keawetannya berkurang.

### b. Kelelehan (*Flow*)

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas, nilai flow merupakan nilai dari masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial (dalam satuan mm) pada saat melakukan pengujian *Marshall*. Suatu campuran yang memiliki kelelehan yang rendah akan lebih kaku dan cenderung untuk mengalami retak dini pada usia pelayanannya, sedangkan nilai kelelehan yang tinggi mengindikasikan campuran bersifat plastis.

### c. *Marshall Quotient*

*Marshall Quotient* merupakan hasil perbandingan antara stabilitas dengan kelelehan (flow). Semakin tinggi MQ, maka akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan. Berikut ini persamaan untuk nilai MQ:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

MQ = *Marshall Quotient* (kg/mm).

S = Nilai stabilitas terkoreksi (kg).

F = Nilai flow (mm)

d. Rongga terisi aspal / *Void Filled with Asphalt* (VFA)

Rongga terisi aspal/ *Void Filled with Asphalt* (VFA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

e. Rongga antar agregat / *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga antar agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat).

f. Rongga udara di dalam campuran / *Void In Mix* (VIM)

Rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri dari atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

## 2.7 Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan juga penelitian mengenai penggunaan cangkang telur sebagai bahan pengganti *filler* pada pencampuran aspal. Pada penelitian sebelumnya ada yang menggunakan cangkang telur ayam negeri ada juga yang menggunakan cangkang telur itik. Pada penelitian tersebut ada yang seluruhnya menggunakan cangkang telur dengan persentase yang berbeda-beda dari kadar 0% sampai dengan 5%, ada juga yang menggunakan cangkang telur sebagai substitusi pengganti *filler* dengan kombinasi perbandingan cangkang telur dan semen adalah 25:75, 50:50 dan 75:25 .

Pada penelitian sebelumnya penggunaan cangkang telur sebagai pengganti *filler* pada pencampuran aspal menunjukkan bahwa penggunaan cangkang telur dapat digunakan sebagai bahan *filler*.

Tabel 2.5 Penelitian Sebelumnya penggunaan cangkang telur pada campuran aspal

No	Nama Pengarang	Tahun	Kesimpulan
1.	Yuliarahmadila Binti Erfen <sup>1</sup> , Khairul Nizam Bin Mohd Yunus <sup>2</sup>	2020	Dari penelitian ini pengaruh penggunaan cangkang telur sebagai bahan pengisi menunjukkan nilai kinerja yang meningkat. Penggunaan cangkang telur yang paling efektif pada kadar persentase 3% hingga 5%, sehingga dapat disimpulkan bahwa cangkang telur dapat digunakan sebagai <i>filler</i> .
2.	Yonas Prima Arga Rumbyarso <sup>1</sup> , Rikzan Bachrul Ulum <sup>2</sup>	2021	Dari hasil pengujian stabilitas didapat bahwa penggunaan filler cangkang telur bebek ras petelur lebih besar dari pada penggunaan filler semen. Nilai <i>flow</i> menunjukkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yaitu minimal 3 mm. Sedangkan nilai MQ semakin tinggi, dan nilai VIM, VFA, VMA mendapat nilai yang sesuai dengan standarisasi.
3.	Geys Ali <sup>1</sup> , Abul Fida Ismaili <sup>2</sup>	2020	Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan cangkang telur pada campuran aspal sebagai bahan pengisi memenuhi spesifikasi campuran aspal. Penggunaan cangkang telur yang memenuhi spesifikasi terdapat pada kadar 1%, 1,5%, 2% dan 2,5 % dengan nilai stabilitas berturut-turut yaitu 1200,34 kg, 1417,34 kg, 1667,99 kg dan 1457,44 kg.
4.	Khoirunnisa Fitri Muftiyah	2023	Dari pengujian campuran aspal dengan substitusi cangkang telur pada campuran <i>filler</i> dapat memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (revisi 2), dengan nilai kombinasi yang baik yaitu pada campuran 60% cangkang telur dan 40% semen <i>portland</i> .
5.	Lilis Dwi Ningkrum	2021	Dari hasil pengujian penggunaan cangkang telur menunjukkan bahwa cangkang telur dengan kadar campuran 0%, 25%, 50% dan 75% memenuhi spesifikasi dan penggunaan cangkang telur pada campuran aspal sebagai bahan pengisi mengalami kenaikan pada setiap persentase kadar campuran.

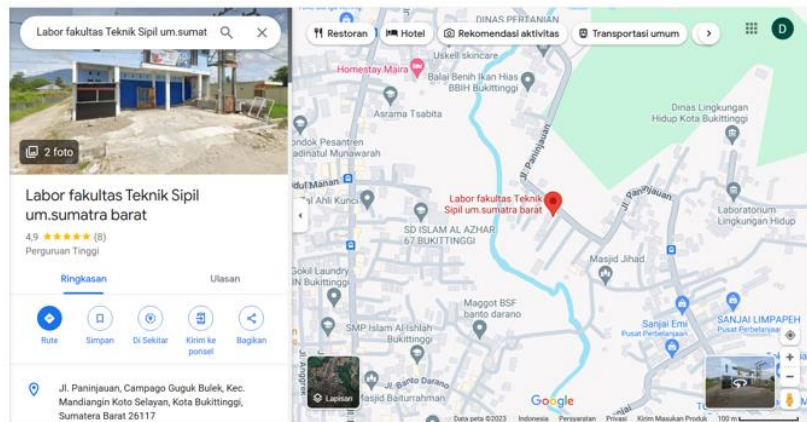


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat berada di Talao, lebih tepatnya di Jl. Paninjauan, Campago Guguk Bulek, Kec. Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi sebagai tempat dilaksanakan penelitian ini.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Labor Fakultas Teknik UM Sumbar  
Sumber : *Google Maps* (Selasa 14 November 2023 / 12.32)

#### 3.2. Data Penelitian

##### 3.2.1 Jenis Data dan Sumber Data

1. Data primer yaitu dari hasil penelitian yang dilakukan.
2. Data sekunder merupakan data dari penelitian atau jurnal terkait sebelumnya.

##### 3.2.2 Teknik Pengumpulan Data

pengumpulan data yang dilakukan peneliti pada penelitian ini yaitu dengan cara pencatatan langsung pada saat melakukan penelitian berlangsung, mendokumentasikan kegiatan penelitian, membaca buku yang berkaitan dengan pengujian aspal, serta mencari referensi yang berkaitan.

Pada penelitian penggunaan filler akan diganti menggunakan cangkang telur yang dihaluskan. Cangkang telur ayam negeri diperoleh dari limbah UMKM kue *brownies* di Kubang Putih. Cangkang telur ayam negeri yang

telah dikumpulkan akan dibersihkan jika ada sisa kotoran ayam yang menempel dengan air, setelah itu dikeringkan dengan cara dijemur. Setelah cangkang telur ayam kering kemudian dihaluskan dengan cara manual yaitu dengan cara menumbuk menggunakan lesung. Setelah itu cangkang telur yang telah dihaluskan akan disaring menggunakan saringan no. 200.

### 3.3. Metode Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan yaitu pengujian aspal yang akan dilakukan di laboratorium. Metode yang dipakai pada pengujian aspal adalah metode eksperimental dengan menggunakan alat *Marshall*. Pada penelitian itu dimulai dengan mengumpulkan data, mengumpulkan bahan dan material yang akan digunakan dan melakukan eksperimen di laboratorium.

Pada penelitian ini peneliti akan mengganti bahan filler menggunakan cangkang telur ayam negeri yang dihaluskan. Penggunaan cangkang telur ayam negeri pada campuran aspal ini yaitu dengan persentase 0%, 4%, 6% dan 8%.

Benda uji yang akan dibuat sebanyak 3 buah per sampel. Pada penelitian ini peneliti menggunakan 4 sampel data, jadi total benda uji yang akan dibuat adalah sebanyak 12 buah benda uji.

#### A. Alat dan Bahan Penelitian

##### 1. Bahan material yang akan digunakan :

- a. Aspal pen 60/70
- b. Semen
- c. Agregat halus
- d. Agregat kasar
- e. Cangkang telur yang telah dihaluskan dan lolos saringan no.200.

##### 2. Alat yang akan digunakan :

Alat-alat yang akan dipakai untuk melakukan pengujian campuran aspal dengan menggunakan alat *Marshall* adalah (*Manual Asphalt*, Bina Marga) :

a. Ayakan dari no.¾ sampai ayakan no.200



Gambar 3.2 Ayakan  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

b. Timbangan



Gambar 3.3 Timbangan  
Sumber : *Google* (Selasa 14 November 2023/12:24)

c. Termometer



Gambar 3.4 Termometer  
Sumber : *Google* (Selasa 14 November 2023/12:24)

d. Mesin *Los Angeles*



Gambar 3.5 Mesin *Los Angeles*  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

e. Cetakan *Marshall*



Gambar 3.6 Cetakan *Marshall*  
Sumber : Dokumentasi Lapangan

f. Alat pengering (kompor)



Gambar 3.7 Kompor  
Sumber : *Google* (Selasa 14 November 2023/12:24)

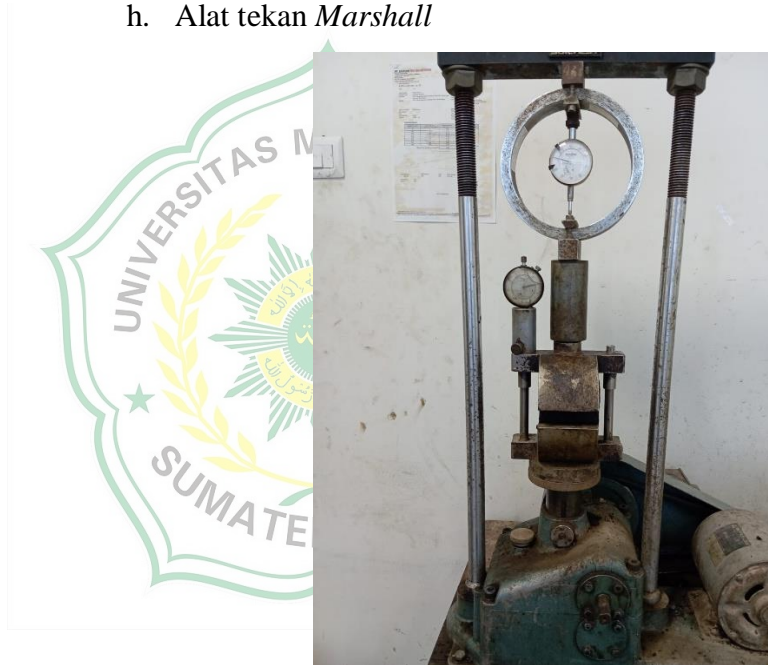
g. Bak perendam (*Water Bath*)



Gambar 3.8 Bak Perendam (*Water Bath*)

Sumber : *Google* (Selasa 14 November 2023/12:24)

h. Alat tekan *Marshall*



Gambar 3.9 Alat *Marshall*

Sumber : Dokumentasi Lapangan

i. Alat penunjang lainnya.

B. Langkah-langkah pembuatan benda uji

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar dan Agregat Halus

Dengan menggunakan saringan, pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur gradasi agregat kasar dan halus.

2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Agregat Halus

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis ( *bulk* ), berat jenis kering-permukaan jenuh ( *saturated surface dry = SSD* ), berat jenis semu ( *Apparent* ) dari agregat kasar serta penyerapan (Absorpsi) dari agregat.

3. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*

Dengan menggunakan mesin *Los Angeles*, pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan. Tingkat persentase abrasi agregat dapat dihitung dengan membandingkan berat bahan aus melalui saringan No. 12 dengan berat semula, dalam persen.

4. Pemeriksaan Bahan Pengikat (Aspal)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui berat jenis aspal tersebut.

5. Melakukan perancangan campuran aspal AC-WC

Pada perancangan campuran aspal ini akan dilakukan penentuan proposisi setiap agregat dengan mencari menggunakan metode *trial and Error* atau coba-coba. Dalam metode ini setiap proposisi gradasi agregat dibatasi sesuai syarat ketentuan.

6. Setelah melakukan pengujian bahan maka kita akan menimbang bahan-bahan tersebut untuk dijadikan 1 benda uji. Untuk satu benda uji digunakan kurang lebih 2500 gr agregat.

7. Setelah itu campurkan bahan-bahan tersebut dan lakukan pemanasan dengan suhu 160<sup>0</sup>C.

8. Kemudian aduk campuran aspal tersebut hingga suhu campuran tersebut homogen.

9. Sementara itu siapkan cetakan benda uji dan alat penumbuk, agar aspal tidak menempel pada cetakan, cetakan diberi alas kertas.

10. Campuran aspal yang dipanaskan sebelumnya dibiarkan hingga suhunya menurun sampai suhu 130<sup>0</sup>C.

11. Setelah suhu campuran aspal telah mencapai suhu  $130^{\circ}\text{C}$ , maka campuran aspal dituangkan kedalam cetakan..
12. Kemudian lakukan pemadatan campuran aspal tersebut dengan ditumbuk dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali di bagian atas dan bawah.
13. Setelah melakukan pemadatan tunggu suhu campuran aspal turun atau sama dengan suhu tubuh, agar mempercepat bisa melakukan pengompresan dengan lap basah.
14. Keluarkan benda uji tersebut dari cetakan kemudian lakukan pencatatan data dan beri tanda. Lakukan hal yang sama sampai sampel seterusnya.
15. Simpan benda uji pada permukaan yang datar dan biarkan selama kurang lebih 24 jam.

#### C. Pengujian Benda Uji

Setelah benda uji dibiarkan kurang lebih 24 jam, benda uji ditimbang untuk mendapatkan nilai benda uji dalam keadaan kering, catat hasil penimbangan tersebut. Setelah itu rendam benda uji tersebut kedalam air untuk mendapatkan nilai dalam keadaan basahnya.

Untuk mendapatkan nilai stabilitasnya dilakukan uji *Marshall*. Sebelum melakukan pengujian benda uji direndam selama kurang lebih 30 menit di dalam bak perendaman dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  untuk temperatur tertinggi atau panas.

Setelah 30 menit benda uji diletakan pada alat *Marshall*, pengujian ini dengan memberikan beban kepada benda uji dengan kecepatan 2 inchi/menit. Pada saat itu arloji pengukuran tersebut akan bergerak sehingga dapat dibaca nilai *flow* pada kaca flow meternya.

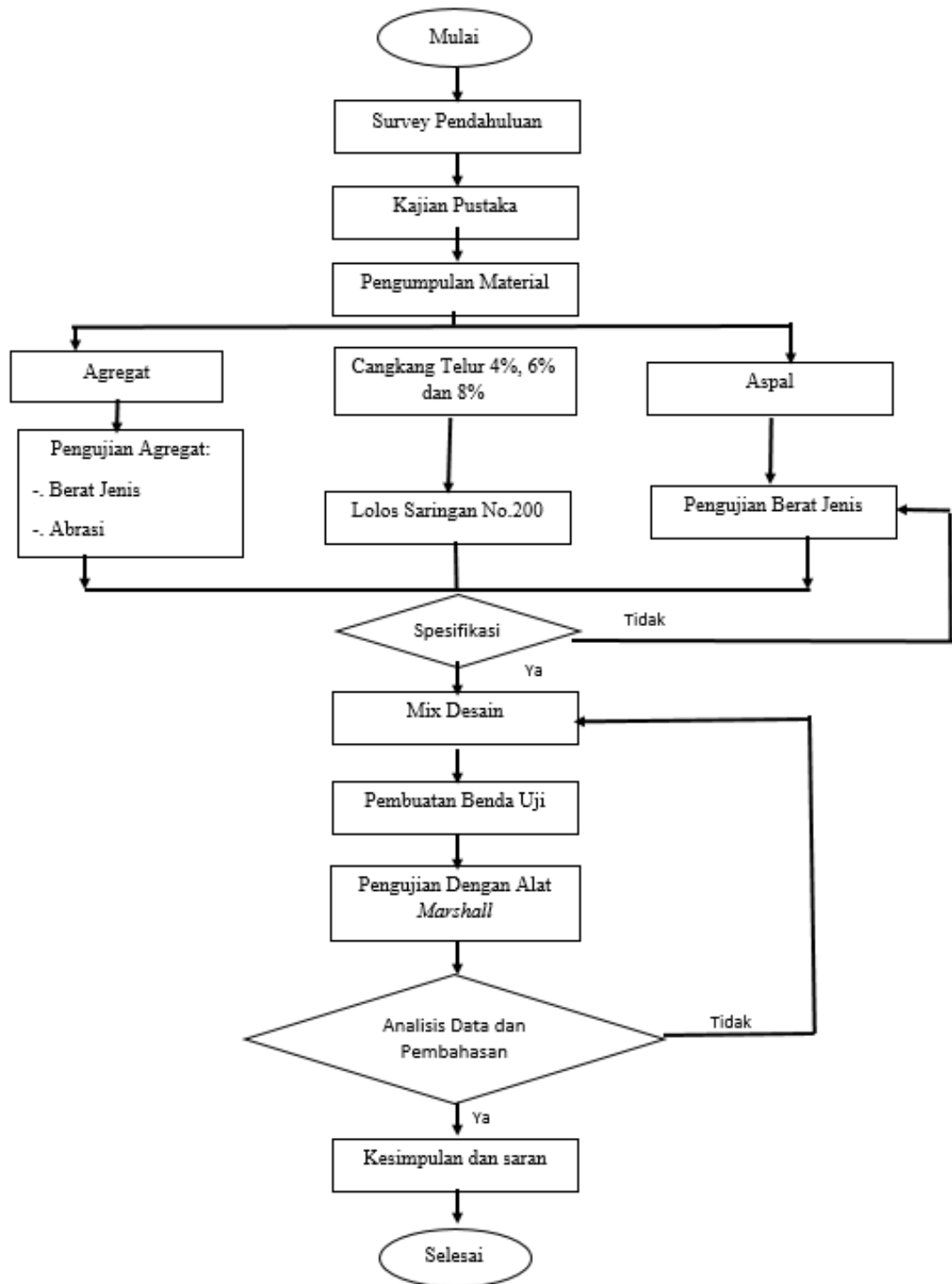
#### D. Analisis Karakteristik Campuran Padat

Setelah uji Marshall selesai, perhitungan digunakan untuk menentukan Quotient Marshall, yang merupakan perbandingan antara nilai stabilitas dan kelelahan, Berat volume benda uji, Volume pori dalam benda uji / *Void In Mix* (VIM), Volume antara agregat dalam benda uji / *Void Material Agregat* (VMA), dan Volume antara agregat yang terisi oleh aspal / *Void Filled Bitumen* (VFB.)





### 3.4 Bagan Alir Penelitian



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengujian Material

Pada penelitian ini sebelum membuat campuran aspal tersebut maka dilakukanlah pengujian pada setiap material yang akan digunakan, gunanya agar mengetahui apakah material tersebut memenuhi standar dari peraturan Umum Bina Marga.

Pada pengujian ini terbagi atas pengujian berat jenis, penyerapan air pada agregat kasar, pengujian penyerapan air pada agregat halus dan pengujian abrasi dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

##### 4.1.1 Pengujian berat jenis dan penyerapan pada agregat kasar

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan air pada agregat tersebut. Agregat yang dipakai pada pengujian ini adalah agregat yang tertahan pada saringan No 8.

##### A. Pengujian Split

Data percobaan 1

1. Berat sampel SSD (Keadaan jenuh) = 7975 gram (W1)
2. Berat sampel dalam air = 4812 gram (W2)
3. Berat sampel kering oven = 7836 gram (W3)

Data percobaan 2

1. Berat sampel SSD (Keadaan jenuh) = 8010 gram (W1)
2. Berat sampel dalam air = 4587 gram (W2)
3. Berat sampel kering oven = 7836 gram (W3)

- Berat Jenis kering oven (Bulk)

Tabel 4.1 Pengujian Berat Jenis Kering Oven Material Split

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk kering W3/ (W1-W2)	Gram	2,48	2,29
Bj Bulk Rata-Rata	Gram	2,38	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Berat Jenis jenuh (SSD)

Tabel 4.2 Pengujian Berat Jenis Jenuh (SSD) Material Split

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ SSD W1/ (W1-W2)	Gram	2,52	2,34
Bj SSD Rata-Rata	Gram	2,43	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Berat Jenis semu

Tabel 4.3 Pengujian Berat Jenis Semu Material Split

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ semu W3/ (W3-W2)	Gram	2,59	2,41
Bj semu Rata-Rata	Gram	2,50	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Penyerapan air

Tabel 4.4 Pengujian Penyerapan Air Material Split

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
Penyerapan air (W1-W3)/ W1x100%	Gram	1,74	2,15
Penyerapan air Rata-Rata	Gram	1,95	

Sumber : Analisis Data (2023)

Tabel 4.5 Rekap hasil pengujian penyerapan dan berat jenis agregat split

No	Pengujian	Standar	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	Penyerapan Air	SNI 1969-2016	1,95 %	Maks 3%	Memenuhi
2.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969-2016	2,38 %	Maks 3%	Memenuhi
3.	Berat Jenis SSD	SNI 1969-2016	2,43 %	Maks 3%	Memenuhi
4.	Berat Jenis Semu	SNI 1969-2016	2,50 %	Maks 3%	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

## B. Pengujian Screen

### Data percobaan 1

1. Berat sampel SSD (Keadaan Jenuh) = 7762 gram (W1)
2. Berat sampel dalam air = 4713 gram (W2)
3. Berat sampel kering oven = 7609 gram (W3)

Data percobaan 2

1. Berat sampel SSD (Keadaan Jenuh) = 8544 gram (W1)
  2. Berat sampel dalam air = 5240 gram (W2)
  3. Berat sampel kering oven = 8411 gram (W3)
- Berat Jenis kering oven (Bulk)

Tabel 4.6 Pengujian Berat Jenis kering oven Material Screen

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk kering W3/ (W1-W2)	Gram	2,50	2,55
Bj Bulk Rata-Rata	Gram	<b>2,52</b>	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Berat Jenis jenuh (SSD)

Tabel 4.7 Pengujian Jenis jenuh (SSD) Material Screen

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ SSD W1/ (W1-W2)	Gram	2,55	2,59
Bj SSD Rata-Rata	Gram	<b>2,57</b>	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Berat Jenis Semu

Tabel 4.8 Pengujian Jenis Material Screen

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ semu W3/ (W3-W2)	Gram	2,63	2,65
Bj semu Rata-Rata	Gram	<b>2,64</b>	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Penyerapan air

Tabel 4.9 Pengujian Penyerapan air Material Screen

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
Penyerapan air (W1-W3)/ W1x100%	Gram	1,97	1,56
Penyerapan air Rata-Rata	Gram	<b>1,76</b>	

Sumber : Analisis Data (2023)

Tabel 4.10 Rekap Hasil Pengujian Penyerapan Dan Berat Jenis Agregat Screen

No	Pengujian	Standar	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	Penyerapan Air	SNI 1969-2016	1,76 %	Maks 3%	Memenuhi
2.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969-2016	2,52 %	Maks 3%	Memenuhi
3.	Berat Jenis SSD	SNI 1969-2016	2,57%	Maks 3%	Memenuhi
4.	Berat Jenis Semu	SNI 1969-2016	2,64%	Maks 3%	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

Berdasarkan pengujian berat jenis pada agregat kasar yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa material agregat kasar split dan screen memenuhi syarat spesifikasi maksimal 3% sedangkan nilai yang didapatkan dibawah 3%.

#### 4.1.2 Pengujian penyerapan dan berat jenis agregat halus (abu batu)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis penyerapan air pada agregat tersebut. Agregat yang dipakai pada pengujian ini adalah agregat yang lolos pada saringan No 8.

Data percobaan 1

1. Berat sampel SSD (Keadaan Jenuh) = 250 gram (W1)
2. Berat sampel dalam air = 160 gram (W2)
3. Berat sampel kering oven = 248 gram (W3)

Data percobaan 2

1. Berat sampel SSD (Keadaan Jenuh) = 250 gram (W1)
2. Berat sampel dalam air = 152 gram (W2)
3. Berat sampel kering oven = 239 gram (W3)

- Berat Jenis kering oven (Bulk)

Tabel 4.11 Pengujian Berat Jenis kering oven Material Abu Batu

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ Bulk kering W3/ (W1-W2)	Gram	2,76	2,44
Bj Bulk Rata-Rata	Gram	<b>2,60</b>	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Berat Jenis jenuh (SSD)

Tabel 4.12 Pengujian Berat Jenis Jenuh Material Abu Batu

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ SSD W1/ (W1-W2)	Gram	2,78	2,55
Bj SSD Rata-Rata	Gram	<b>2,66</b>	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Berat Jenis semu

Tabel 4.13 Pengujian Berat Jenis Semu Material Abu Batu

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
BJ semu W3/ (W3-W2)	Gram	2,82	2,75
Bj semu Rata-Rata	Gram	<b>2,78</b>	

Sumber : Analisis Data (2023)

- Penyerapan air

Tabel 4.14 Pengujian Penyerapan air Material Abu Batu

Data pengujian	Satuan	Percobaan	
		1	2
Penyerapan air (W1-W3)/ W1x100%	Gram	0,80	4,40
Penyerapan air Rata-Rata	Gram	<b>2,60</b>	

Sumber : Analisis Data (2023)

Tabel 4.15 Rekap hasil pengujian agregat halus (abu batu)

No	Pengujian	Standar	Hasil	Syarat	Keterangan
1.	Penyerapan Air	SNI 1969-2016	2,60 %	Maks 3%	Memenuhi
2.	Berat Jenis Bulk	SNI 1969-2016	2,60 %	Maks 3%	Memenuhi
3.	Berat Jenis SSD	SNI 1969-2016	2,66%	Maks 3%	Memenuhi
4.	Berat Jenis Semu	SNI 1969-2016	2,78%	Maks 3%	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan material agregat halus yaitu abu batu yang digunakan memenuhi syarat spesifikasi dengan nilai yang didapat yaitu dibawah 3% dengan syarat spesifikasi yaitu maksimal 3%.

#### 4.1.3 Pengujian berat jenis aspal

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat jenis aspal. Syarat berat jenis pada pengujian berat aspal adalah  $> 1$

Tabel 4.16 Hasil Dari Penetrasi Aspal

No	Pengujian	Satuan	Aspal		Hasil	Keterangan
			Min	Max		
1	Penetrasi	0.1 mm	60	70	65.9	Memenuhi
2	Berat Jenis	gr/cm <sup>3</sup>	1	-	1.08	Memenuhi
3	Titik Lembek	°C	48	58	51.3	Memenuhi
4	Daktilitas	cm	100	-	137	Memenuhi
5	Titik Nyala	°C	232	-	242	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

Dari hasil pengujian diatas maka dapat disimpulkan bahwa penetrasi aspal yang digunakan memenuhi syarat.

#### 4.1.4 Pengujian Abrasi dengan menggunakan mesin *Los Angeles*

Pengujian ini dilakukan pada material agregat kasar atau batu pecah, agregat ini ialah material yang lolos dari saringan  $\frac{3}{4}$  dan tertahan pada saringan  $\frac{1}{2}$ . Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui keausan dari agregat tersebut yang dinyatakan dalam perbandingan antara berat aus lolos saringan No.12 terhadap berat awal. Pengujian dilakukan sebanyak 500 kali putaran dengan syarat nilai maksimal adalah 30%. Hasil pengujian dapat dilihat pada lampiran tabel berikut.

Tabel 4.17 Hasil Dari Pengujian Abrasi

Pengujian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Syarat	Keterangan
Berat Sampel Semula (a)	Gram	5000	5000		
Tertahan Saringan No.12 (b)	Gram	3959	3990		
Keausan (c) = $((a-b)/a) \times 100 \%$	%	20,82	20,20	Maks 30%	Memenuhi
Keausan Rata-Rata	%	<b>20,51 %</b>		Maks 30%	Memenuhi

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

Berdasarkan hasil pengujian material menggunakan mesin *Los Angeles* keausan dari material yang diuji memenuhi syarat spesifikasi.

## 4.2 Rancangan Campuran Aspal

### 4.2.1 Kadar Aspal Rencana

Penentuan kadar aspal AC- WC menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}P_b &= 0.035(\text{Ag. Kasar}) + 0.045 (\text{Ag.Halus}) + 0.18 (\text{ Filler}) + K \\ &= 0.035 ( 65,53 ) + 0.045 ( 34,36 ) + 0.18 ( 0,11 ) + 0,75 \\ &= 5,4\% \sim 5,5 \%\end{aligned}$$

Keterangan :

$$\text{Agregat Kasar} = \#3/4 - \#8$$

$$= 100 - 34,47$$

$$= 65,53$$

$$\text{Agregat Halus} = \#8 - \#200$$

$$= 34,47 - 0,11$$

$$= 34,36$$

$$\text{Filler} = \#200$$

$$= 0,11$$

Dengan mengambil kadar aspal dengan interval 0,5%, nilai aspal akan mencapai 5,5 %, 6 %, 6,5 %, dan 7%.

### 4.2.2 Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan nilai kadar aspal rencana yang telah diperoleh, maka dibuatlah benda uji untuk mencari nilai kadar aspal optimalnya dengan nilai kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, dimana benda uji akan dibuat menjadi 3 sampel tiap persentase kadar aspal. Dari pengujian sampel tersebut menghasilkan kadar aspal optimum yang dimana dari persentase tersebut



telah memenuhi persyaratan karakteristik *Marshall* yaitu nilai stabilitas, kelelahan (*flow*), VMA, VIM, VFB dan kepadatan (*density*).

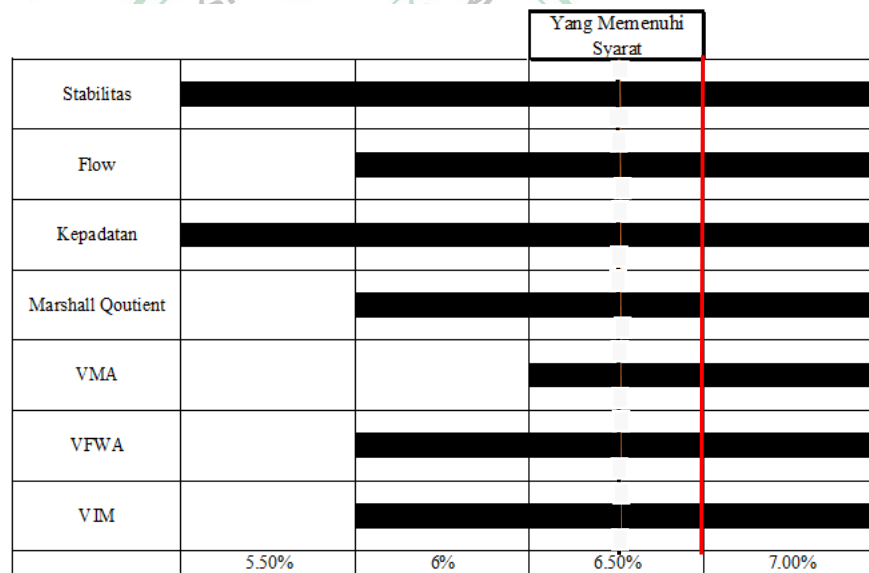
Hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.18 Hasil Dari Pengujian *Marshall* Untuk Penentuan KAO

Kadar Aspal	Stabilitas	Flow	Kepadatan	Marshall Qoutient	VMA	VFB	VIM
5,5%	1167,83	3,99	2,38	245,79	16,74	63,24	4,35
6%	1285,60	4,07	2,27	285,38	16,98	67,89	3,88
6,5%	1159,39	4,00	2,51	265,78	16,34	68,89	3,23
7%	1352,87	4,72	2,43	296,04	16,37	76,23	2,99

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

Dari tabel diatas telah diperoleh hasil pengujian dari sampel yang dibuat dengan kadar aspal yang dari rentang 5,5% sampai dengan 7% untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimal (KAO) maka dimasukkan ke dalam diagram seperti yang tertera dibawah ini.



Gambar 4.1 Diagram Kadar aspal Optimum (KAO)

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

Berdasarkan diagram diatas maka diperoleh nilai kadar aspal optimal (KAO) adalah  $(6,5\% + 7,0\%) / 2 = 6,75\%$ .

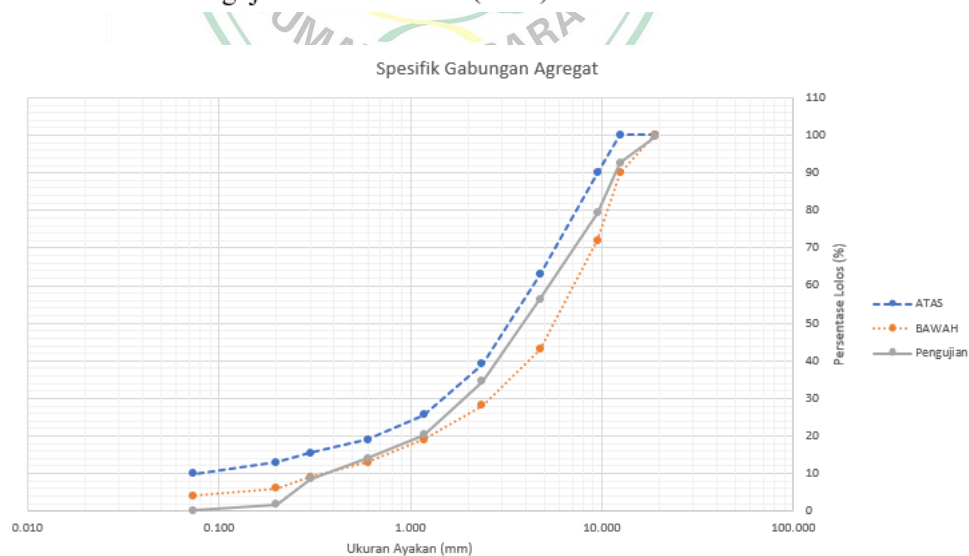
### 4.2.3 Rancangan Gradasi Penambahan Cangkang Telur

Setelah mendapatkan nilai dari kadar aspal optimum (KAO) sehingga dibuat rancangan campuran untuk satu benda uji dengan menggunakan 4 variasi persentase cangkang telur yaitu 0%, 4%, 6% dan 8%. Kadar aspal yang digunakan yaitu 6,75%. Hasil dari perancangan komposisi agregat terlampir pada tabel berikut:

Tabel 4.19 Rancangan Campuran Aspal dengan Campuran 4% Cangkang Telur

PENGAGABUNGAN								
NO AYAKAN	Ukuran Ayakan (MM)	LOLOS KUMULATIF (%) GABUNGAN AGREGAT					LOLOS KUMULATIF (%)	
		Spit	Screen	Abu Batu	Filer	JUMLAH GAB	SPESIFIKASI BM-2010	
		A	B	C	D	A+B+C+D	GH, AC - WC, BATAS	
						100.00	BAWAH	ATAS
3/4"	19.000	96.44	100.00	100.00	100.00	99.50	100	100
1/2"	12.500	47.68	100.00	100.00	100.00	92.68	90	100
3/8"	9.500	25.40	71.70	100.00	100.00	79.37	72	90
4	4.750	8.40	15.90	98.80	100.00	56.35	43	63
8	2.360	2.32	1.95	64.00	100.00	34.47	28	39.1
16	1.180	2.12	0.85	34.20	100.00	20.33	19	25.6
30	0.600	1.80	0.70	20.60	99.50	13.96	13	19.1
50	0.300	1.60	0.60	10.60	80.17	8.52	9	15.5
100	0.200	0.68	0.40	2.60	10.00	1.84	6	13
200	0.074	0.00	0.05	0.20	0.00	0.11	4	10
Perbandingan Campuran Dari Presentase Berat Total Agregat		a. Spit (10-20 mm)				14.00 %		
		b. Screen ( 5-10 mm)				36.00 %		
		c. Abu Batu (0 - 5 mm)				46.00 %		
		d. Cangkang Telur (<5 mm)				4.00 %		
		Total				100.00 %		

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)



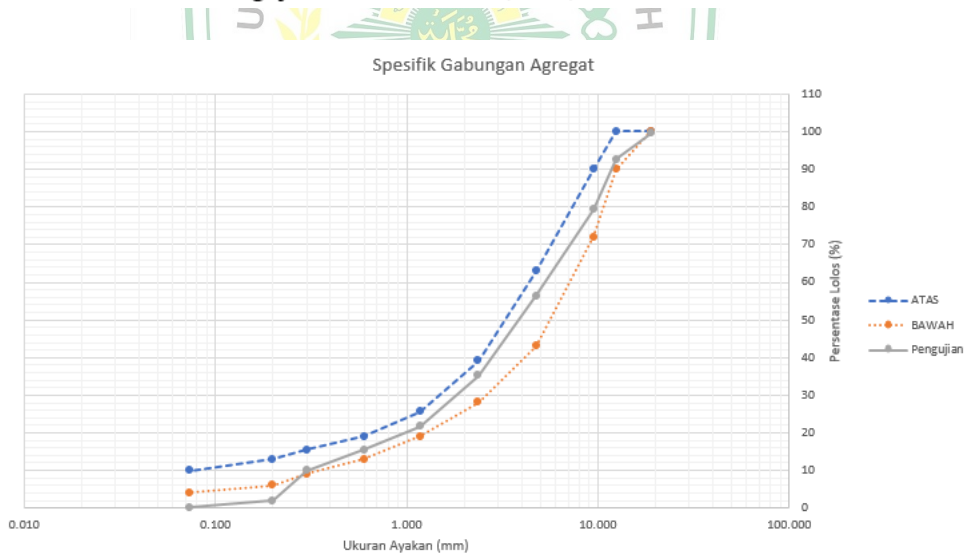
Gambar 4.2 Grafik Rancangan Aspal dengan 4% Cangkang Telur

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2024)

Tabel 4.20 Rancangan Campuran Aspal dengan Campuran 6% Cangkang Telur

PENGABUNGAN								
NO AYAKAN	Ukuran Ayakan (MM)	LOLOS KUMULATIF (%) GABUNGAN AGREGAT					LOLOS KUMULATIF (%)	
		Split	Screen	Abu Batu	Filer	JUMLAH GAB	SPESIFIKASI BM-2010	
		A	B	C	D	A+B+C+D	GH, AC - WC, BATAS	
						100.00	BAWAH	ATAS
3/4"	19.000	96.44	100.00	100.00	100.00	99.50	100	100
1/2"	12.500	47.68	100.00	100.00	100.00	92.68	90	100
3/8"	9.500	25.40	71.70	100.00	100.00	79.37	72	90
4	4.750	8.40	15.90	98.80	100.00	56.37	43	63
8	2.360	2.32	1.95	64.00	100.00	35.19	28	39.1
16	1.180	2.12	0.85	34.20	100.00	21.65	19	25.6
30	0.600	1.80	0.70	20.60	99.50	15.54	13	19.1
50	0.300	1.60	0.60	10.60	80.17	9.91	9	15.5
100	0.200	0.68	0.40	2.60	10.00	1.98	6	13
200	0.074	0.00	0.05	0.20	0.00	0.11	4	10
Perbandingan Campuran Dari Presentase Berat Total Agregat		a. Split (10-20 mm)				14.00 %		
		b. Screen ( 5-10 mm)				36.00 %		
		c. Abu Batu (0 - 5 mm)				44.00 %		
		d. Cangkang Telur (< 5 mm)				6.00 %		
		Total				100.00 %		

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)

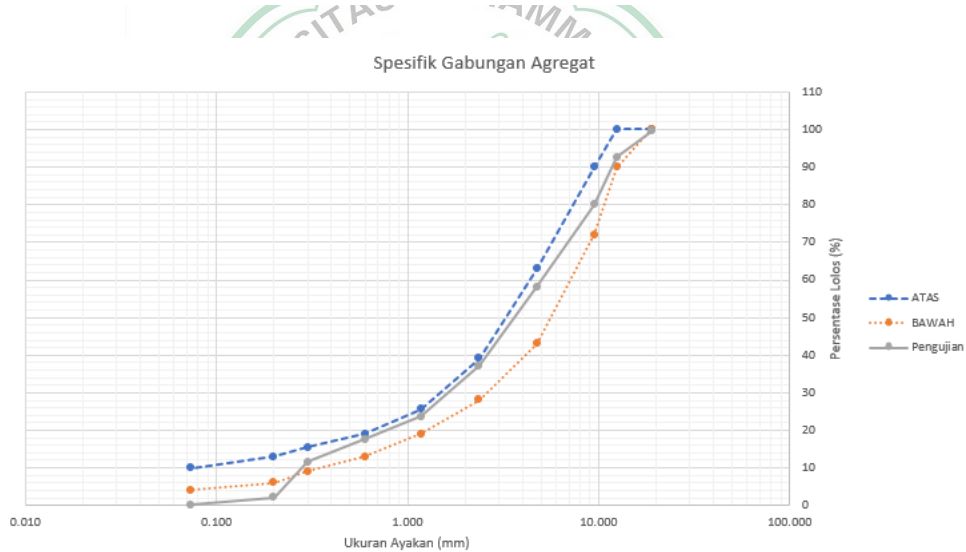


Gambar 4.3 Grafik Rancangan Aspal dengan 6% Cangkang Telur  
 Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2024)

Tabel 4.21 Rancangan Campuran Aspal dengan Campuran 8% Cangkang Telur

PENGGABUNGAN								
NO AYAKAN	Ukuran Ayakan (MM)	LOLOS KUMULATIF (%) GABUNGAN AGREGAT				LOLOS KUMULATIF (%)		
		Split	Screen	Abu Batu	Filler	JUMLAH GAB	SPESIFIKASI BM-2010	
		A	B	C	D	A+B+C+D	GH, AC - WC, BATAS	
						100.00	BAWAH	ATAS
3/4"	19.000	96.44	100.00	100.00	100.00	99.50	100	100
1/2"	12.500	47.68	100.00	100.00	100.00	92.68	90	100
3/8"	9.500	25.40	71.70	100.00	100.00	79.93	72	90
4	4.750	8.40	15.90	98.80	100.00	58.05	43	63
8	2.360	2.32	1.95	64.00	100.00	37.15	28	39.1
16	1.180	2.12	0.85	34.20	100.00	23.63	19	25.6
30	0.600	1.80	0.70	20.60	99.50	17.51	13	19.1
50	0.300	1.60	0.60	10.60	80.17	11.51	9	15.5
100	0.200	0.68	0.40	2.60	10.00	2.18	6	13
200	0.074	0.00	0.05	0.20	0.00	0.10	4	10
Perbandingan Campuran Dari Presentase Berat Total Agregat		a. Split (10-20 mm) b. Screen ( 5-10 mm) c. Abu Batu (0 - 5 mm) d. Cangkang Telur (< 5 mm) Total				14.00 % 34.00 % 44.00 % 8.00 % 100.00 %		

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2023)



Gambar 4.4 Grafik Rancangan Aspal dengan 8% Cangkang Telur  
 Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2024)

Berdasarkan rancangan diatas persentase yang akan digunakan untuk satu campuran benda uji dengan berat total 1100 gram dengan menggunakan cangkang telur 4%, 6% dan 8% sebagai bahan pengganti *filler*.

### 4.3 Hasil Pengujian *Marshall*

Pada penelitian ini benda uji yang telah dirancang sebelumnya akan dicetak dan dilakukan pengujian untuk menentukan ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (*flow*). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode *marshall*.

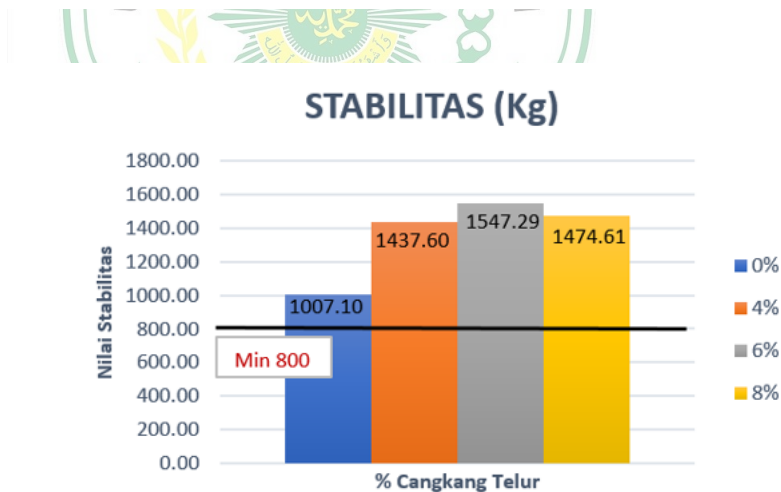
#### 4.3.1. Pengujian Stabilitas

Pengujian stabilitas ini bertujuan untuk menentukan nilai ketahanan aspal tersebut dengan menggunakan campuran cangkang telur ayam negeri dengan persentase yang berbeda. Hasil dari pengujian terlampir dalam tabel 4.22 berikut :

Tabel 4.22 Hasil Dari Pengujian Stabilitas

% Cangkang Telur	Sampel 1 (Kg)	Sampel 2 (Kg)	Sampel 3 (Kg)	Rata-Rata (Kg)	Spesifikasi (Kg)	Keterangan (Kg)
0%	875,38	1131,98	1013,95	1007,10	Min 800	Memenuhi
4%	1511,63	1400,58	1400,58	1437,60	Min 800	Memenuhi
6%	1631,98	1513,37	1496,51	1547,29	Min 800	Memenuhi
8%	1526,74	1316,86	1580,23	1474,61	Min 800	Memenuhi

Sumber : Hasil Laboratorium (2024)



Gambar 4.5 Grafik Hasil Stabilitas

Sumber : Hasil Pengujian Laboratorium (2024)

Dari hasil pengujian diatas menunjukkan bahwa penggunaan cangkang telur pada campuran aspal sebagai pengganti bahan *filler* mendapatkan nilai stabilitas yang memenuhi syarat.

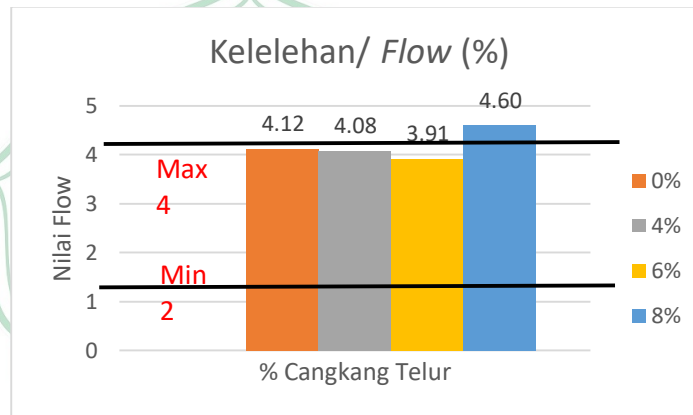
### 4.3.2. Pengujian Kelelehan (*Flow*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kelelehan dari campuran aspal tersebut. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.23 dibawah ini:

Tabel 4.23 Hasil Dari Pengujian Kelelehan (*Flow*)

% Cangkang Telur	Sampel 1 (mm)	Sampel 2 (mm)	Sampel 3 (mm)	Rata-Rata (mm)	Spesifikasi (mm)	Keterangan
0%	4,23	4,02	4,11	4,12	2-4	Tidak Memenuhi
4%	3,93	4,36	3,96	4,08	2-4	Tidak Memenuhi
6%	3,61	3,87	4,25	3,91	2-4	Memenuhi
8%	4,83	4,51	4,46	4,60	2-4	Tidak Memenuhi

Sumber : Hasil Laboratorium 2024



Gambar 4.6 Grafik Nilai Kelelehan (*Flow*)

Sumber : Hasil Laboratorium (2024)

Berdasarkan dari hasil pengujian diatas menunjukkan nilai kelelehan dari campuran aspal menggunakan cangkang telur sebagai bahan pengganti *filler* tidak memenuhi syarat dikarenakan melewati batas maksimalnya yaitu 4mm.

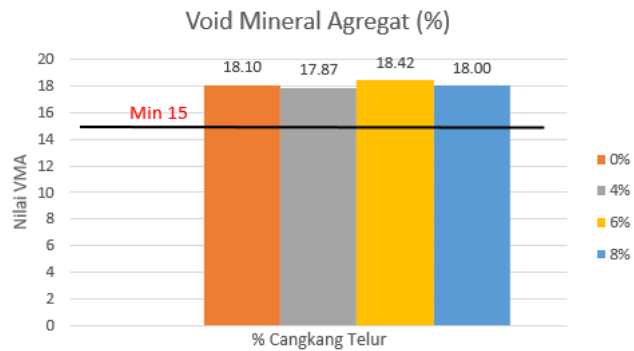
### 4.3.3. Pengujian *Void Mineral Agregat (VMA)* / Rongga Dalam Agregat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa persen rongga di dalam agregat yang tercampur dalam campuran aspal yang kita buat tersebut. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.24 berikut ini:

Tabel 4.24 Hasil Dari Pengujian Rongga Dalam agregat (VMA)

% Cangkang Telur	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)	Sampel 3 (%)	Rata-Rata (%)	Spesifikasi (%)	Keterangan (%)
0%	18,70	18,36	17,22	18,10	Min 15	Memenuhi
4%	17,17	18,61	17,82	17,87	Min 15	Memenuhi
6%	18,96	18,43	17,88	18,42	Min 15	Memenuhi
8%	17,53	18,59	17,88	18,00	Min 15	Memenuhi

Sumber : Hasil Laboratorium (2024)



Gambar 4.7 Grafik Nilai VMA  
Sumber : Hasil Laboratorium (2024)

Berdasarkan hasil dari tabel diatas menunjukkan bahwa hasil VMA campuran aspal menggunakan cangkang telur sebagai pengganti *filler* mendapatkan nilai VMA yang memenuhi syarat.

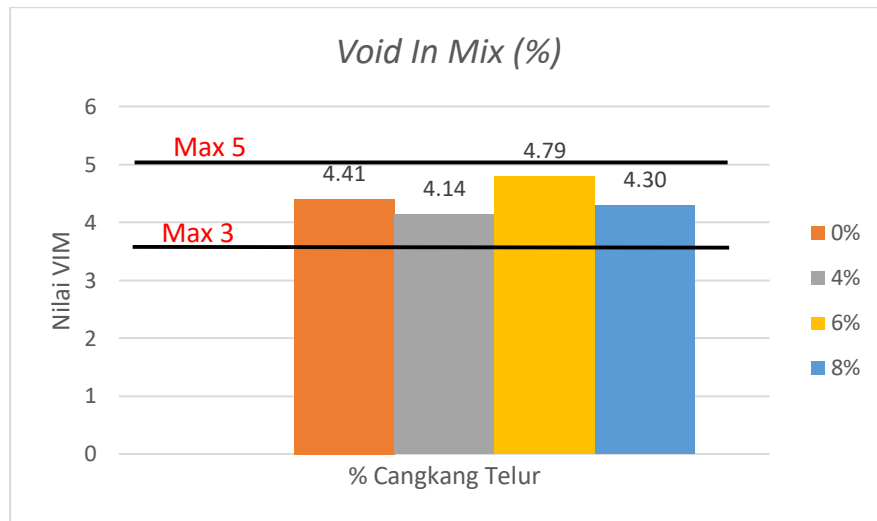
#### 4.3.4. Pengujian *Void In Mix* (VIM) / Rongga Dalam Campuran

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui berapa persen rongga didalam campuran aspal tersebut. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada tabel 4.25 dibawah ini:

Tabel 4.25 Hasil Pengujian Rongga dalam Campuran (VIM)

% Cangkang Telur	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)	Sampel 3 (%)	Rata-Rata (%)	Spesifikasi (%)	Keterangan (%)
0%	5,11	4,72	3,39	,4,41	3-5	Memenuhi
4%	3,33	5,00	4,09	4,14	3-5	Memenuhi
6%	5,41	4,79	4,15	4,79	3-5	Memenuhi
8%	3,75	4,98	4,15	4,30	3-5	Memenuhi

Sumber : Hasil Laboratorium (2024)



Gambar 4.8 Grafik Nilai VIM  
 Sumber : Hasil Laboratorium (2024)

Dari hasil pengujian menunjukkan penggunaan cangkang telur sebagai pengganti *filler* dalam campuran aspal mendapatkan nilai VIM yang memenuhi syarat.

#### 4.3.5. Pengujian *Void Filled Bitumen (VFB)* / Rongga Terisi Aspal

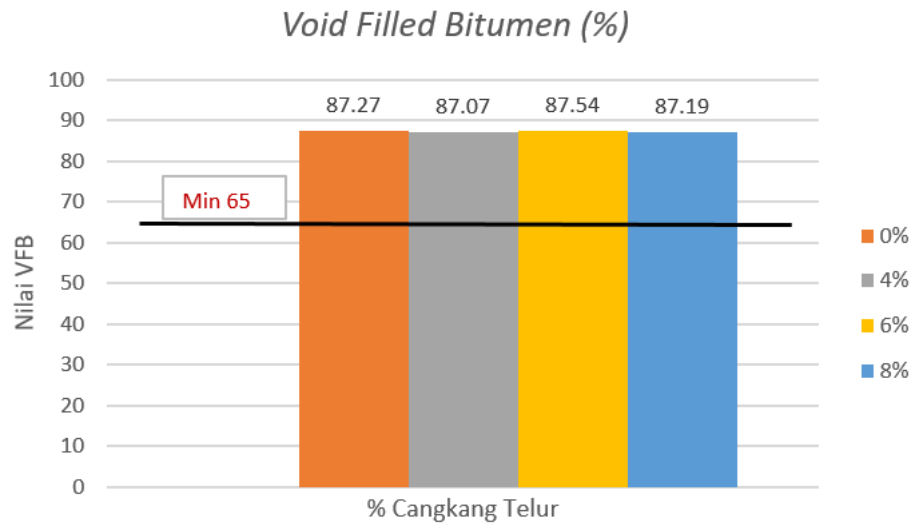
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui persentase rongga yang terisi aspal pada campuran. Hasil dari pengujian terlampir pada tabel 4.26 dibawah ini:

Tabel 4.26 Hasil Pengujian Rongga Terisi Aspal (VFB)

% Cangkang Telur	Sampel 1 (%)	Sampel 2 (%)	Sampel 3 (%)	Rata-Rata (%)	Spesifikasi (%)	Keterangan (%)
0%	87,77	87,50	86,48	87,27	Min 65	Memenuhi
4%	86,43	87,70	87,03	87,07	Min 65	Memenuhi
6%	87,97	87,55	87,08	87,54	Min 65	Memenuhi
8%	86,77	87,68	87,08	87,19	Min 65	Memenuhi

Sumber : Hasil Laboratorium (2024)





Gambar 4.9 Grafik Nilai VFB  
Sumber : Hasil Laboratorium (2024)

Berdasarkan hasil diatas penggunaan cangkang telur dalam campuran aspal mendapatkan nilai VFB yang memenuhi syarat.

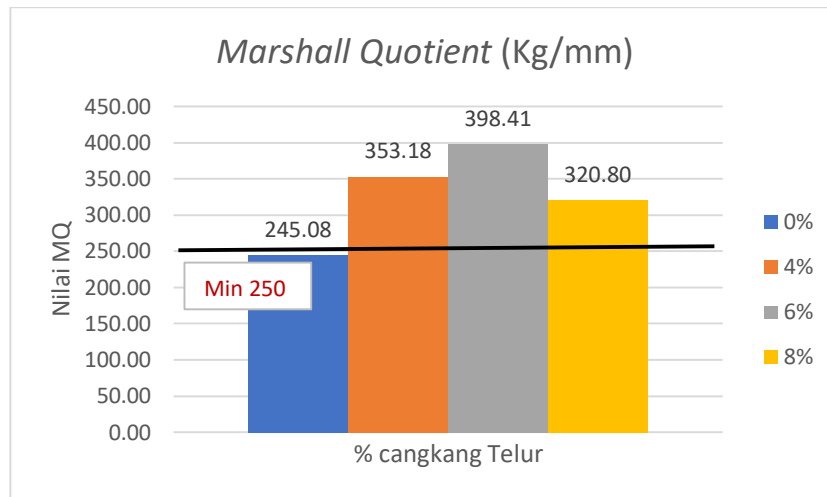
#### 4.3.6. Pengujian *Marshall Quotient* (MQ)

Pengujian ini merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dengan kelelahan. Hasil dari nilai tersebut terlampir pada tabel 4.27 dibawah ini :

Tabel 4.27 Hasil *Marshall Quotient*

% Cangkang Telur	Sampel 1 (Kg/mm)	Sampel 2 (Kg/mm)	Sampel 3 (Kg/mm)	Rata-Rata (Kg/mm)	Spesifikasi (Kg/mm)	Keterangan (Kg/mm)
0%	206,95	281,59	246,70	245,08	Min 250	Tidak Memenuhi
4%	384,64	321,23	353,68	353,18	Min 250	Memenuhi
6%	452,07	391,05	352,12	398,41	Min 250	Memenuhi
8%	316,10	291,99	354,31	320,80	Min 250	Memenuhi

Sumber : Hasil Laboratorium (2024)



Gambar 4.10 Grafik Nilai MQ  
Sumber : Hasil Laboratorium (2024)

Dari tabel diatas menunjukkan penggunaan cangkang telur dengan persentase 4% tidak memenuhi syarat dikarenakan nilai yang didapatkan kurang dari 250 Kg/mm.

#### 4.3.7. Pengujian Kepadatan / Density

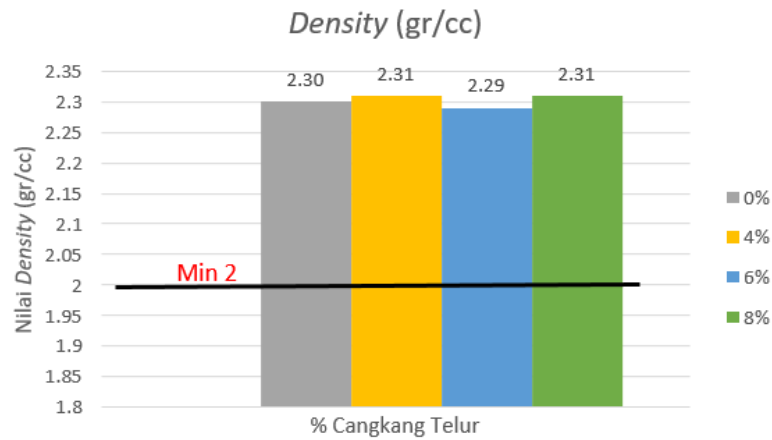
Hasil dari pengujian kepadatan dapat dilihat pada tabel 4.28 dibawah ini:

Tabel 4.28 Hasil Pengujian Kepadatan (*Density*)

% Cangkang Telur	Sampel 1 (gr/cc)	Sampel 2 (gr/cc)	Sampel 3 (gr/cc)	Rata-Rata (gr/cc)	Spesifikasi (gr/cc)	Keterangan
0%	2,29	2,30	2,33	2,30	Min 2	Memenuhi
4%	2,33	2,29	2,31	2,31	Min 2	Memenuhi
6%	2,28	2,29	2,31	2,29	Min 2	Memenuhi
8%	2,32	2,29	2,31	2,31	Min 2	Memenuhi

Sumber : Hasil Laboratorium (2024)

Berdasarkan hasil tabel diatas kepadatan dari pengujian campuran aspal menggunakan cangkang telur sebagai bahan pengganti *filler* memenuhi syarat.



Gambar 4.11 Grafik Nilai *Density*  
 Sumber : Hasil Laboratorium (2024)

Tabel 4.29 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Sifat-Sifat Campuran	Spesifikasi	Cangkang Telur			
		0%	4%	6%	8%
Stabilitas (Kg)	Min 800	1007,10	1437,60	1547,29	1474,61
Flow (mm)	2-4	4,12	4,08	3,91	4,60
VMA (%)	Min 15	18,10	17,87	18,42	18,00
VIM (%)	3-5	4,41	4,14	4,79	4,30
VFB (%)	Min 65	87,27	87,07	87,54	87,19
MQ (Kg/mm)	Min 250	245,08	353,18	398,41	320,80
Kepadatan (gr/cc)	Min 2	2,30	2,31	2,29	2,31

Sumber : Hasil Laboratorium (2024)

Keterangan : ■ = Hasil pengujian yang memenuhi syarat

■ = Hasil pengujian yang tidak memenuhi syarat

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian penggunaan cangkang telur ayam negeri sebagai bahan pengganti *filler* pada campuran aspal beton AC-WC maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Karakteristik campuran aspal beton AC-WC menggunakan cangkang telur ayam negeri sebagai bahan pengganti *filler* dengan persentase 0%, 4%, 6% dan 8% mendapatkan hasil yang sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 1 kecuali pada nilai *flow* yang melewati batas nilai dari spesifikasi.
- b. Tingginya nilai *flow* bisa disebabkan karena adanya keterlambatan dari pengujian sampel.
- c. Karakteristik campuran aspal beton AC-WC menggunakan cangkang telur sebagai bahan pengganti *filler* memperoleh nilai optimum pada persentase 6% dengan nilai Stabilitas 1547,29Kg, *Flow* 3,91mm, VMA 18,42%, VIM 4,79%, VFB 87,54%, MQ 398,41Kg/mm dan nilai Kepadatan yaitu 2,29gr/cc.

### 5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan memperoleh pengalaman, disarankan untuk melakukan penelitian tambahan tentang topik ini :






- a. Penelitian setelah ini disarankan untuk meninjau dengan variasi persentase yang lebih tinggi.
- b. Pada saat melakukan penelitian disarankan agar lebih teliti dan berhati-hati dikarenakan akan mempengaruhi dari hasil pengujian.
- c. Sebelum melakukan penelitian disarankan untuk melakukan pengecekan alat-alat yang akan digunakan agar tidak terjadinya keterlambatan yang akan mengganggu proses penelitian.
- d. Dalam pengujian sesuaikan kembali teori-teori yang berkaitan agar tidak terjadi kekeliruan pada saat pengolahan data penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Geys; Ismaili, Abul Fida. Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Pengisi Pada Campuran Lataston Atas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC). 2020. Phd Thesis. University Technology Yogyakarta.
- Bina Marga, Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3 Perkerasan Aspal.
- Fitri Muftiyah, Khoirunnisa. Pengaruh Penggunaan Cangkang Telur Ayam Pengganti Semen Portland Sebagai Filler Campuran Ac-Wc. 2023. Phd Thesis. Universitas Mataram.
- Geys Ali, Abul Fida Ismaili "Pemanfaatan Limbah Cangkang Telur Sebagai Bahan Pengisi Pada Campuran Lataston Atas *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC)" *Jurnal Teknik Sipil Universitas Teknologi Yogyakarta* 4.3 (2021).
- Novelina Cerelia P "Analisis Karakteristik Campuran Aspal Dengan Lateks Terhadap Daktilitas Dan Stabilitas Pada Perkerasan Jalan." Skripsi Teknik Sipil Universitas Medan Area, Medan (2020).
- Prodi Teknik Sipil. 2022. Bahan Kuliah Rekayasa Tanah Dan Perkerasan Jalan Raya. Bukittinggi, Universitas Muhammadiyah Sumatra Barat
- Rakhmat. "Analisis Karakteristik Aspal Beton (AC-WC) Menggunakan Bahan Tambah Dengan Variasi Suhu Campuran." Skripsi Teknik Sipil Universitas Bowoso, Makasar (2021): 9-22.
- Rumbyarso, Y. P. A., & Ulum, R. B. (2021). Analisis Pengaruh Penggunaan Cangkang Telur Bebek Ras Petelur Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton. *Jurnal Teknologika*, 11(2), 115-124.
- Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Penerbit Granit, Jakarta.
- Yulia Rahmadilla Binti Erfen, Khairul Nizam Bin Mohd Yunus (2020). *The Appropriateness Of Egg Shell As Filler In Hot Mix Asphalt. Journal Faculty of Civil and Environmental Engineering University Tun Hussein Onn Malaysia.*

## LAMPIRAN

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Dokumentasi
1	Selasa / 12 Desember 2023	Penghancuran material cangkang telur	
2	Selasa / 12 Desember 2023	Penghalusan cangkang telur	
3	Kamis / 14 Desember 2023	Pengujian penetrasi aspal	
4	Jum'at / 15 Desember 2023	Perendaman agregat halus untuk pengujian berat jenis	

5	Sabtu / 23 Desember 2023	Pengadukan Agregat dan Aspal	
6	Sabtu / 23 Desember 2023	Campuran aspal yang telah dipanaskan	
7	Sabtu / 23 Desember 2023	Pengukuran suhu campuran aspal	
8	Sabtu / 23 Desember 2023	Pencetakan benda uji	
9	Sabtu / 23 Desember 2023	Benda uji yang telah dicetak	

10	Sabtu / 23 Desember 2023	Perendaman benda uji	
11	Rabu / 17 Januari 2024	Pengujian benda uji dengan alat <i>Marshall Test</i>	
12	Rabu / 17 Januari 2024	Pengecekan hasil <i>flow meter</i> pada arloji <i>flow</i>	



**SKRIPSI**

**ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC  
DENGAN MENGGUNAKAN CANGKANG TELUR AYAM NEGERI  
SEBAGAI BAHAN PENGGANTI *FILLER***

*Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menempuh Ujian Sarjana Pada Program Studi  
Teknik Sipil Fakultas Teknik*



Oleh:

**DEWI SRI RAYA PUTRI**

**20180001**

*Acc jilid 22/8/2024  
H.S.*

*Acc 4/8/2024  
22/8/2024  
Putri*

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

**2024**



**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI**

Nama Mahasiswa	:	Dewi Sri Raya Putri
NIM	:	20180001
Program Studi	:	Teknik Sipil
Pembimbing I	:	Helga Yermadona S.pd, MT
Judul	:	Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) dengan Menggunakan Cangkang Telur sebagai Bahan Pengganti Filler

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing I
1.	9/11-23	Perbaiki sesuai catatan revisi Bab I	HP
2.	15/11-23	Perbaiki sesuai catatan, pers. rumus, cele margin + daftar pustaka	HP
3.	19/11-23	+ Daftar pustaka jurnal & beri ket. dgn abstr	HP
4.	15/11-23	ACC sempura	HP
5.	17/2/24	Tambah keterangan syarat spesifikasi dan ketega memenuhi / tdk	HP
6.	17/2/24	Tambah penjelasan pembahasan setiap sub bab	
7.	17/2/24	Kesimpulan sinkron dgn tujuan penelitian + Daftar pustaka, abstrak	
8.	17/2/24	Abstrak direvisi sesuai saran + Tujuan penelitian pada abstrak	
9.		Revisi daftar pustaka	
10.	17/2/24	ACC seminar hasil	HP

Catatan :

1. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
2. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik ..... Sipd

Helga Yermadona S.pd, MT

NIDN. 10130985



**KARTU KONSULTASI BIMBINGAN SKRIPSI**

<b>Nama Mahasiswa</b>	:	Dewi Sri Raya Putri
<b>NIM</b>	:	20180001
<b>Program Studi</b>	:	Teknik Sipil
<b>Pembimbing II</b>	:	Ir. Ana Susanti Yusman, M.ENG
<b>Judul</b>	:	Analisa Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) dengan Menggunakan Cangkang Telur sebagai Bahan Pengganti Filler

No.	Tanggal Konsultasi	Materi dan Catatan Pembimbing	Paraf Pembimbing II
1.		Tambah daftar pustaka, Cari lagi kandungan pada cangkang telur.	
2.	19/11/23	Aee ✓ & serinaka	
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Catatan :

3. Kartu Konsultasi ini dilampirkan saat pendaftaran seminar.
4. Dapat diperbanyak bila diperlukan.

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik...Sipil...,

Helga Yermadona S.Pd.MT

NIDN. 10130985



**REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 02 Desember 2023

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Proposal : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti Filler

Catatan Perbaikan : .....  
Rumusan masalah harus sinkron dgn tujuan penelitian  
Bahan dlm ditambah persentase filler  
Cek lagi persentase filler yg mau digunakan  
.....  
.....  
.....

Ketua Penguji,

**Helga Yermadona, S.Pd., M.T.**  
NIDN. 1013098502



**REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 02 Desember 2023

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Proposal : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti Filler

Catatan Perbaikan : *- Uraikan dengan daftar motor  
- Buat tabel perbandingan standar dan yg pakai cangkang telur.*

Penguji,

**Endri, S.T., M.T.**  
NIDN. 8900320021



**REVISI SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 02 Desember 2023

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Proposal : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti Filler

Catatan Perbaikan :  
- Persentase cangkang telur coba dilihat di jurnal terakhir / terbaru, gunakan yg belum di teliti orang lain  
- Bagan dir penelitian tambahkan ttg proses pencampuran 02, 23 dst nya.

Penguji,

**Gusmulyani, S.T., M.T**  
NIDN. 0007107301



**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 27 Februari 2024

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti Filler

Catatan Perbaikan :  
.....  
Tambah keterangan pada lampiran  
Foto ? ditampikan pada Bab III  
ACC sidang kompre 18/02 - 2024 HGS  
.....  
.....  
.....

Ketua Penguji,

**Helga Yermadona, S.Pd., M.T.**  
NIDN. 1013098502



**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 27 Februari 2024

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti Filler  
Catatan Perbaikan : *Perbaiki penulisan  
Tambahkan teori tentang Cangkang Ayam  
Perbaiki metode penelitian*

Sekretaris/Penguji,

**Ir. Ana Susanti Yusman, M.Eng.**  
NIDN. 1017016901

*tee / kompre  
22/2/2024  
Penguji*





**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 27 Februari 2024

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti Filler

Catatan Perbaikan :  
- Ditambahkan hasil penelitian uji aspal  
- ultri KAO ?  
- penulisan di cek lg.  
- Bayan Alin

20/-24  
3

ACC sedang koreksi  
*[Signature]*

Penguji,

**Ishak S.T. M.T.**  
NIDN. 1010047301



**REVISI SEMINAR HASIL SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 27 Februari 2024

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
 NIM : 20180001  
 Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Bahan Pengganti Filler

Catatan Perbaikan : .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Penguji,


**Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng.**  
NIDN. 1022119101



**REVISI SIDANG SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 20 Agustus 2024

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Pengganti Filler

Catatan Perbaikan :  
.....  
Abstrak tidak masuk ke dalam  
.....  
Baga dir ada revisi  analisis & pembahasan  
.....  
Lampiran berikan keterangan hari/tgl pengujian. Urutkan  
sesuai pekerjaan di lab utk foto? dokumentasi  
.....  
ACC Jilid 22/08 - 2024   
.....

Ketua Penguji,

**Helga Yermadona, S.Pd., M.T.**  
NIDN. 1013098502



**REVISI SIDANG SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 20 Agustus 2024

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Pengganti Filler  
Catatan Perbaikan : **Belajar lagi**

*see / gijiled*  
*22/08/2024*  
Sekretaris/Penguji,

**Ana Susanti Yusman, S.T., M.Eng.**  
NIDN. 1017016901



**REVISI SIDANG SKRIPSI**

Tanggal Ujian: 20 Agustus 2024

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Pengganti Filler

Catatan Perbaikan :  
- lihat skripsi yang di koreksi  
- KAO  
- kesimpulan di cek lg.  
- tabel kepadatan (min spele ?)

Penguji,

**Ishak, S.T., M.T.**  
NIDN. 1010047301

22/8-24  
ACA Revisi



**REVISI SIDANG SKRIPSI**  
Tanggal Ujian: 20 Agustus 2024

Nama : **Dewi Sri Raya Putri**  
NIM : 20180001  
Judul Skripsi : Analisis Karakteristik Campuran Aspal Beton AC-WC Dengan Menggunakan Cangkang Telur Ayam Negeri Sebagai Pengganti Filler  
Catatan Perbaikan : .....

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ACT JULID

22 / 08 / 24.

Penguji,

**Asiya Nurhasanah Habirun, S.ST., M.Eng.**  
NIDN. 1022119101