

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN FILLER ABU CANGKANG KERANG SEBAGAI BAHAN TAMBAH FILLER UNTUK CAMPURAN ASPAL AC-WC

Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang Pendidikan : Strata-1



Disusun Oleh:

BOBI AFIDDARDA
20101154330090

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PUTRA INDONESIA "YPTK"
PADANG
2025**

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN FILLER ABU CANGKANG KERANG SEBAGAI BAHAN TAMBAH FILLER UNTUK CAMPURAN ASPAL AC-WC

Disusun untuk memenuhi persyaratan
Mendapatkan gelar Sarjana Teknik

Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang Pendidikan : Strata-1



Disusun Oleh:

BOBI AFIDDARDA
20101154330090

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PUTRA INDONESIA "YPTK"
PADANG
2025**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Bobi Afiddarda
No BP	20101154330090
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Sipil

Menyatakan bahwa :

1. Sesungguhnya tugas akhir yang saya susun ini merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam laporan ini yang saya peroleh dari hasil karya tulis orang lain, telah saya tulis sumbernya dengan jelas dan sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah.
2. Jika dalam pembuatan tugas akhir, baik pembuatan tugas khusus maupun tugas akhir secara keseluruhan, ternyata terbukti dibuatkan oleh orang lain, maka saya menerima sanksi yang diberikan akademik, berupa pembatalan tugas akhir dan mengulang penelitian dengan judul baru.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa paksaan dari pihak manapun.

Padang, Februari 2025
Saya yang menyatakan,



Bobi Afiddarda
20101154330090

HALAMAN PERSETUJUAN

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN FILLER ABU CANGKANG KERANG SEBAGAI BAHAN TAMBAH FILLER UNTUK CAMPURAN ASPAL AC-WC

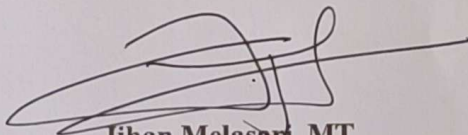
Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

BOBLAFIDDARDA
20101154330090

Telah memenuhi persyaratan untuk dipertahankan
didepan dewan penguji sidang komprehesif

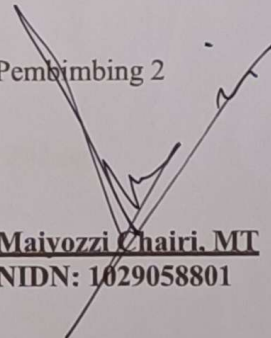
Padang, Februari 2025

Pembimbing 1



Jihan Melasari, MT
NIDN: 1014048902

Pembimbing 2



Maiyozzi Chairri, MT
NIDN: 1029058801

HALAMAN DEWAN PENGUJI

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN FILLER ABU CANGKANG KERANG SEBAGAI BAHAN TAMBAH FILLER UNTUK CAMPURAN ASPAL AC-WC

*Telah diujikan dan dipertahankan pada Sidang Komphrehensif Fakultas Teknik
Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang*

Padang, 24 Februari 2025

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

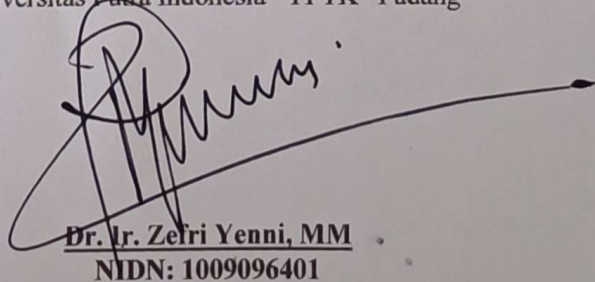
1. **Jihan Melasari, MT**
NIDN : 1014048902
2. **Deded Eka Sahputra, MT**
NIDN : 1001129201



()

()

Diketahui,
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang



Dr. Ir. Zefri Yenni, MM
NIDN: 1009096401

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN FILLER ABU CANGKANG KERANG SEBAGAI BAHAN TAMBAH FILLER UNTUK CAMPURAN ASPAL AC-WC

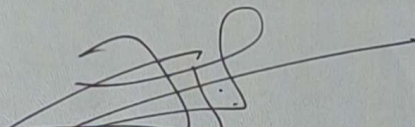
Telah dipersiapkan dan disusun oleh:

BOBI AFIDDARDA
20101154330090

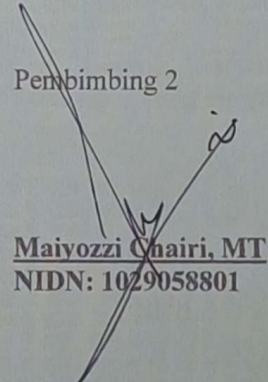
Telah berhasil dan dipertahankan di hadapan dewan penguji Sidang Komprehensif
dan telah diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Sipil

Padang, 24 Februari 2025

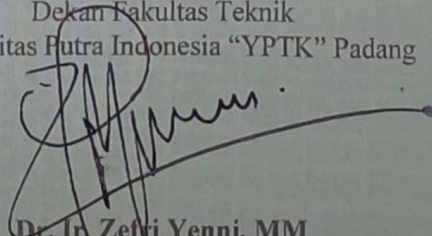
Pembimbing 1


Jihan Melasari, MT
NIDN: 1014048902

Pembimbing 2


Maiyozzi Chairri, MT
NIDN: 1029058801

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang


Dr. Ir. Zelfri Yenni, MM
NIDN: 1009096401

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Bobi Afiddarda
Nomor Buku Pokok	20101154330090
Program Studi	: Teknik Sipil
Fakultas	: Teknik
Arya Ilmiah	: Tugas Akhir

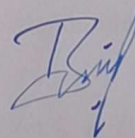
Demi pengembangan ilmu pengetahuan, maka saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang atas karya ilmiah saya dan perangkat yang ada dengan judul:

Analisa Pengaruh Penambahan Filler Abu Cangkang Kerang Sebagai Bahan Tambah Filler Untuk Campuran Aspal AC-WC.

Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang berhak menyimpan, mengelola, merawat dalam bentuk pangkalan data, dan memublikasikan selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dengan hak Bebas Royalti Non Eksklusif

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Padang, Februari 2025
Saya yang menyatakan,



Bobi Afiddarda

20101154330090

KATA PENGANTAR

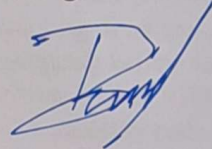
Atas berkat dan rahmat Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Hj. Zerni Marmusi, MM, Ak, CA, selaku Ketua Yayasan Perguruan Tinggi Komputer (YPTK) Padang.
2. Bapak Prof. Dr. H. Sarjon Defit, S. Kom., M.Sc., selaku Rektor Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang.
3. Ibu Dr. Ir. Zefri Yenni, MM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang.
4. Ibu Rita Nasmirayanti, MT., selaku ketua Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang.
5. Ibu Jihan Melasari, MT., sebagai dosen pembimbing I telah banyak meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam membimbing saya untuk penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Maiyozzi Chairi, MT., sebagai dosen pembimbing II telah banyak meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam membimbing saya untuk penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini.
7. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang telah emberikan banyak bantuan dukungan material dan moral serta doa yang tidak pernah putus sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan penuh rasa tanggung jawab.
8. Sahabat dan teman-teman seperjuangan di Fakultas Teknik Universitas Putra Indonesia "YPTK" Padang yang telah banyak membantu dan mendukung saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga ilmu pengetahuan, dukungan dan dorongan yang telah diberikan dapat bermanfaat khususnya bagi diri pribadi penulis. Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini tentunya masih terdapat kekurangan, oleh sebab itu berbagai kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis.

Akhir kata, Saya berharap Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah banyak membantu saya. Semoga Tugas Akhir ini membawa banyak manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan kedepannya.

Padang, 18 Februari 2025



Bobo Afiddarda
20101154330090

ABSTRAK

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi berbagai kegiatan sosial dan perekonomian Masyarakat, dan pembangunan kehidupan dalam memajukan kehidupan bermasyarakat. Abu cangkang merupakan hasil sisa pembakaran dari cangkang kerang setelah proses pembakaran atau hirolisis. Selain itu, abu cangkang kerang juga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi ramah lingkungan, seperti penjernih air atau bahan baku untuk produk komposit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis apakah abu cangkang kerang dapat bermanfaat sebagai bahan campuran aspal AC-WC, menganalisis bagaimana penggunaan abu boiler cangkang kerang sebagai bahan tambah *filler* dalam campuran aspal jenis *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dapat memenuhi persyaratan terhadap sifat-sifat parameter *marshall* serta menganalisis apakah abu cangkang kerang memiliki nilai stabilitas dan durabilitas yang baik untuk bahan campuran aspal AC-WC. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian Eksperimental yaitu dengan percobaan langsung di laboratorium dengan menggunakan data-data berupa angka yang didapatkan langsung pada saat pengujian di laboratorium. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan hasil uji marshall pada lapis perkerasan AC-WC.

Kata Kunci: Jalan, Abu, Cangkang Kerang, Marshall

ABSTRACT

Roads are transportation infrastructure that is very important in increasing the efficiency of various social and economic activities in society, and in developing life in advancing social life. Shell ash is the residual result of burning shellfish after the combustion or hydrolysis process. Apart from that, shell ash can also be used in various environmentally friendly applications, such as water purification or raw materials for composite products. This research aims to analyze whether shell ash can be useful as an AC-WC asphalt mixture, analyze how the use of clam shell boiler ash as a filler additive in Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) asphalt mixtures can meet the requirements for marshall parameter properties and analyze whether shell ash has good stability and durability values for AC-WC asphalt mixtures. The method used in this research is experimental research, namely direct experiments in the laboratory using data in the form of numbers obtained directly during testing in the laboratory. This experiment was carried out to determine the characteristics and results of the marshall test on AC-WC pavement layers.

Keywords: *Road, Ash, Clam Shell. Marshall*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
HALAMAN TIM PENGUJI	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR PERSAMAAN	xvi

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan	4

BAB II. LANDASAN TEORI

2.1 Lapis Perkerasan Jalan.....	5
2.2 Bahan Penyusun Campuran Aspal	7
2.2.1 Aspal.....	7
2.2.2 Agregat	11
2.2.3 Bahan Pengisi Filler	13
2.3 Lapis Aspal Beton	14
2.4 Karakteristik Campuran Aspal AC-WC.....	16
2.5 Pengujian Marshall.....	17
2.6 Penelitian Terdahulu.....	22

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian	34
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
3.3 Data dan Sumber Data.....	34
3.4 Teknik Pengolahan Data.....	35
3.5 Bagan Alir Metodologi Penelitian.....	42

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Material	43
--------------------------------	----

4.1.1 Pemeriksaan Agregat.....	43
4.1.2 Pemeriksaan Aspal	46
4.2 Pengujian Hasil Marshall Test Design Mix Formula	50
4.2.1 Menentukan Gradasi Campuran Agregat	51
4.2.2 Menentukan Kadar Aspal Rencana	53
4.2.3 Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)	55
4.3 Pengujian Hasil Marshall	58
4.3.1 Analisa Nilai Terhadap Density	59
4.3.2 Analisa Terhadap Nilai <i>Void Mineral Agreggate</i> (VMA).....	60
4.3.3 Analisa Terhadap Nilai <i>Void in Mix</i> (VIM).....	61
4.3.4 Analisa Terhadap Nilai <i>Void Filled with Asphalt</i> (VFA).....	62
4.3.5 Analisa Terhadap Stabilitas (<i>Stability</i>)	63
4.3.6 Analisa Terhadap Nilai Flow (Kelelehan).....	64
4.3.7 Analisa nilai Marshall Quotient (MQ)	65

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Jalan Lentur	6
Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Jalan Kaku	6
Gambar 3.1 Laboratorium UPI YPTK Padang	34
Gambar 4.1 Analisa Saringan menggunakan <i>Shieve Shaker</i>	43
Gambar 4.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	44
Gambar 4.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar	44
Gambar 4.4 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	45
Gambar 4.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat	45
Gambar 4.6 Pengujian Penetrasi Aspal	47
Gambar 4.7 Pengujian Titik Lembek Aspal	47
Gambar 4.8 Pengujian Titik Nyala Aspal	48
Gambar 4.9 Pengujian Daktilitas Aspal	48
Gambar 4.10 Pengujian Berat Jenis Aspal	49
Gambar 4.11 Grafik Perencanaan Gradasi Agregat	53
Gambar 4.12 Sampel Kadar Aspal Optimum	56
Gambar 4.13 Pengukuran Sampel KAO	56
Gambar 4.14 Perendaman Sampel	56
Gambar 4.15 Sampel dengan Variasi <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang	58
Gambar 4.16 Pengujian <i>Marshall Test</i> Sampel dengan Variasi <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang	59
Gambar 4.17 Grafik Density dengan Variasi <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang	60
Gambar 4.18 Grafik VMA dengan Variasi <i>Filler</i>	61
Gambar 4.19 Grafik VMA dengan Variasi <i>Filler</i>	62
Gambar 4.20 Grafik VFA dengan Variasi <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang	63
Gambar 4.21 Grafik Stabilitas dengan Variasi <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang	64
Gambar 4.22 Grafik <i>Flow</i> dengan Variasi <i>Filler</i>	65
Gambar 4.23 Grafik Marshall Quotient dengan Variasi Abu Cangkang Kerang	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku	7
Tabel 2.2 Ketentuan Aspal	11
Tabel 2.3 Ketentuan Filler	14
Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)	15
Tabel 2.5 Persyaratan Spesifikasi Mutu Campuran Aspal AC-WC	17
Tabel 3.1 Jenis Pengujian	40
Tabel 4.1 Pemeriksaan Agregat	46
Tabel 4.2 Pengujian Properti Aspal	49
Tabel 4.3 Gradasi Agregat Kasar Menurut Standar Bina Marga	51
Tabel 4.4 Gradasi Agregat Halus Menurut Standar Bina Marga	52
Tabel 4.5 Kadar Aspal Rencana (%)	55
Tabel 4.6 Resume Hasil <i>Marshall</i>	57
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar Filler Abu Cangkang Kerang	59
Tabel 4.8 Hasil Pengujian <i>Density</i>	60
Tabel 4.9 Pengaruh Penggunaan Variasi Kadar Abu Cangkang Kerang Terhadap <i>Void in Mineral Aggregate</i> (VMA)	61
Tabel 4.10 Pengaruh Terhadap Void in Mix (VIM) dengan menggunakan Variasi Kadar Abu Cangkang Kerang	62
Tabel 4.11 Pengaruh dengan Penggunaan Variasi Abu Cangkang Kerang Terhadap <i>Void Filled with Asphalt</i> (VFA)	63
Tabel 4.12 Pengaruh Penggunaan <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang Terhadap Stabilitas Campuran AC-WC	64
Tabel 4.13 Pengaruh Penggunaan <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang Terhadap <i>Flow</i> Campuran AC-WC	65
Tabel 4.14 Pengaruh Penggunaan <i>Filler</i> Abu Cangkang Kerang Terhadap <i>Marshall Quotient</i> Campuran AC-WC	66

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 Berat Jenis Bulk Agregat Total.....	18
Persamaan 2.2 Stabilitas (<i>Stability</i>).....	18
Persamaan 2.3 Berat Jenis Maksimum Campuran.....	19
Persamaan 2.4 Rongga Udara Dalam Campuran/ <i>Void In Mix</i> (VIM)	20
Persamaan 2.5 Rongga Pada Campuran Agregat/ <i>Void Mineral Aggregate</i> (VMA)	20
Persamaan 2.6 Rongga Terisi Aspal/ <i>Void Filled with Asphalt</i> (VFA)	21
Persamaan 4.1 Menentukan Kadar Aspal Rencana.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dalam meningkatkan efisiensi berbagai kegiatan sosial dan perekonomian Masyarakat, dan pembangunan kehidupan dalam memajukan kehidupan bermasyarakat. Tujuan pembangunan jalan diantaranya untuk mewujudkan lalu lintas yang aman, cepat, dan nyaman (Siti Fatimah, 2019) Oleh karena itu prasarana jalan sangat memerlukan perhatian khusus terhadap pembangunannya apalagi dari segi keamanan dan kenyamanan jalan tersebut. Untuk menciptakan jalan yang aman dan mengurangi terjadinya kecelakaan lalu lintas, hal yang perlu diperhatikan adalah struktur konstruksi lapisan permukaan jalan yang akan tetap aman dan nyaman selama waktu pelayanan (Pengantar Transportasi, 2019)

Aspal merupakan salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan konstruksi perkerasan jalan khususnya pada lapis permukaan karena kelebihan yang dimilikinya antara lain, memiliki sifat elastis bisa menerima beban kendaraan, memiliki ketahanan, mampu menahan bising dan nyaman (*The Asphalt Institute, 1983*) Perkembangan pertumbuhan volume lalu lintas yang meningkat memberikan dampak yang besar terhadap permintaan Pembangunan struktur perkerasan jalan dan pemakaian material yang digunakan. Di Indonesia sering terjadi kepadatan lalu lintas yang berlebihan dan temperature udara yang tinggi, sehingga perlu pertimbangan dalam melakukan perencanaan campuran aspal. Aspal merupakan suatu material yang diperoleh dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal berwarna hitam kecoklatan dan memiliki sifat viskoelastis sehingga melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis ini yang membuat aspal dapat menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses pembuatan dan pelayanannya. Oleh karena itu diperlukan aspal dengan kualitas yang bagus sehingga nantinya menghasilkan campuran beraspal dengan kinerja yang baik. Karena aspal merupakan lapis perkerasan

yang paling atas menerima langsung dampak dari lalu lintas, maka aspal harus cukup kuat, stabil, dan tetap ditempat meskipun ada pembebanan dari lalu lintas (Najar Rumbia, 2023)

Menurut Bina Marga Kementrian Pekerja umum persyaratan filler yang digunakan harus kering serta bebas dari gumpalan serta apabila dicoba dengan pengayakan sesuai dengan yang ditunjuk oleh SNI ASTM C136 : 2012 harus memiliki bahan yang lolos saringan No. 200 minimal 75% terhadap beratnya. Bahan pengisi (*filler*) yang dapat digunakan terdiri atas abu batu kapur, semen, dan pasir. Namun seperti yang kita ketahui bahwa bahan filler tersebut persediannya telah mulai menipis apabila dilihat dari sumber materialnya, untuk itu perlu dicari alternatif lain dengan memanfaatkan bahan-bahan lain yang ekonomis dan banyak ketersediaannya tetapi tidak mengurangi kekuatan dari perkerasan itu sendiri dan memenuhi ketentuan yang disyaratkan.

Kerang merupakan bagian penting dari ekosistem laut. Terutama dekat dengan daerah laut sehingga sangat banyak ditemukan kerang yang menghasilkan limbah dalam bentuk cangkang dalam jumlah besar. Akan tetapi cangkang kerang ini mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dimana kandungan tersebut berfungsi untuk mengikat air karena air merupakan musuh dari aspal yang dapat mempengaruhi usia dari aspal sehingga abu cangkang kerang ini bisa dimanfaatkan untuk bahan tambah filler. Salah satu bahan pengisi yang dapat digunakan pada campuran aspal panas adalah abu cangkang kerang. Abu cangkang merupakan hasil sisa pembakaran dari cangkang kerang setelah proses pembakaran atau hirolisis. Selain itu, abu cangkang kerang juga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi ramah lingkungan, seperti penjernihan air atau bahan baku untuk produk komposit.

Maka dari itu berdasarkan penjabaran diatas, pada penelitian ini saya mengambil topik penelitian yaitu **“ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN FILLER ABU CANGKANG KERANG SEBAGAI BAHAN TAMBAH FILLER UNTUK CAMPURAN ASPAL AC-WC”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan diatas, maka permasalahan yang diangkat penulis untuk penelitiannya adalah sebagai berikut ;

1. Bagaimana penggunaan abu cangkang kerang sebagai bahan tambah *filler* dalam campuran aspal jenis Aspal AC-WC ?
2. Bagaimana komposisi kadar aspal optimum (KAO) pada penggunaan abu cangkang kerang sebagai campuran aspal ?

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penyusunan tugas akhir ini menjadi lebih terarah dan tidak menyimpang, Oleh karena itu penulis membatasi pokok permasalahan yang akan dibahas, maka pembahasan yang diperlukan sebagai berikut :

1. Filler yang digunakan adalah abu cangkang kerang pengolahan yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm).
2. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
3. Spesifikasi yang digunakan adalah spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan jalan.
4. Jenis kontruksi yang dipakai adalah Laston AC-WC dengan kadar aspal optimum.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. menganalisis apakah abu cangkang kerang dapat bermanfaat sebagai bahan campuran aspal AC-WC dalam penelitian ini.
2. menganalisis bagaimana penggunaan abu boiler cangkang kerang sebagai bahan tambah *filler* dalam campuran aspal jenis *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dapat memenuhi persyaratan terhadap sifat-sifat parameter *marshall*.
3. menganalisis apakah abu cangkang kerang memiliki nilai stabilitas dan durabilitas yang baik untuk bahan campuran aspal AC-WC.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengurangi dampak lingkungan dari limbah industri cangkang kerang dengan memanfaatkannya sebagai bahan alternatif filler dalam campuran aspal (AC-WC) sebagai lapis aus permukaan perkerasan lentur.
2. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang potensi penggunaan abu boiler cangkang kerang sebagai bahan tambah *filler* dalam campuran *asphalt* AC-WC

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan pedoman perencanaan dan semua teori yang mendukung dalam penulisan laporan tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang metodologi penelitian yang mendukung dan dipakai dalam penulisan laporan tugas akhir.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini merupakan hasil penelitian dan pembahasan singkat mengenai hasil penelitian yang digunakan untuk memecahkan masalah dan menarik kesimpulan.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Lapis Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen (*Portland Cement*) sebagai bahan ikatnya sehingga lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Fungsi utama dari perkerasan sendiri adalah untuk menyebarkan atau mendistribusikan beban roda ke area permukaan tanah-dasar (*sub-grade*) yang lebih luas dibandingkan luas kontak roda dengan perkerasan, sehingga mereduksi tegangan maksimum yang terjadi pada tanah-dasar. Perkerasan harus memiliki kekuatan dalam menopang beban lalu-lintas. Permukaan pada perkerasan haruslah rata tetapi harus mempunyai kekesatan atau tahan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan. Perkerasan dibuat dari berbagai pertimbangan, seperti: persyaratan struktur, ekonomis, keawetan, kemudahan, dan pengalaman (Crhistiady, 2011).

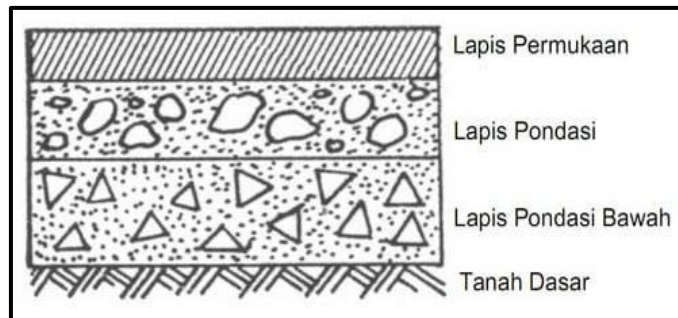
Menurut Suprpto (2000), tanah saha biasanya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti, terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang erletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan. Lapisan tambahan ini dapat dibuat dari bahan khusus yang dipilih (yang lebih baik), selanjutnya disebut **lapis keras/perkerasan/pavement**.

Menurut Sukirman (2010) mengungkapkan, konstruksi perkerasan jalan dilihat dari bahan pengikat yang dibedakan atas :

1. Kontruksi perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur merupakan jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Kontruksi perkerasan lentur sendiri dibuat secara berlapis dan terdiri atas lapisan permukaan (*surface course*) yaitu lapis aus dan lapis antara, lapisan dibawahnya adalah lapisan pondasi yang terdiri dari lapisan pondasi atas (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*subbase course*), dan untuk lapisan terakhir yaitu tanah dasar yang dipadatkan. Setiap lapisan-lapisan

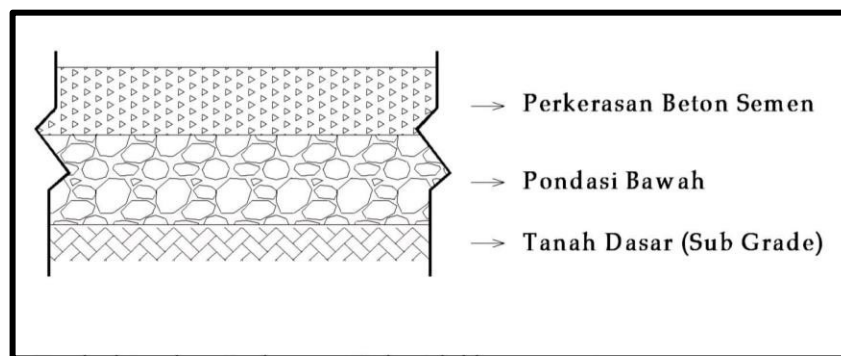
perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar. Bagian-bagian dari lapisan perkerasan jalan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.1. Struktur Perkerasan Jalan Lentur
(Sumber : Binamarga.pu.go.id)

2. Kontruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Selanjutnya beban lalu lintas akan dipikul oleh pelat beton tersebut.



Gambar 2.2. Struktur Perkerasan Jalan Kaku
(Sumber : Binamarga.pu.go.id)

3. Kontruksi Perkerasan Komposit

Perkerasan komposit adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur, dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya kaku diatas perkerasan lentur. Dapat dilihat pada tabel dibawah ini mengenai perbedaan perkerasan lentur dan perkerasan kaku :

Tabel 2.1 Perbedaan Perkerasan Lentur dan Kaku

No	Jenis Perbedaan	Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah, timbul tegangan dalam yang Kecil	Modulus kekakuan tidak berubah, timbul tegangan dalam yang besar

(Sumber : Fauzi, 2018)

2.2 Bahan Penyusun Campuran Aspal

Aspal, agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*) adalah komponen utama perkerasan. Untuk menghasilkan perkerasan jalan yang baik dan berkualitas tinggi, bahan-bahan harus berkualitas tinggi. Bahan-bahan ini kemudian dicampur dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk membentuk campuran yang biasa digunakan sebagai bahan lapis perkerasan jalan. Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

2.2.1 Aspal

Aspal adalah bahan padat atau semi padat berwarna hitam atau gelap yang dibulat atau diperoleh di alam. Aspal memiliki sifat termoplastis, yang berarti bahwa ia mencair ketika dipanaskan dan membeku ketika suhu turun. Selama proses pembangunan jalan, sifat ini digunakan. Dalam campuran perkerasan, banyaknya aspal berkisar antara 4–10 persen berdasarkan berat campuran atau 10–15 persen berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2016).

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam adalah aspal yang ditemukan di alam dan dapat digunakan begitu saja atau dengan sedikit pengolahan. Aspal minyak adalah

residu dari pengilangan minyak bumi. Menurut Sukirman (2016), ada beberapa jenis aspal:

1. Aspal Alam, dapat dibedakan atas kelompok yaitu :
 - a. Aspal gunung (*rock asphalt*), juga dikenal sebagai aspal batuan terbentuk dalam celah batuan kapur dan pasir.
 - b. Aspal danau (*lake asphalt*), dimana titik lembek sangat tinggi dan angka penetrasi aspal ini sangat rendah.

2. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah hasil dari destilasi minyak bumi, proses di mana berbagai fraksi dipisahkan dari minyak mentah. Berikut adalah jenis-jenisnya:

- a. Aspal cair juga dikenal sebagai aspal dingin atau cair, digunakan untuk membuat lapis resap pengikat atau (*prime coat*). Aspal cair digunakan baik dalam keadaan dingin maupun cair.
- b. Aspal padat adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas dikenal dengan sebutan semen aspal (*asphalt cement*). Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang).
- c. Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) juga dikenal sebagai aspal cair, adalah campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang dibuat di pabrik pencampur. Butir-butir aspal di dalam aspal emulsi larut dalam air.

Menurut Soehartono (2016) Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan pengikat (binder) antar butiran agregat agar terbentuk material yang padat, sehingga dapat memberikan kekuatan , ketahanan dan campuran dalam menanggung beban kendaraan. Pengikat yaitu suatu deskripsi untuk adhesif atau lem yang digunakan sebagai perkerasan aspal. Pengikat cair didefinisikan sebagai pengikat ter dan aspal. Aspal haruslah mempunyai daya tahan terhadap cuaca, elastis, adhesi dan kohesi yang baik. Berikut adalah sifat-sifat aspal yang harus dimiliki dalam perkerasan jalan :

1. Daya tahan (*durability*)

Daya tahan aspal didefinisikan sebagai kemampuan aspal untuk mempertahankan sifatnya yang asli dari pengaruh cuaca selama perawatan jalan. Sifat ini adalah sifat dari campuran aspal, jadi bergantung pada sifat agregat, campuran aspal, faktor pelaksanaan, dan faktor lainnya. Tetapi sifat ini dapat diperkirakan dari evaluasi TFOT (*Thin Film Oven Test*).

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga menghasilkan ikatan yang baik antara agregat dan aspal, sedangkan kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah diikat.

3. Kepekaan terhadap lentur

Aspal adalah material yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur.

4. Pengerasan

Selama proses pencampuran, aspal dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga melapisi agregat. Selama proses ini, terjadi oksidasi, yang membuat aspal menjadi getas. Akibatnya, semakin tipis lapisan aspal semakin keras.

Aspal dapat digunakan sebagai bahan pengikat untuk perkerasan lentur karena dibuat dari bahan-bahan alam. Sifat-sifat aspal harus diperiksa di laboratorium. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan penetrasi aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal dilakukan untuk mengukur kekerasan aspal. Jarum penetrasi berdiameter 1 mm dimasukkan dengan beban 50 gr, yang menghasilkan beban gerak 100 gr selama 5 detik pada suhu 25 °C. Hasil pengujian penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh berat beban total, ukuran sudut, kehalusan permukaan jarum, suhu, dan waktu, dan dapat digunakan untuk mengendalikan mutu aspal yang diperlukan untuk

pembangunan, peningkatan, atau pemeliharaan jalan.

2. Pemeriksaan titik lembek

Titik lembek menunjukkan suhu ketika aspal berubah dari fase padat menjadi cair. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menghitung suhu di mana bola baja (bola baja) mendesak turun lapisan aspal cincin hingga aspal menyentuh dasar pelat di bawah cincin pada jarak 1 inci. Bola baja memiliki berat 3,45–3,55 gram dan diameter 9,53 mm. Batas kekerasan aspal harus ditentukan melalui pemeriksaan ini. Sifat kekakuan aspal yang disebabkan oleh sifat termoplastik mencapai titik lembek pada suhu 5 ° C. Syarat titik lembek untuk aspal keras penetrasi 60/70 adalah 48–58 °C

3. Pemeriksaan titik nyala

Pengujian titik nyala dan titik bakar bertujuan untuk menentukan titik bakar dan titik nyala dari aspal beton. Titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik pada suatu titik di atas permukaan aspal.

Titik nyala dan titik bakar perlu diketahui untuk menentukan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga tidak terbakar. Jika terbakar tentunya akan menyebabkan menurunnya kualitas aspal. Pengujian titik nyala dan titik bakar sebaiknya dilakukan di ruang gelap sehingga nyala api pertama dapat terlihat jelas.

4. Pemeriksaan daktilitas

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengukur jarak perpanjangan yang dapat ditarik pada cetakan yang berisi aspal sebelum putus. Ini harus dilakukan pada suhu 25 oC dengan kecepatan tarik 5 cm/menit dan dengan daktilitas penetrasi 60/70.

5. Pemeriksaan berat jenis

Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mengukur berat jenis aspal dengan menggunakan piknometer untuk mengukur perbandingan berat aspal dan zat cair suling dengan volume yang sama pada suhu 25 °C.

Tabel 2.2 Ketentuan Aspal

Jenis Pemeriksaan	Metode	Syarat
Penetrasi 25 °C	SNI 06-2456-1991	60-70
Titik lembek	SNI 2434:2011	Min. 48
Titik menyala	SNI 01433:2011	Min 232
Daktilitas	SNI 2432:2011	Maks. 0,8
Berat jenis	SNI 24411:2001	Min. 1,0

(Sulmbelr : Spelsifikasi Ulmulm Bina Marga Divisi 6, 2018)

2.2.2 Agregat

Agregat menurut (Silvia Sukirman, 2003) merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan prosentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan prosentase volume. Dengan demikian, kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat adalah bahan pengisi atau yang dicampurkan dalam proses pembuatan aspal yang berasal dari batu dan mempunyai peranan penting terhadap kualitas aspal maupun harganya.

Kualitas agregat sebagai bahan kontruksi perkerasan jalan ditentukan oleh sifatnya. Ada tiga kelompok sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan kontruksi perkerasan jalan sebagai berikut :

1. Kekuatan dan keawetan (*strength and durability*) lapisan perkerasan yang dipengaruhi oleh:
 - a) Gradasi
 - b) Kadar lempung
 - c) Ukuran maksimum
 - d) Bentuk butir
 - e) Tekstur permukaan
2. Kekampuan untuk dilapisi aspal dengan baik, dipengaruhi oleh :
 - a) Porositas
 - b) Kemungkinan basah
 - c) Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang

nyaman dan aman, dipengaruhi oleh :

- a) Ketahanan geser
- b) Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan (*workability*)

Pasir, kerikil, dan batu adalah contoh agregat alami yang dihasilkan secara alami. Sebelum agregat dapat digunakan dalam campuran aspal, biasanya perlu melalui beberapa prosedur, seperti dipecah dan dicuci. Menurut Bina Marga (2007), total terdiri dari dua bagian:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar, yang didefinisikan sebagai agregat yang tertahan pada saringan nomor 8 (2,36 mm), digunakan untuk campuran aspal. Agregat ini harus berasal dari batu pecah yang bersih, kuat, dan kering, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya, dan memiliki permukaan yang kasar dan tidak bulat. Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F tentang Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A, agregat kasar harus memenuhi persyaratan dan ketentuan seperti berikut ini:

- a) Butiran agregat kasar harus bertekstur keras dan tidak berpori, indeks kekerasan $< 5\%$.
- b) Agregat kasar tidak mengandung lumpur (butiran halus yang lewat ayakan 0,06) lebih dari 1% dalam berat keringnya, jika melampaui 1% maka harus dicuci.
- c) Ukuran butir agregat kasar maksimalnya tidak boleh melebihi dari $1/5$ jarak terkecil antara bidang-bidang samping cetakan, $3/4$ jarak bersih antar tulangan atau berkas tulangan, dan $1/3$ tebal pelat beton.

2. Agregat Halus

Agregat halus dapat berupa pasir, batu pecah, atau keduanya. Agregat halus adalah material yang secara alami melalui saringan 2,36 mm dan dapat ditahan pada saringan 75 mm atau No. 200. Agregat halus berfungsi untuk meningkatkan stabilitas campuran dan mengurangi deformasi permanen yang disebabkan oleh ikatan (*interlocking*) dan gesekan antar

partikel. Dengan demikian, sudut permukaan, kekasaran permukaan, dan kemurnian agregat halus adalah karakteristik yang diperlukan.

2.2.3 Bahan Pengisi Filler

Bahan pengisi, juga disebut sebagai filler, adalah material yang telah lolos saringan no. 200 atau memiliki ukuran butiran di bawah 0,075 mm. Bahan pengisi ini digunakan untuk mengisi ruang antara agregat kasar dan halus untuk meningkatkan kepadatan dan kestabilan. Bahan pengisi dapat berupa debu batu kapur, semen portland, abu batu, atau abu batu.

Untuk digunakan, filler harus kering dan bebas dari kotoran organik. Filler digunakan untuk mengubah berat campuran dan mengurangi jumlah aspal yang digunakan. Jika ada kadar filler yang berlebihan, campuran akan menjadi getas dan mudah retak, tetapi jika ada kadar filler yang terlalu sedikit, campuran akan menjadi lunak.

Menurut Bina Marga 2018, persyaratan filler untuk campuran aspal adalah sebagai berikut:

1. Bahan pengisi terdiri dari abu terbang, semen, kapur padam (kapur padam) atau debu batu kapur (debu batu kapur). Sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
2. Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bebas dari gumpalan gumpalan dan bila diuji dengan pengayakan.
3. Bahan pengisi harus 1-2% dari berat total campuran jika digunakan, dan bahan pengisi lainnya harus 1-4% dari berat total campuran. Terlalu banyak kandungan bahan pengisi akan membuat campuran menjadi getas dan mudah pecah karena beban lalu lintas, tetapi terlalu sedikit akan membuat campuran lembek di cuaca panas.

Bahan pengisi ini berfungsi sebagai :

1. sebagai pengisi antara partikel agregat yang lebih kasar, yang mengurangi rongga udara dan membuatnya tahan gesek dan memiliki penguncian antar butiran yang tinggi.
2. Jika ditambahkan ke dalam aspal, bahan pengisi akan menjadi

suspensi bersama dengan aspal, megikat partikel agregat. Ini membuat campuran aspal lebih kenta dan membuatnya lebih kuat

Tabel 2.3 Ketentuan filler

Karakteristik	Metode Pengujian	Syarat
Material lolos saringan no.200	SNI M-02-1994-03	Min.75%

(Sumber : Spesifikasi Bina Marga, 2018)

Untuk penelitian ini, *filler* yang akan digunakan adalah abu cangkang kerang, cangkang kerang ini mengandung kalsium karbonat (CaCO_3) dimana kandungan tersebut berfungsi untuk mengikat air karena air merupakan musuh dari aspal yang dapat mempengaruhi usia dari aspal sehingga abu cangkang kerang ini bisa dimanfaatkan untuk bahan tambah filler. Salah satu bahan pengisi yang dapat digunakan pada campuran aspal panas adalah abu cangkang kerang. Abu cangkang merupakan hasil sisa pembakaran dari cangkang kerang setelah proses pembakaran atau hirolisis.

2.3 Lapis Aspal Beton

Lapisan aspal beton, atau laston, adalah lapisan di atas konstruksi jalan yang terbuat dari campuran aspal keras dan agregat yang dihaluskan, diterus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu. Bergantung pada fungsinya, aspal beton dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis sebagai berikut :

1. Sebagai lapis permukaan (lapis aus) yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air dikenal dengan nama *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)*.
2. Sebagai lapis pengikat dikenal dengan nama *Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)* Laston, juga disebut beton aspal (AC), adalah jenis beton yang paling banyak digunakan di Indonesia saat ini. Ini adalah beton aspal bergradasi menerus yang biasanya digunakan di jalan dengan banyak kendaraan. Stabilitas adalah karakteristik beton aspal utama campuran ini.

3. Lapis beton asphalt (*AC-Base*) digunakan sebagai lapis pondasi untuk proyek pembangunan atau pemeliharaan jalan.

Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal dikeluarkan dinas permukiman dan prasarana wilayah Bersama-sama dengan Bina Marga dan setiap lapisan memiliki ketebalan tersendiri dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.4 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112 ⁽³⁾
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal Efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%) ⁽⁴⁾	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga terisi aspal (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	56
Stabilitas marshall (Kg)	Min	800		1800 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min	4		3
	Maks	2		6 ⁽³⁾
Stabilitas marshall sisa(%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽⁵⁾	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal ⁽⁶⁾	Min	2		

(Sumber : KPUPR Direktorat Bina Marga, 2018)

Campuran beton aspal dapat berfungsi dengan baik jika memiliki karakteristik berikut :

1. Keras/kaku (*stiff*)

Berfungsi untuk Memikul dan membagi beban, mengurangi rutting (bergelombang memotong jalan), dan mengurangi stres horizontal

(mengurangi retak) adalah fungsinya.

2. Kelenturan (*Flexible*)

Tahan terhadap retak dan kuat. Fungsinya adalah untuk mencegah air masuk karena kekakuan jalan meningkatkan kemungkinan retak, yang menahan tegangan dan regangan tarik. Perubahan bentuk yang sangat tinggi disebabkan oleh jalan yang terlalu fleksibel.

3. Durabilitas

Maksudnya adalah tahan terhadap cuaca, pelapukan (penuaan), dan gesekan roda kendaraan; mempertahankan fleksibilitas, mencegah embrittlement dan perapuhan campuran; dan mempertahankan agregat polishing dan skidresist.

4. Kekasaran permukaan (*Skid resistance*)

yaitu kekuatan perkerasan aspal yang membuat permukaannya cukup kesat untuk mencegah slip atau abrasi pada jalan basah atau kering. Kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal adalah semua faktor yang diperlukan untuk mencapai kekesatan jalan yang sama dengan cara yang sama untuk mencapai stabilitas yang tinggi. Untuk mencapai kekasaran yang tinggi, kadar aspal yang tepat harus digunakan, dan agregat kasar yang cukup harus digunakan.

5. Kedap air (*impermeable*)

Sifat impermeable pada campuran aspal berfungsi untuk mencegah masuknya air / udara karena jika air masuk maka akan mempercepat proses oksidasi sehingga proses pelapukan akan berlangsung cepat. Workabilitas atau mudah untuk dikerjakan di lapangan.

2.4 Karakteristik Campuran Aspal AC-WC

Lapisan AC-WC adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran aspal dan agregat, kadang-kadang dengan bahan tambah. Suhu pencampuran, juga dikenal sebagai hot mix, biasanya 140–155°C. Kadar aspal yang cukup diperlukan untuk memberikan lapis aus yang kedap air (Soehartono, 2015).

Dalam pengujian Marshall, campuran yang digunakan untuk

lapisan AC- WC harus memenuhi beberapa persyaratan pengujian.

Persyaratan campuran untuk laston adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5 Persyaratan Spesifikasi Mutu Campuran Aspal AC-WC

Sifat-sifat Campuran	Spesifikasi
Jumlah tumbukan perbidang	75 kali
Kadar aspal	5 - 7 %
Rongga dalam campuran (VIM)	3 - 5 %
Rongga dalam agregat (VMA)	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFA)	Min 65%
Kepadatan (bulk density)	Min 2,228 gr/cm ³
Stabilitas	Min 800 kg
Pelelehan (flow)	2 - 4 mm
<i>Marshall Quotient</i> (MQ)	Min 250 kg/mm

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018)

Salah satu karakteristik utama dari aspal AC-WC adalah kepadatannya yang tinggi. Campuran aspal AC-WC dirancang untuk memiliki komposisi yang padat dan rapat, memastikan bahwa permukaan jalan memiliki struktur yang kokoh dan tahan terhadap beban lalu lintas berat. Kepadatan ini juga membantu mencegah air meresap ke dalam campuran, melindungi struktur jalan dari kerusakan akibat air dan es.

Selain kepadatan yang tinggi aspal asfalt AC-WC memiliki kekuatan mekanik yang sangat baik. Ini berarti bahwa lapisan ini mampu menahan tekanan dan beban yang dihasilkan oleh lalu lintas kendaraan, termasuk beban yang dinamis. Kekuatan ini juga membantu menjaga integritas struktural jalan agar tidak mengalami deformasi atau retakan akibat stres yang berulang.

2.5 Pengujian Marshall

Konsep *Marshall Test* dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur perkerasan pada *Mississippi State Highway*. Pada tahun 1948 *US Corp of Engineering* mengingatkan dan menambahkan beberapa kriteria pada prosedur tesnya, terutama kriteria rancangan campuran. Sejak saat itu tes ini banyak diadopsi

oleh berbagai organisasi dan pemerintahan dibanyak negara, dengan beberapa modifikasi prosedur ataupun interpretasi terhadap hasilnya.

Dengan pemeriksaan menggunakan alat marshall diperoleh data-data stabilitas, kelelahan plastis (*flow*), persen rongga dalam agregat, berat volume. Untuk memastikan suatu campuran aspal panas sudah memenuhi persyaratan-persyaratan yang sudah ditetapkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga atau Departemen Pekerjaan Umum, maka perlu dilakukan tes dengan alat masrhall. Berikut hasil yang diperoleh dari *marshall test* antara lain :

1. Berat Jenis Bulk Agregat Total

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda. Berat jenis Bulk Agregat Total (G_{sb}) dihitung dengan cara sebgaa berikut :

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sb1}} + \frac{P_2}{G_{sb2}} + \frac{P_3}{G_{sb3}} + \frac{P_4}{G_{sb4}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sbn}}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

- G_{sb} : Berat Jenis Bulk agregat Total
- $P_1, P_2, \dots, P_n$: Presentase berat masing-masing fraksi terhadap berat total agregat campuran
- $G_{sb1}, G_{sb2}, \dots, G_{sbn}$: Berat jenis Bulk masing-masing fraksi agregat

2. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah kemampuan campuran beraspal dalam melawan defenisi deformasi plastis atau perubahan bentuk permanen akibat beban lalu lintas. Stabilitas ditentukan oleh tahanan gesek atau derajat penguncian yang dapat dikembangkan oleh semen aspal. Stabilitas akan maksimal apabila agregat mempunyai permukaan kasar/tidak beraturan, dan volume aspal yang cukup, sehingga adhesi dengan permukaan agregat dapat disebarkan dengan merata.

3. Berat Jenis Efektif Agregat

Bila berat jenis maksimum (Gmm) diukur dengan AASHTO T-209-90, maka berat jenis efektif agregat (Gse), kecuali rongga dalam pertikel agregat yang menyerap aspal dapat ditentukan dengan rumus :

$$Gse = \frac{Pmm - Pa}{\frac{Pmm}{Gmm} + \frac{Pa}{Ga}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

- Gse : Berat jenis efektif agregat
- Gmm : Berat jenis maksimum campuran
- Pmm : Persen total campuran = 100
- Pa : Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat, %
- Ga : Berat jenis aspal

4. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran (Gmm) pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal. Berat jenis maksimum dapat ditentukan dengan AASHTO T-209-99. Ketelitian hasil uji terbaik adalah bila kadar aspal campuran mendekati kadar aspal optimum. Berat jenis maksimum campuran secara teoritis dapat dihitung dengan rumus :

$$Gmm = \frac{Pmm}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pa}{Ga}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- Gmm : Berat jenis maksimum campuran
- Pmm : Persen total campuran = 100
- Pa : Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat, %
- Ps : Kadar agregat terhadap berat aspal beton padat, %
- Ga : Berat jenis aspal
- Gse : Berat jenis efektif agregat

5. Rongga udara dalam Campuran / *Void In Mix* (VIM)

Void In Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran, sehingga rongga tidak terlalu kecil (menimbulkan bleeding) atau terlalu besar (menimbulkan oksidasi/penuaan aspal dengan masuknya udara dan sinar ultra violet) dan menurunkan sifat durabilitas aspal. Berikut perhitungan VIM dengan persamaan sebagai berikut :

$$VIM = 100 - 100 \times \frac{Bj \text{ Bulk} \dots\dots\dots}{Gmm} \quad (2.4)$$

Dimana :

- VIM : Rongga udara dalam campuran (%)
- Gmm : Berat jenis maksimum campuran BJ Bulk
- Bj Bulk : Berat jenis Bulk campuran

6. Rongga pada Campuran Agregat / *Void Mineral Aggregate* (VMA)

Rongga pada campuran agregat adalah rongga antara butir agregat, terdiri dari rongga udara serta aspal efektif yang dinyatakan dalam presentase volumetotal campuran. Bila rongga udara serta kadar aspal telah diketahui, maka hanya Tingkat absorpsi agregat yang belum terungkap. Dengan pertimbangan bahwa penilaian agregat sudah dilakukan pada tahap perencanaan, maka parameter VMA dapat dianggap tidak diperlukan lagi. Rongga diantara agregat (VMA) dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - pa) \times Bj \text{ Bulk} \dots\dots\dots}{Gsb} \quad (2.5)$$

Dimana :

- VMA : Rongga diantara agregat (%)
- Pa : Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat,
- %Bj Bulk : Berat jenis bulk campuran
- Gsb : Berat jenis bulk agregat total

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

Rongga terisi aspal (VMA) adalah volume pori aspal beton padat yang terisi oleh aspal, atau volume film/selimut aspal yang dapat dihitung dengan persamaan :

Dimana:

$$VFA = 100 - \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (2.6)$$

VFA : Rongga terisi Aspal (%) VMA

: Rongga diantara agregat (%)

VIM : Rongga udara dalam campuran (%)

8. Kelelehan / *Flow*

Parameter *Flow* diperlukan untuk mengetahui deformasi vertical campuran saat dibebani hingga hancur (pada stabilitas maksimum). *Flow* akan meningkat seiring dengan meningkatnya kadar aspal. Campuran berkadar aspal rendah lebih tahan terhadap deformasi jika ditempatkan di as jalan, sedangkan campuran berkadar aspal tinggi akan lebih kuat menahan deformasi jika ditempatkan dibagian tepi perkerasan (tanpa tahanan samping)

9. Hasil bagi Marshall / *Marshall Quotient* (MQ)

Parameter *Marshall Quotient* diperlukan untuk dapat mengetahui Tingkat kekakuan (*stiffness*) campuran. Pada lapisan overlay ≥ 5 cm, maka kekakuan yang tinggi dapat menahan deformasi dan mendistribusikan beban lalu lintas ke daerah yang lebih luas pada tanah dasar, sedangkan pada pelapisan tambahan tersebut tidak mudah retak. Batasan kekakuan lapis tipis lebih diperketat bila lendutan yang ada (kondisi jalan lama) cukup (≥ 2 mm).

2.6 Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti (Tahun)	Judul	Tujuan	Metode Penelitian	Hasil/Kesimpulan
1	Obed Haposan Sitompul, Wan Alamsyah, Defry Basrin (2024)	Pengaruh Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah Sebagai Bahan Tambah Filler Campuran Aspal Terhadap Nilai Marshall Pada Perkerasan Jalan AC-WC	bertujuan untuk menganalisis perhitungan kombinasi agregat tiap-tiap saringan	Metode eksperimental	Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar cangkang kerang darah, maka semakin tinggi tinggi kadar penurunan angka durabilitas pada campuran aspal.

2	Misbah, Anggun Pratiwi, Arman A, Mulyati, Jihan Rofifah (2023)	Pengaruh penambahan limbah batu bata merah bukittinggi sebagai filler pada campuran AC-WC dengan pengujian marshall	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas konstruksi pekerasan jalan dengan melakukan penelitian terhadap inovasi campuran yang digunakan atau memberikan bahan tambahan lain pada campuran konstruksi perkerasan tersebut	Metode Eksperimental	Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut : 1. Pada penambahan variasi 1% filler limbah batu bata merah mengakibatkan nilai properties yaitu nilai stabilitas, MQ, VMA, FLOW memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2. 2. Sedangkan pada penambahan variasi 2% filler limbah batu bata merah mengakibatkan nilai properties yaitu nilai VFA dan VIM tidak memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2, Hal ini menandakan meningkatnya deformasi pada lapis
---	--	---	--	----------------------	--

					perkerasan saat diberikan beban. Maka pada variasi 2% tidak dianjurkan. 3. Penggunaan limbah batu bata merah sebagai filler added pada campuran AC-WC yang dapat digunakan hanya sampai batas 1%.
3	Aulia Nur Wahyuni, Muhammad Gunawan Perdana, Abdurrahman (2023)	Pengaruh penggunaan limbah plastik sebagai bahan tambah pada campuran aspal lapis aus AC-WC (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE)	Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi keberadaan sampah dan mengetahui bagaimana pengaruh limbah plastik pada campuran aspal	Metode eksperimen di laboratorium	Nilai kadar aspal optimum (KAO) pada campuran aspal beton AC-WC yaitu 5,75%, dari hasil pengujian marshall didapat nilai stabilitas, flow, density, marshall quotient (MQ), VIM, VMA dan VFB pada setiap kadar plastik memenuhi spesifikasi campuran aspal AC-WC. Akan tetapi untuk VIM kadar plastik 15% tidak memenuhi spesifikasi campuran aspal AC-WC.

4	Misbah, Serli Wahyuni (2024)	Pengaruh penambahan bahan plastik mika sebagai filler pada campuran (AC-WC) dengan pengujian marshall	Dalam penelitian ini akan digunakan plastik mika yang memiliki karakteristik yang termasuk kuat dan lebih elastis jika dipanaskan	Metode esperimen dilaboratorium	Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa semua percobaan dengan penambahan terhadap pencampuran yang dilakukan untuk penambahan plastik mika sebanyak 0% didapatkan kadar aspal optimum sebanyak 5,50%, pada penambahan sebanyak 2% didapatkan kadar aspal optimumnya 5,50%, pada penambahan plastik mika sebanyak 4% tidak dapat dipergunakan karena dari hasil pengujiannya tidak memenuhi spesifikasi, sedangkan pada penambahan plastik mika sebanyak 6% didapatkan nilai kadar aspal optimumnya sebanyak 6,25%. Maka, pengaruh penambahan plastik mika yang terbaik pada aspal panas (AC-WC) adalah pencampuran kadar plastik sebanyak 0% dan 2% dengan kadar aspal optimum yang didapat 5,50%. Untuk
---	---------------------------------	---	---	---------------------------------------	--

					nilai stabilitas,flow,VMA dan VFB dengan hasil rata rata memenuhi spesifikasi yang ditetapkan, sedangkan untuk nilai MQ dan VIM mengalami peningkatan dan penurunan pada masing-masing persen yang ditentukan, sehingga mempengaruhi hasil dan kinerja dari aspal yang digunakan. Maka, dapat disimpulkan dengan menambah plastik mika pada campuran aspal belum bisa digunakan, diperlukan penelitian lebih lanjut guna mendapatkan hasil yang lebih akurat.
5	M.Imam Fadholi Siregar, Marwan Lubis (2018)	Analisa pengaruh penambahan belerang pada aspal AC-WC terhadap nilai stabilitas dan kelelahan marshall	Bertujuan untuk mengetahui pengaruh apakah penambahan belerang memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai stabilitas dan kelelahan pada campuran aspal AC-WC.	Metode ekperimental	Dari hasil penelitian ini benda uji yang telah ditambahkan kadar belerang, penambahan belerang dan stabilitas berbanding terbalik. Semakin tinggi kadar belerang dan aspal semakin rendah nilai stabilitasnya, penambahan belerang berbanding lurus terhadap nilai kelelahan. Semakin

					tinggi kadar belerang dan aspal maka semakin tinggi nilai kelelehannya, dan pada pencampuran belerang 10% pada aspal 7% nilai marshall quotient tidak memenuhi persyaratan yang jatuh pada 166 kg/mm. Nilai minimal marshall quotient adalah 200 kg/mm.
6	Leonardus Arnol Palinoan, Abdul Nurdin Rahim, Nurhadijah Yulianti (2023)	Pengaruh penambahan sebagian abu daun bambu sebagai filler pada campuran aspal AC-WC terhadap karakteristik marshall dengan variasi perendaman	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dan variasi waktu perendaman terhadap sifat dan karakteristik aspal dengan bahan tambah abu daun bambu sebagai bahan pengisi (filler).	Metode Eksperimental	Hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa data campuran aspal AC-WC pada penambahan abu daun bambu 10%, 15%, 20% dengan variasi perendaman 3 hari, 7 hari, 14, hari. Dari hasil laboratorium penambahan abu daun bambu 20% dapat meningkatkan nilai kepadatan, flow dan vfb sedangkan penurunan terjadi pada stabilitas vma, mq, dan vim namun tidak terlalu drastis karena masih dalam tahap spesifikasi. Pada penelitian ini nilai yang didapatkan pada

					penambahan abu daun bambu dengan 10%,15% dan 20% pada perendaman berulang rata rata memenuhi spesifikasi. Namun pada penambahan bahan tambah 20% dengan perendaman 3 hari mendapatkan nilai terbaik terutama pada nilai stabilitas. Hanya semakin lama perendaman yang dilakukan dengan bahan tambah abu daun bambu akan mengakibatkan nilai campuran akan menurun.
7	Amiwarti,Herri Purwanto, M.Firdaus, Afriyadi (2024)	Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap komposisi campuran aspal beton (AC-WC)	Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi yang didapatkan dari hasil limbah sekam padi di desa muara kuang, kecamatan muara kuang dengan variasi 0%,3%,4,5%,5% sebagai filler padan lapisan aspal AC-WC.	Metode Eksperimental	Penambahan abu sekam padi sebagai filler pada campuran aspal AC-WC dapat meningkatkan nilai-nilai karakteristik Marshall Test. Hal ini ditunjukkan dengan nilai-nilai karakteristik Marshall Test campuran aspal AC-WC dengan penambahan abu sekam padi 3% yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II. Dimana dari hasil pengujian didapat nilai stabilitas 835,62 kg (spesifikasi min

					800 kg), VIM 2,422% (spesifikasi min 2%), VMA 14,586% (spesifikasi min 13%), VFA 94,223% (spesifikasi min 65%), Flow 2,48 mm (spesifikasi min 2,0-4,0 mm), dan nilai MQ 416,267 kg/mm (spesifikasi min 250 kg/mm).
8	Amiwarti, Agus Setiobudi, Reva Elfendi (2023)	Pengaruh penambahan abu serabut kelapa desa jejawi sebagai filler pengganti pada campuran aspal AC-WC	Tujuan khusus penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh abu serabut kelapa sebagai filler pengganti pada campuran aspal AC-WC dengan variasi 0 %, 1%, 2%, 3%.	Metode Eksperimental	Pengaruh dari penambahan abu serabut kelapa sebagai pengganti filler pada campuran aspal AC WC dengan variasi 1%, 2%, 3%. Pada variasi 1% abu serabut kelapa didapat nilai Stabilitas 1152 Kg, nilai VIM 6,75%, nilai VMA 18,32%, nilai VFB 63,13%, nilai Flow 2,73 mm, dan nilai MQ 421 Kg/mm. Pada variasi 2% abu serabut kelapa didapat nilai Stabilitas 1195 Kg, nilai VIM 5,81%, nilai VMA 17,49%, nilai VFB 66,78%, nilai Flow 3,13 mm, dan nilai MQ 383 Kg/mm. Pada

					variasi 3% abu serabut kelapa didapat nilai Stabilitas 1212 Kg, nilai VIM 3,88%, nilai VMA 15,80% nilai VFB 75,44%, nilai IFlow 3,17 mm, dan nilai MQ 382 Kg/mm. Dilihat dari hasil penelitian tersebut terdapat perbandingan yang menunjukkan bahwa dengan penambahan abu serabut kelapa sebagai pengganti Filler pada campuran aspal AC WC dengan variasi 3% yang memenuhi spesifikasi dan mendapat hasil terbaik, maka dapat disimpulkan semakin banyak abu serabut kelapa maka semakin baik hasil yang di peroleh. Hasil pengujian nilai presentase optimum dengan penambahan abu serabut kelapa pada campuran aspal AC WC didapat pada campuran 3% yang masih masuk Spesifikasi Teknis Jalan Bebas Hambatan dan Jalan Tol Maret 2017, dimana hasil pengujian
--	--	--	--	--	---

					nilai-nilai karakteristik Marshall Test di dapat nilai Density 2,334 Gr/mm, nilai VIM 3,88 % dengan Spesifikasi 3,0-5,0 %, nilai VMA 15,80 % dengan spesifikasi minimal 15 %, nilai VFB 75,44% dengan spesifikasi minimal 65 %, nilai Stabilitas 1212 Kg dengan spesifikasi minimal 1000 Kg, nilai Flow 3,17 mm dengan spesifikasi 2,0-4,0, nilai Marshall Quotion (MQ) 382 Kg/mm dengan spesifikasi minimal 250 Kg.
9	Khairil Andika, Febrina Dian Kurniasari, M.Izwan Putra, Yusdi, Muhammad Iqbal, Romi Saputra, Herry Mahyar. (2023)	Utilization of Nutmeg Shell Ash a Filler Substitution In The AC-WC Laston Mixed Layer	This Research was conducted to determine the compressive strength of asphalt against the substitution of nutmeg shell ash (ACP) in the asphalt mixture as a partial replacement for cement with a percentage of 0%,15%,25%,50%,75% and 100% with the number of objects the planned tests in this research were 75 specimen weighting 1200 grams/specimen.the result showed that the best composition.	Experimental Method	For substitution of nutmeg shell ash (ACP) and portland cement (PC) at a composition of 15% ACP and 85% PC from the results of the study obtained a stability value of 929.04 kg and Bina Marga specifications > 800

10	Amelia Oktavia, Irza Sukmana, Yanuar Zulardiansyah Arif, Gigih Forda Nama (2022)	The effect of filler adding palm kernel shell ash on durability and the marshall values properties of asphalt concrete mix	This study aims to see the effect of the effectiveness of adding shell ash fillers from palm shell waste in marshall test tests and value the resulting durability.	Experimental Method	The addition of fillers with percentages of 20%, 30%, 40%, 50% and 60%. From the results obtained from the test results in the laboratory that the addition of shell ash fillers of 40% gets better performance compared to shell ash with percentages of 20%, 30%, and 60%, with a higher state value of 1225 kg shown. In Marshall testing, using palm shell ash fillers can increase the value of KAO. So that from the Marshall test, the durability value of the sample immersion at the IRS value of 0% was 98.4% greater than the 40%, which was 91.13%. Overall, using palm shell ash fillers meets the minimum requirements of Indonesia Bureau for Construction Bina Marga as an asphalt mixture. The degree of weather change in
----	---	--	---	---------------------	---

					immersion durability affects the strength level of the Marshall test.
--	--	--	--	--	---

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian Eksperimental yaitu dengan percobaan langsung di laboratorium. Metode Eksperimental yaitu penelitian menggunakan data-data berupa angka yang didapatkan langsung pada saat pengujian di laboratorium. Percobaan ini mengetahui karakteristik dan hasil uji marshall pada lapis perkerasan AC-WC.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di laboratium Universitas Putra Indonesia “YPTK” Kota Padang, Sumatera Barat. Percobaan ini untuk menganalisis pengaruh penggunaan abu cangkang kerang terhadap campuran aspal AC-WC dengan hasil uji marshall. Waktu penelitian ini sendiri dimulai setelah seminar proposal.



Gambar 3.1. Laboratorium UPI YPTK Padang
(sumber : Google Earth, 2024)

3.3 Data dan Sumber Data

Dalam pengumpulan sumber data peneliti melakukan pengumpulan sumber data dalam wujud data primer. Data primer adalah jenis dan sumber data-data penelitian yang diperoleh langsung dari sumber pertama penulis mengumpulkan data primer dengan metode eksperimen dalam pemeriksaan sifat-sifat fisik agregat kasar,

agregat halus, bahan pengisi / *filler* (abu cangkang kerang), dan pengujian aspal. Pengujian aspal meliputi pengujian berat jenis, penetrasi. Pengujian ini dilakukan menggunakan ketentuan SNI dan modul buku yang digunakan.

3.4 Teknik Pengolahan Data

Untuk mengolah data menggunakan analisis parameter material perkerasan menggunakan data dari pengujian *marshall test*. Teknik pengolahan data sendiri dilakukan sebagai berikut :

1. Studi literatur

Pada kegiatan penelitian ini diawali dengan studi literatur, kegiatan yang meliputi : tinjauan Pustaka, permasalahan yang muncul dalam penelitian, menentukan penyelesaian dari permasalahan yang muncul, serta Menyusun program kerja dari penelitian ini sampai pada pembahasan dan kesimpulan dari penelitian ini.

2. Persiapan alat dan bahan

Persiapan alat dan bahan adalah penyiapan bahan peralatan dan peralatan pelengkap untuk pengujian, berikut bahan dan peralatan tersebut :

- 1) Bahan material yang digunakan :

- a. Aspal
- b. Agregat kasar
- c. Agregat halus
- d. Filler
- e. *Filler* (Abu cangkang kerang)

- 2) Peralatan yang diperlukan :

- a. Alat uji pemeriksaan aspal

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain : alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala, alat uji berat jenis dan uji daktilitas.

- b. Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain alat tes abrasi (*Los angeles*), saringan standar, berat jenis, alat pengring (oven), timbangan berat, bak perendam dan tabung *sand equivalent*.

c. Alat uji karakteristik campuran agregat

Alat uji yang dipakai adalah seperangkat alat untuk pengujian metode marshall. Seperti cincin penguji (*paving ring*), kepala penekan berbentuk lengkung dan arloji pengukur flow dengan ketelitian 0,25mm berserta kelengkapannya.

3. Pemeriksaan Bahan Campuran

Agar kualitas agregat dapat dijamin untuk mendapatkan lapis aspal beton AC-WC yang berkualitas maka ada beberapa hal yang perlu diadakan dalam pengujian adalah :

- a. Diperlukan analisa saringan untuk agregat kasar maupun agregat halus, dimana prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T47-82 atau SNI 031968-1990.
- b. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat kasar dengan prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T85-74 atau SNI 1969-2008.
- c. Pengujian terhadap berat jenis untuk penyerapan agregat halus dengan prosedur pemeriksaan mengikuti AASHTO T85-74 atau SNI 1970-2008
- d. Pengujian pemeriksaan sifat-sifat campuran dengan marshall test prosedur pemeriksaan mengikuti SNI-06-2489-1991.
- e. Metode pengujian bobot isi dan rongga udara dalam agregat. Metode pengujian jumlah bahan dalam agregat yang lolos saringan No.200 (0,075) dengan prosedur pemeriksaan mengikuti SNI 03-4142-1996.

4. Perencanaan Campuran (*job mix desain*)

Perencanaan aspal beton mencakup perencanaan gradasi, komposisi agregat untuk campuran, dan jumlah benda uji yang akan digunakan untuk pengujian. Dalam penelitian ini, gradasi menerus lapisan antara laston/AC WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) digunakan. Gradasi ini digambarkan sebagai gradasi ideal.

Sebelum pencampuran, analisis saringan dari masing-masing fraksi dilakukan. Fraksi agregat kasar CA (Agregat kasar), dan agregat halus FA (Agregat halus) menentukan komposisi campuran.

Komposisi aspal campuran ditentukan oleh nilai kadar aspal optimum. Untuk mengetahui besarnya kadar aspal optimum untuk suatu campuran aspal dilakukan dengan cara coba-coba. Langkah yang ditempuh adalah melakukan uji Marshall untuk berbagai kadar aspal. Variasi kadar aspal ditentukan dengan sedemikian rupa sehingga perkiraan besarnya kadar aspal optimum berada didalam variasi tersebut, yaitu mulai dari 5%, 7%, 9%, dan 10%. Untuk variasi kadar *filler* cangkang kerang yang digunakan yaitu mulai dari 0%, 5%, 10%, 20% dan 30%.

Prosedur pembuatan benda uji sebagai berikut :

- 1) Merupakan tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan. Menentukan persentase masing-masing butiran untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
- 2) Pisahkan agregat ke dalam fraksi-fraksi yang sudah ditentukan dengan cara penyaringan dan lakukan penimbangan.
- 3) Pencampuran benda uji
 - a. Untuk setiap benda uji diperlukan agregat dan aspal sebanyak ± 1200 gram sehingga menghasilkan tinggi benda uji kira-

kira 63,5 mm $\pm$ 1,27 mm (2,5 $\pm$ 0,05 inc).

- b. Panaskan agregat hingga suhu 150 °C.
- c. Tuangkan aspal yang sudah mencapai tingkat kekentalan sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan, kemudian aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal secara merata.

4) Pemadatan benda uji

- a. Bersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaskan sampai suhu antara 90 °C – 150 °C
- b. Letakkan cetakan diatas landasan pemadat dan ditahan dengan pemegang cetakan.
- c. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai ukuran dasar cetakan.
- d. Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula yang telah dipanaskan sebanyak 15 kali sekeliling pinggirannya dan 10 kali bagian tengahnya.
- e. Cetakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan benda uji dengan ukuran sesuai cetakan.
- f. Padatkan campuran dengan temperatur yang disesuaikan dengan kekentalan aspal yang digunakan dengan jumlah tumbukan 75 kali untuk sisi atas dan 75 kali untuk sisi bawah.
- g. Setelah kira-kira temperatur hangat keluarkan benda uji dari cetakan menggunakan Extruder dan letakkan benda uji di atas permukaan yang rata dan beri tanda pengenal serta biarkan selama 24 jam pada temperatur ruang.

5. Pengujian berat jenis (*bulk specific gravity*) *stability* dan *flow*

Pengujian bulk specific gravity ini dilakukan dengan cara menimbang

benda uji Marshall yang sudah dikeluarkan dari mol, dengan menimbang berat dalam keadaan kering udara, kemudian didalam air dan berat jenuh. Perbedaan berat benda uji kering permukaan dengan berat uji dalam air adalah volume bulk specific gravity benda uji (cm^3). sedangkan bulk specific gravity sampel merupakan perbandingan antara benda uji diudara dengan volume bulk benda uji (gr/cm^3)

Setelah penentuan berat *bulk specific gravity* benda uji dilaksanakan, pengujian stabilitas dan flow dilaksanakan dengan menggunakan alat uji *Marshall* sebagai berikut :

- a) Rendamlah benda uji dalam penangas air selama 30-40 menit dengan temperatur tetap $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji
- b) Permukaan dalam testing head dibersihkan dengan baik. Suhu head harus dijaga dari 21°C - 37°C dan digunakan bak air apabila perlu. Guide road dilumasi dengan minyak tipis sehingga bagian atas head akan meluncur tanpa terjepit. Periksa indikator proving ring yang digunakan untuk mengukur beban yang diberikan. Pada setelah dial proving ring di stel dengan jarum menunjukkan angka nol dengan tanpa beban.
- c) Sampel percobaan yang telah direndam dalam water bath diletakkan ditengah bagian bawah dari test head. Flow meter diletakkan diatas tanpa guide road dan jarum petunjuk dinolkan.
- d) Pasang bagian atas alat penekan ulji Marshall di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji Marshall.
- e) Pasang arloji pengukur pelelehan (*Flow*) pada kedudukanya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan.

- f) Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji.
- g) Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
- h) Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stabilitas*) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan factor pengali.
- i) Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.
- j) Bersihkan alat dan selesai

Pengujian terakhir yang dilakukan pada proses ini adalah pengujian terhadap campuran aspal menggunakan *Marshall test*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai dari table dibawah ini :

Tabel 3.1 Jenis Pengujian

No	Jenis Pengujian
1	Kepadatan (<i>Density</i>)
2	VIM (<i>Void in the mix</i>)
3	VMA (<i>Void in mineral aggregate</i>)
4	VFA (<i>Void filled with asphalt</i>)
5	Kelelehan (<i>Flow</i>)
6	Stabilitas
7	MQ (Marshall Quotient)

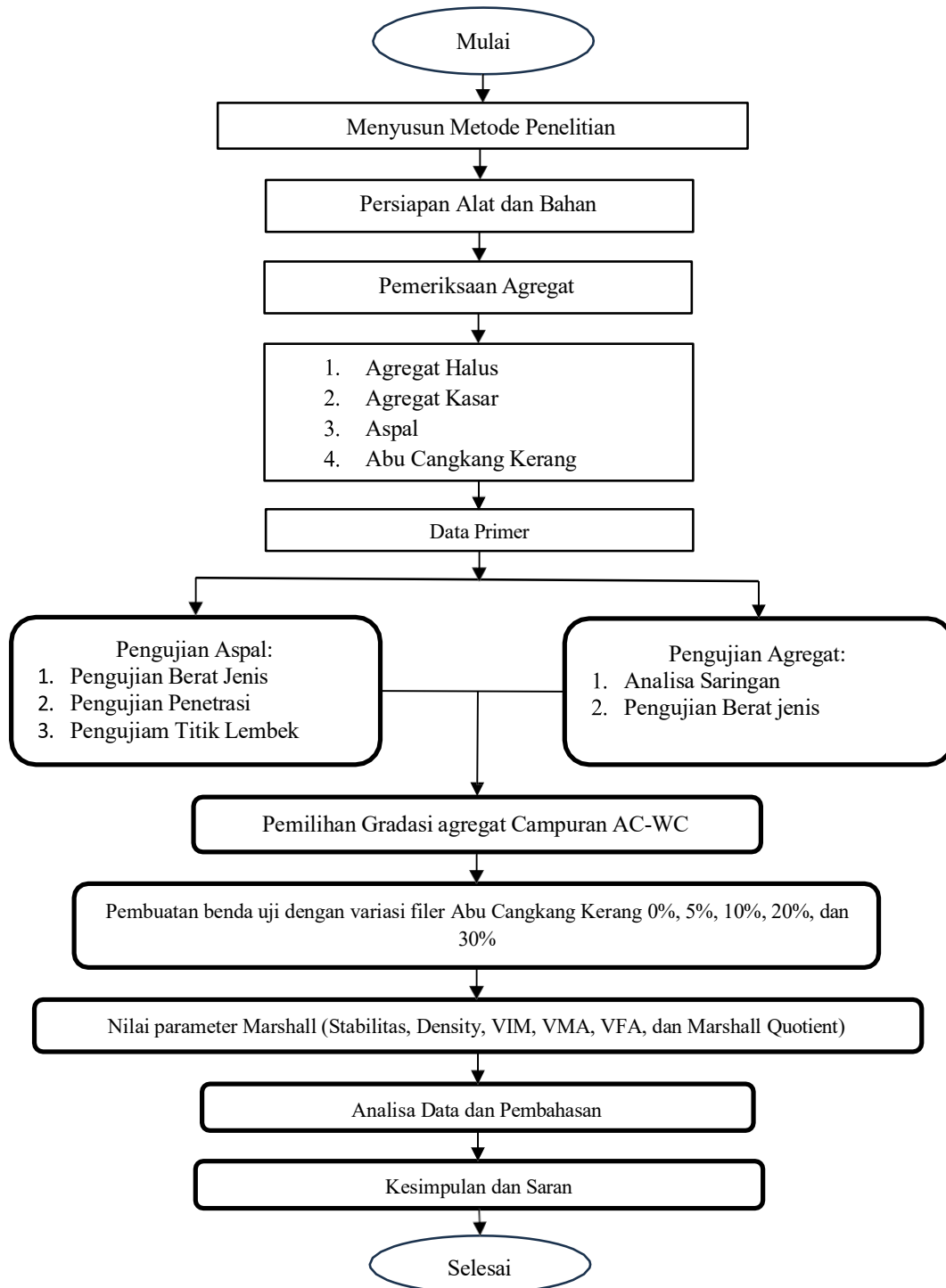
(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010)

6. Pengujian Marshall

Pengujian marshal, yang menghitung stabilitas, kelelahan, kepadatan, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient. Langkah dalam *Marshall test* adalah sebagai berikut :

- a) benda uji ditakkan pada alat Marshall setelah dikeluarkan dari bak mandi.
- b) Letakkan benda uji di bagian bawah kepala penekan, lalu masukkan bagian atas. Setelah pemasangan selesai, letakkan kepala penekan di tengah alat pembebanan.
- c) Pasang arloji *flow meter* dan hidupkan mesin marshall.
- d) Penekan dinaikkan hingga menyentuh cincin penguji.
- e) Pembebanan dilakukan pada kecepatan tetap 51 milimeter per menit. Perhatikan arloji *flow* dan arloji stabilitas hingga mereka berhenti di angka tertentu dan arloji *flow* meter melambat. Dan lakukan pengukuran. Pengukuran stabilitas menggunakan jarum yang berhenti dan menunjukkan angka, sedangkan pengukuran flowmeter menggunakan putaran jarum, setiap putaran bernilai 1 mm.
- f) Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan, dan hitung nilai VIM, VFA, VMA, bulk density dan MQ.

3.5 Bagan Alir Metodologi Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemeriksaan Material

Sebelum bahan uji dibuat, agregat (agregat kasar, agregat halus, dan abu cangkang kerang) harus diperiksa dan properti aspal harus diuji. Pada pengujian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

4.1.1 Pemeriksaan Agregat

Berikut yang merupakan pengujian properti pada material agregat sebagai Berikut :

- a. Pemeriksaan Analisa Saringan berdasarkan SNI ASTM C136:2012 dilakukan untuk mengukur gradasi atau pembagian butiran agregat kasar, sedang, dan halus dengan menggunakan saringan.



Gambar 4.1 Analisa Saringan menggunakan alat *Shieve Shaker*

(Sumber : Dokumentasi Laboratorium, 2025)

- b. Berdasarkan SNI 1969-2008, Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dilakukan untuk mengetahui besar berat jenis (*bulk*), berat jenis kering dipermukaan jenuh (SSD), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan.



Gambar 4.2 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium, 2025)

- c. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar mengacu pada SNI 1969-2008. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan besar berat jenis (*bulk*), berat jenis kering dipermukaan jenuh (SSD), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan agregat kasar.



Gambar 4.3 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat Kasar
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium, 2025)

- d. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal mengacu pada SNI-06- 2439-2011. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang

tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan.



Gambar 4.4 Pemeriksaan Kelekatan Agregat terhadap aspal
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium, 2025)

- e. Pemeriksaan berat isi Agregat mengacu pada SNI-03-4804-1998. Pemeriksaan ini bermaksud untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar, atau campuran. Berat isi adalah perbandingan berat agregat terhadap isi.



Gambar 4.5 Pemeriksaan Berat Isi Agregat
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium 2025)

- f. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles, berdasarkan SNI-2417-2008, dilakukan untuk mengukur ketahanan agregat kasar terhadap keausan. Keausan dapat dihitung dengan membandingkan berat bahan aus melalui saringan #12 dengan berat semula.

Tabel 4.1 Pemeriksaan Agregat

No	Pengujian	Standarisasi	Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Keausan Agregat	SNI 2417:2008	Maks. 40%	0,98	Memenuhi
2	Kelekatan Agregat terhadap aspal	SNI 2417:2008	Min. 40%	100%	Memenuhi
3	Berat jenis	SNI 1970:2008	Min. 2,5	2,89	Memenuhi

(Sulmbelr : Hasil data penelitian, 2025)

Berdasarkan tabel 4.1 untuk hasil pengujian agregat mendapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Pengujian keausan agregat mendapatkan hasil yaitu (0.98) dengan batas maksimum 40%, sehingga hasil dari pengujian telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh spesifikasi umum Bina Marga 2018 revisi 2.
- b. Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal mendapatkan hasil yaitu (100%) dengan batas minimal 40%, sehingga hasil dari pengujian telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh spesifikasi umum Bina Marga 2018 revisi 2.
- c. Pengujian berat jenis mendapatkan hasil (2,9) dengan batas minimum 2,5 gr/cc dan nilai berat jenis SSD mendapatkan hasil 2,89 gr/cc, sehingga hasil dari pengujian telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan oleh spesifikasi umum Bina Marga 2018 revisi 2.

4.1.2 Pemeriksaan Aspal

Pengujian untuk properti aspal berupa pengujian penetrasi, berat jenis, titik leleh, titik nyala dan titik bakar aspal, kehilangan berat dan pengujian daktilitas aspal sebagai berikut:

- a. Pengujian Penetrasi mengacu pada SNI 2456:2011. Metode ini digunakan sebagai pegangan dan acuan untuk melakukan pengujian untuk mengetahui penetrasi aspal keras atau leleh (*solid* atau *semi solid*).



Gambar 4.6 Pengujian penetrasi aspal.
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium 2025)

- b. Pengujian titik lembek aspal mengacu pada SNI 2434:2011. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jenis aspal yang digunakan berdasarkan temperatur pada suatu lokasi.



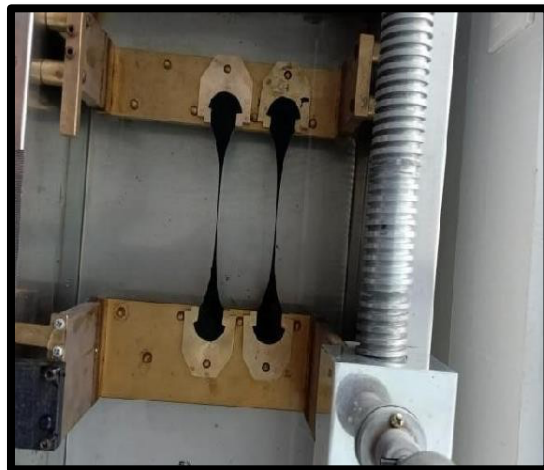
Gambar 4.7 Pengujian Titik Lembek Aspal
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium 2025)

- c. Pengujian titik nyala dan titik bakar mengacu pada SNI 2433:2011. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kecenderungan aspal untuk meleleh karena panas dan api dalam kondisi laboratorium. hasil yang dikontrol dapat digunakan sebagai informasi bahaya. api nyata di lapangan.



Gambar 4.8 Pengujian Titik Nyala Aspal
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium 2025)

- d. Pengujian daktilitas aspal mengacu pada SNI 2432:2011. Tujuannya adalah untuk menentukan keplastisan aspal, yang dapat diukur dengan menghitung panjang pelumaran aspal yang dapat dicapai sebelum aspal digunakan, pada tingkat suhu dan kecepatan tertentu.



Gambar 4.9 Pengujian Daktilitas Aspal
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium 2025)

- e. Pengujian berat jenis aspal mengacu pada SNI 2441:2011. Cara uji ini mencakup penentuan berat jenis dan berat isi aspal dengan menggunakan alat piknometer.



Gambar 4.10 Pengujian Berat Jenis Aspal
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium 2025)

- f. Pengujian kehilangan berat aspal mengacu pada SNI 2440- 1991. Tujuan dari pengujian ini adalah dapat mengetahui keplastisan aspal yang dinyatakan dengan panjang pelumaran aspal yang dapat dicapai aspal sebelum aspal, pada suhu dan kecepatan tertentu.

Berdasarkan hasil pengujian untuk aspal ini dapat dilihat pada Tabel sebagai berikut :

Tabel 4.2 Pengujian Properti Aspal

No	Pengujian	Standarisasi	Persyaratan	Hasil	Satuan	Keterangan
1	Penetrasi	SNI 2488-2011	60/70	67,3	Mm	Memenuhi
2	Titik Lembek	SNI 2488-2011	≥ 48	50,5	°C	Memenuhi
3	Titik Nyala dan Titik bakar	SNI 2488-2011	≥ 232	≥ 340	°C	Memenuhi
4	Kehilangan Berat	SNI 2440-1991	$\leq 0,8$	0,07	%	Memenuhi
5	Daktilitas	SNI 2488-2011	≥ 100	113	Cm	Memenuhi

6	Berat Jenis	SNI 2488-2011	$\geq 1,0$	1,02		Memenuhi
7	Kelekatan Aspal	SNI 2488-2011	100%	100	%	Memenuhi

(Sumber : hasil Data Penelitian, 2025)

- a. Pengujian penetrasi aspal mendapatkan hasil (67) dengan batas persyaratan 60/70, untuk itu pengujian sesuai dengan persyaratan yang ada.
- b. Pengujian titik lembek mendapatkan hasil 50,5 dengan batas 56°C, untuk itu pengujian ini sesuai dengan persyaratan yang ada.
- c. Pengujian titik nyala mendapatkan hasil 340 dengan batas persyaratan 232°C, untuk itu pengujian ini sesuai dengan persyaratan yang ada.
- d. Pengujian kehilangan berat mendapatkan hasil 0,07 dengan batas persyaratan 0,8%, untuk itu pengujian ini sesuai dengan persyaratan yang ada.
- e. Pengujian daktilitas mendapatkan hasil 113 dengan batas persyaratan maksimal 100 cm, untuk itu pengujian ini sesuai dengan persyaratan yang ada.
- f. Pengujian berat jenis mendapatkan hasil 1,02 dengan batas persyaratan 1,0 untuk itu pengujian ini sesuai dengan persyaratan yang ada
- g. Kelekatan aspal mendapatkan hasil 100% dengan batas persyaratan 100%, untuk itu pengujian ini sesuai dengan persyaratan yang ada.

4.2 Pengujian Hasil Marshall Test Design Mix Formula

Setelah semua pengujian properties selesai dilakukan dan memberikan hasil bahwa material dapat digunakan untuk campuran aspal panas, maka dibuatlah campuran aspal rencana sesuai spesifikasi untuk campuran AC-WC yang disebut dengan (*Design Mix Formula*) dimana untuk data pengujian nya bisa dilihat pada

lampiran. Untuk merencanakan campuran aspal rencana terdapat beberapa langkah, antara lain :

4.2.1 Menentukan Gradasi Campuran Agregat

Dalam melakukan komposisi campuran dilakukan pengujian Analisa saringan untuk masing-masing agregat yang mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2. Dari hasil pengujian Analisa saringan untuk masing-masing agregat maka diperoleh data untuk menentukan hasil komposisi pada campuran jenis AC-WC.

Tabel 4.3 Gradasi Agregat Kasar Menurut Standar Bina Marga

Ukuran Saringan		Spesifikasi	Median %
Inch	mm		
.3/4	19	100	100
.1/2	12,5	90-100	99.8
#4	9,5	72-90	85.3
#8	4,75	43-63	76.1
#16	2,36	28-39,1	49.4
#30	1,18	19-25,6	30.8
#50	0,6	13-19,5	20.4
#100	0,3	9-15,5	14.7
#100	0,15	6 -13.	11.1
#200	0,075	4-10.	7.7

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2)

Kadar Aspal Efektif	: 6,0	(%)
Kadar Aspal Terserap (maksimum)	: 1,2	(%)
Rongga Terisi Aspal	: ≥ 65	(%)
Rongga Dalam Agregat	: ≥ 15	(%)
Rongga Dalam Campuran	: 3,5 – 5,0	(%)
Stabilitas	: ≥ 800	(kg)
Kelelahan	: ≥ 3	(mm)
Marshall Quotient	: ≥ 250	(Kg/mm)

Jumlah Tumbukan Per Bidang : 75 (Pukulan)

Agregat Kasar : 1500 gram

Agregat Sedang : 1500 gram

Agregat Halus : 1500 gram

Tabel 4.4 Gradasi Agregat Halus Menurut Standar Bina Marga

Ukuran Saringan			
Inch	Mm	Spesifikasi	Median %
.3/4	19	100	100
.1/2	12,5	90-100	100
#4	9,5	77-90	83.6
#8	4,75	53-69	74.6
#16	2,36	33-53	50.5
#30	1,18	21-40	32.2
#50	0,6	14-30	21.6
#100	0,3	9-22	12.1
#100	0,15	6 -15.	8
#200	0,075	4-9	7.7

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2)

Kadar Aspal Efektif : 6,0 (%)

Kadar Aspal Terserap (maksimum) : 1,2 (%)

Rongga Terisi Aspal : ≥ 63 (%)

Rongga Dalam Agregat : ≥ 14 (%)

Rongga Dalam Campuran : 3,5 – 5,0 (%)

Stabilitas : ≥ 800 (kg)

Kelelahan : ≥ 3 (mm)

Marshall Quotient : ≥ 250 (Kg/mm)

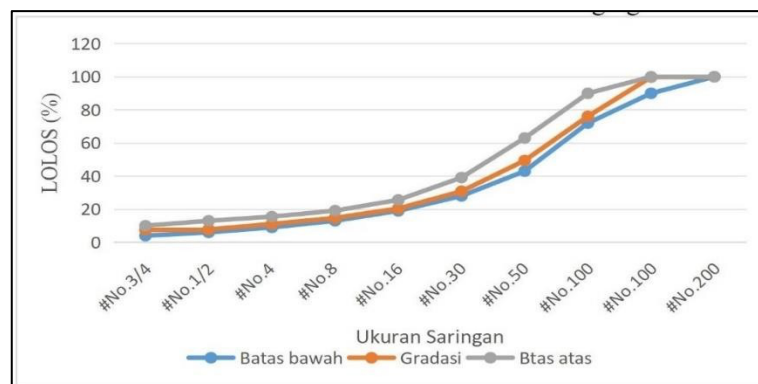
Jumlah Tumbukan Per Bidang : 75 (Pukulan)

Agregat Kasar : 1500 gram

Agregat Sedang : 1500 gram

Agregat Halus : 1500 gram

Berdasarkan tabel diatas, maka dihasilkan grafik gradasi campuran dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini :



Gambar 4.11 Grafik Perencanaan Gradasi Agregat
(Sumber : Data Penelitian Laboratorium, 2025)

Dari hasil pengolahan data perencanaan gradasi campuran, maka didapatkan persentase komposisi campuran masing-masing agregat pada campuran AC-WC tersebut yang sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga revisi 2 tahun 2018 yang digunakan dalam proses pencampuran adalah sebagai berikut :

- Agregat (Ukuran 1-2 cm) = 13%
- Agregat (Ukuran 0,5-1 cm) = 33%
- Abu Batu = 48
- Filler (Abu Cangkang Kerang) = 6%

4.1.2 Menentukan Kadar Aspal Rencana

Pembuatan kadar aspal rencana (Pb) menggunakan nilai tengah dari spesifikasi campuran untuk Laston AC-WC gradasi kasar. Pada gradasi gabungan nilai tengah dari % lolos saringan No. 8 adalah 30,8 %, dan nilai tengah dari % lolos saringan No. 200 adalah 7,5 %. Untuk mencari nilai Pb dapat digunakan

persamaan dibawah ini :

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + (\%FF) + K \dots\dots\dots (4.1)$$

Keterangan :

CA : Persen agregat tertahan saringan No. 8

FA : Persen agregat lolos saringan No. 8

FF : Bajan Pengisi lolos saringan No.200

Nilai K : Konstanta 1.0

Dimana :

CA : 100% - persentasi agregat kasar tertahan saringan No.8

FA : Persentasi agregat kasar tertahan saringan No.8 - persentasi bahan pengisi lolos saringan No.200

FF : Persentasi bahan pengisi lolos saringan No.200 maka diperoleh nilai CA.FA. Dan FF sebagai berikut :

1. Fraksi Agregat Kasar (CA) $= 100\% - \text{lolos saringan No.8}$
 $= 100\% - 32,2 \%$
 $= 67,8 \%$
2. Fraksi Agregat Halus (FA) $= \% \text{lolos saringan No.8} - \text{Lolos Lolos Saringan No. 200}$
 $= 32,2 \% - 7,5 \%$
 $= 24,7 \%$
3. Bahan Pengisi $= 7,5 \%$

Subsitusikan nilai CA,FA dan FA ke persamaan **4.1** maka diperoleh hasil sebagai berikut :

$$Pb = (0,035 \times CA) + (0,045 \times FA) + (0,18 \times FF) + K$$

$$Pb = (0,035 \times 67,8) + (0,045 \times 24,7) + (0,18 \times 7,5) + 1,0$$

$$Pb = 5,83 \% \rightarrow 6\%$$

Nilai kadar aspal rencana (Pb) sebesar 6% ditemukan berdasarkan

perhitungan di atas. Nilai ini akan menjadi acuan utama untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO).

4.2.3 Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Hasil pengujian ini bertujuan untuk menentukan KAO. Berdasarkan nilai kadar aspal rencana yang diperoleh dari hasil pengujian sebelumnya, dibuat benda uji dengan variasi kadar aspal dua di atas Pb dan dua di bawah Pb: ($6\% + 0,5$, $6\% + 1$, $6\% - 0,5$, dan $6\% - 1$). Dua sampel dibuat untuk masing masing variasi kadar aspal, dan tabel sampel yang digunakan untuk menentukan KAO adalah sebagai berikut:

Tabel 4.5 Kadar Aspal Rencana (%)

Kadar Aspal (%)	Jumlah Sampel (Bh)	Total Sampel (Bh)
6	3	15
6	3	
6	3	
6	3	
6	3	

(Sumber : Penelitian Laboratorium, 2025)

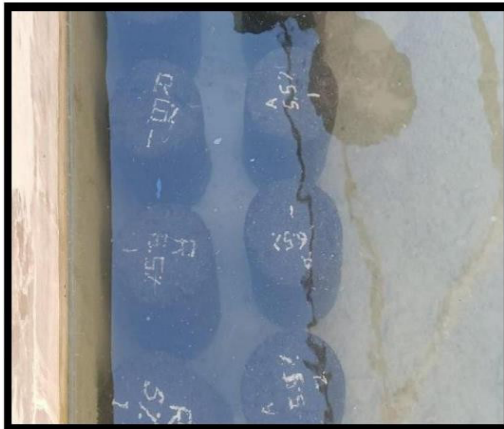
Berdasarkan tabel diatas untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) berdasarkan nilai kadar aspal rencana yang telah didapatkan yaitu 0%, 5%, 10% 20 % dan 30% dimana dari masing-masing variasi kadar aspal 3 (tiga) buah sampel benda uji dengan total keseluruhan benda uji 15 (lima belas) sampel.



Gambar 4.12 Sampel Kadar Aspal Optimum
(Sumber : Dokumentasi Laboratium, 2025)



Gambar 4.13 Pengukuran Sampel KAO
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium, 2025)



Gambar 4.14 Perendaman Sampel
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium, 2025)

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO), campuran aspal harus memenuhi beberapa syarat karakteristik *Marshall* berupa *Density*, VMA, VIM, VFA, *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient* yang memenuhi syarat campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-WC. Hasil pengujian *Marshall* untuk campuran aspal rencana dapat dilihat pada Tabel 4.6 tentang Resume Hasil Pengujian *Marshall*.

Tabel 4.6 Resume hasil *marshall*

RESUME PERCOBAAN MARSHALL						
% aspal terhadap Campuran	% VMA	% VIM	% VFA	Stability	Flow	Marshall Quotient
5%	13,88	5,17	68,79	1252,67	2,20	569,40
5,5%	16,87	5,91	72,60	1373,32	3,10	443,01
6%	14,97	3,40	83,36	1287,44	3,4	378,66
6,5%	16,09	3,60	15,45	1306,83	3,8	343,90
7%	16,31	2,77	83,01	1207	4,00	301,77

(Sumber : Data Penelitian, 2025)

Dengan berat aspal 72 gram, kadar aspal ideal (KAO) adalah 6 %. Setelah mencapai kadar aspal ideal ini, campuran aspal lapis aus AC-WC diganti dengan persentase 0%, 5%, 10%, 20%, dan 30% dari berat abu cangkang kerang yang digunakan, seperti yang ditunjukkan dalam perhitungan berikut:

1. Pemakaian 0 % kadar abu cangkang kerang	
Berat abu cangkang kerang : $0\% \times 586,6$	29,33 gr
Berat agregat halus : $586,6 - 29,33$	557,27 gr
2. Pemakaian 5 % kadar abu cangkang kerang	
Berat abu cangkang kerang : $5\% \times 586,6$	57,79 gr
Berat agregat halus : $586,6 - 57,79$	528,81 gr
3. Pemakaian 10 % kadar abu cangkang kerang	
Berat abu cangkang kerang : $10\% \times 586,6$	76,25 gr
Berat agregat halus : $586,6 - 76,25$	510,35 gr

4. Pemakaian 20 % kadar abu cangkang kerang	
Berat abu cangkang kerang : 20% x 586,6	99,72 gr
Berat agregat halus : 586,6 - 99,72	486,88 gr
5. Pemakaian 30 % kadar abu cangkang kerang	
Berat abu cangkang kerang : 30% x 586,6	123,18 gr
Berat agregat halus : 586,6 - 123,18	463,42gr

4.3 Pengujian Hasil Marshall

Pada penelitian ini, campuran aspal AC-WC diuji dengan beberapa persen *filler* abubailer cangkang kerang. Subsitusi ini dimulai dengan 0%, 5%, 10%, 20%, dan 30% dari total persentase *filler* abu cangkang kerang yang lolos saringan No. 200 pada campuran. dimana benda uji dibuat sebanyak dua buah dengan tumbukan 2x 75 kali untuk setiap persentase campuran *filler* abu cangkang kerang.



Gambar 4.15 Sampel dengan variasi *filler* abu cangkang kerang
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium,2025)



Gambar 4.16 Pengujian *Marshall Test* Sampel dengan variasi *filler* abu cangkang kerang
(Sumber : Dokumentasi Laboratorium, 2025)

Hasil pengujian Marshall berikut ini dengan kadar aspal optimum adalah 6%, dan penambahan abu boiler cangkang sawit dimulai pada 0%, 5%, 10%, 20%, dan 30% dari total *filler* yang lolos saringan 200.

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Marshall dengan kadar *filler* abu cangkang kerang

No	Karakteristik	Spesifikasi	Pengujian <i>Marshall</i>			
			Variasi <i>Filler</i> Abu cangkang kerang(%)			
			5	10	20	30
1	VMA(%)	Min 15	17,74	14,44	17,03	19,84
2	VIM(%)	3-5	3,45	2,80	5,74	3,97
3	VFA(%)	Min 65	83,13	80,62	85,94	84,97
4	<i>Stability</i> (kg)	Min 800	1277,86	1373,32	1334,61	1268,18
5	<i>Flow</i> (mm)	2-4	2,00	3,20	3,40	4,10
6	MQ (kg/mm)	Min 250	638,93	443,01	430,52	309,31

(Sumber : Resume hasil Penelitian, 2025)

4.3.1 Analisa Nilai Terhadap Density

Kepadatan, (*density*) adalah besarnya kerapatan suatu campuran yang telah dipadatkan. Campuran dengan kepadatan yang tinggi akan memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menahan beban yang lebih berat daripada campuran dengan kepadatan yang rendah. Tabel berikut menunjukkan hasil pengujian ketebalan campuran aspal panas lapisan aus AC-WC dengan variasi *filler* abu cangkang

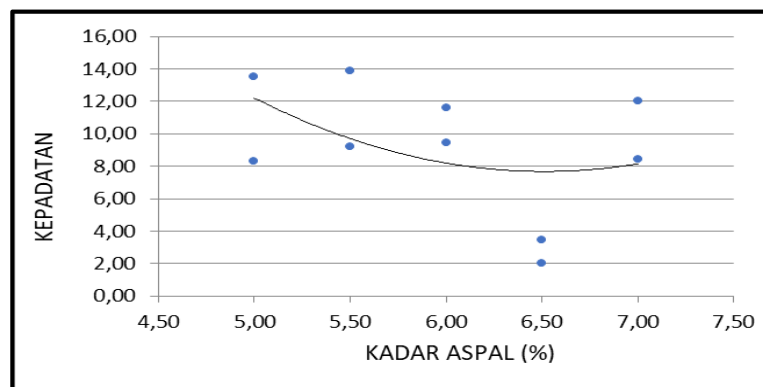
kerang.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian *Density*

No	Variasi kadar abu cangkang kerang(%)	<i>Density (gr/cc)</i>
1	0%	2
2	5%	2,23
3	10%	2,22
4	20%	2,24
5	30%	2,24

(Sumber : Resume Hasil Penelitian, 2025)

Dari hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.8 Pengaruh variasi abu cangkang kerang terhadap *Density* Campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi abu cangkang kerang dengan nilai *density* seperti:



Gambar 4.17 Grafik *Density* dengan variasi *filler* abu cangkang kerang
(Sumber : Data hasil Penelitian 2025)

4.3.2 Analisa Terhadap Nilai *Void Mineral Agreggate (VMA)*

Void in Mineral Agreggate (VMA) merupakan rongga udara yang ada diantara mineral agregat didalam campuran beraspal panas yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal.

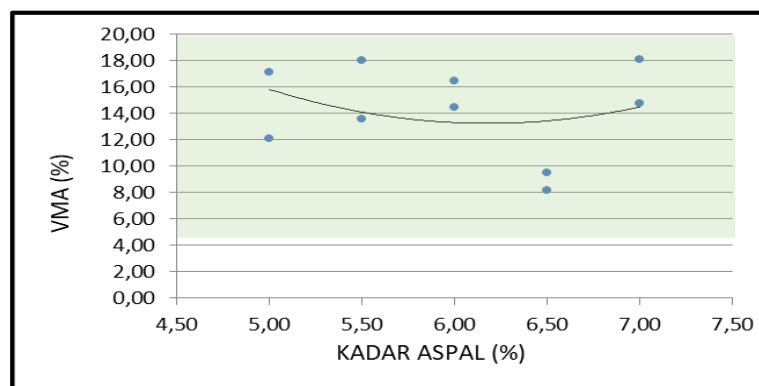
Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian VMA pada campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-WC dengan *filler* abu cangkang kerang :

Tabel 4.9 Pengaruh penggunaan Variasi kadar abu cangkang kerang terhadap *Void in mineral Agreggate* (VMA)

No	Variasi kadar abu cangkang kerang(%)	Syarat Minimal	VMA (%)
1	5%	15	17,74
2	10%	15	14,44
3	20%	15	17,03
4	30%	15	19,84

(Sumber : Resume Hasil Penelitian, 2025)

Dari tabel 4.9 tentang Pengaruh penambahan Menggunakan *filler* abu cangkang kerang terhadap VMA Campuran AC-WC, dapat dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara variasi *filler* abu cangkang kerang dengan nilai VMA seperti :



Gambar 4.18 Grafik VMA dengan variasi *filler*
(Sumber : Data Hasil Penelitian, 2025)

4.3.3 Analisa terhadap Nilai *Void In Mix* (VIM)

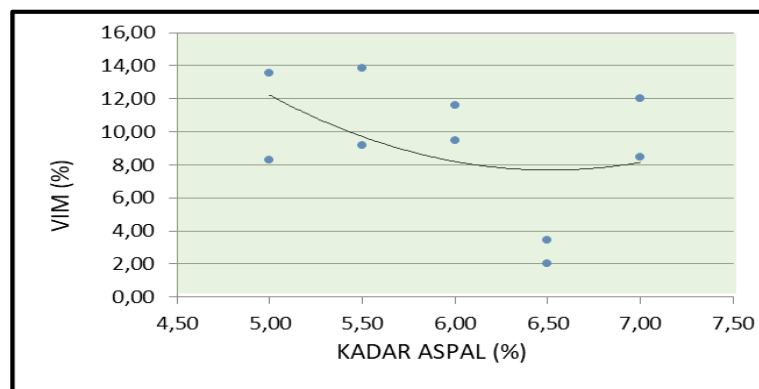
Void in mix (VIM) merupakan banyaknya persentase rongga dalam campuran total. Karena rongga yang terlalu besar memungkinkan air dan udara masuk ke dalam lapisan perkerasan, nilai VIM yang terlalu tinggi mengurangi keawetan lapis keras. Di sisi lain, nilai VIM yang terlalu rendah memungkinkan blending dan kekuatan lapis keras meningkat, yang membuat retak mudah terjadi.

Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian VIM pada campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-WC dengan menggunakan *filler* abu cangkang kerang :

Tabel 4.10 Pengaruh Terhadap *Void In mix* (VIM) dengan menggunakan variasi kadar abu cangkang kerang

No	Variasi kadar abu cangkang kerang(%)	Syarat	VIM (%)
1	5%	3-5	3,45
2	10%	3-5	2,80
3	20%	3-5	5,74
4	30%	3-5	3,97

(Sumber : Resume Hasil Penelitian, 2025)



Gambar 4.19 Grafik VIM dengan variasi *filler*

(Sumber : Hasil Penelitian, 2025)

4.3.4 Analisa Terhadap Nilai Void Filled With Asphalt (VFA)

Persentase volume rongga yang dapat terisi oleh aspal disebut *void filled with asphalt* (VFA). Nilai VFA yang lebih tinggi menunjukkan bahwa campuran beraspal panas lebih awet karena nilai VIM yang lebih kecil menunjukkan bahwa rongga yang terisi aspal semakin besar. Sebaliknya, nilai VFA yang lebih rendah menunjukkan bahwa rongga yang terisi aspal akan semakin tipis, yang berarti campuran beraspal panas akan lebih awet.

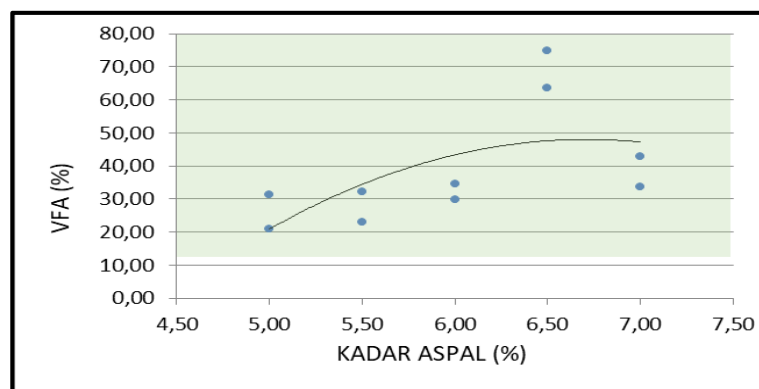
Berikut ini merupakan hasil pengujian VFA pada campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-WC dengan menggunakan *filler* abu cangkang kerang :

Tabel 4.11 Pengaruh Dengan penggunaan Variasi abu cangkang kerang terhadap *Void Filled With Asphalt* (VFA)

No	Variasi kadar abu cangkang kerang(%)	Syarat	VFA (%)
1	5%	Min 65	73,54
2	10%	Min 65	71,60
3	20%	Min 65	75,70
4	30%	Min 65	66,67

(Sumber : Resume Hasil Penelitian 2025)

Dari tabel 4.11 Tentang pengaruh penggunaan *filler* abu cangkang kerang terhadap VFA campuran AC-WC dapat diperoleh grafik dengan nilai VFA seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 4.20 Grafik VFA dengan Variasi *filler* abu cangkang kerang
(Sumber : Data hasil Penelitian, 2025)

4.3.5 Analisa Terhadap Stabilitas (Stability)

Stabilitas adalah indikator kekuatan lapis perkerasan dalam memikul beban lalu lintas dan diukur dalam satuan beban sebagai besarnya beban maksimum yang dapat dicapai oleh bahan penyusun campuran beraspal panas.

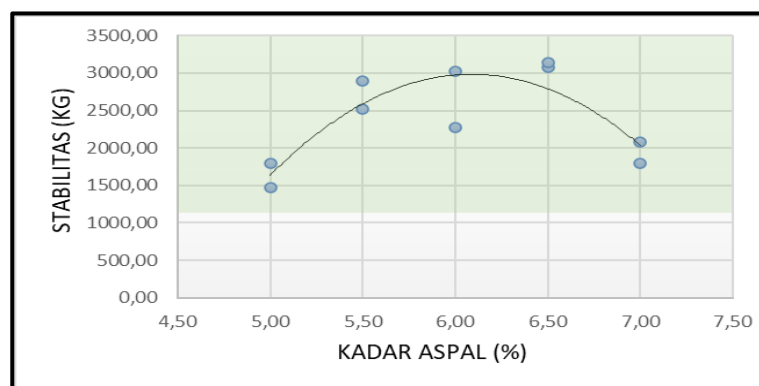
Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian stabilitas pada campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-WC dengan penambahan *filler* abu cangkang kerang :

Tabel 4.12 Pengaruh Penggunaan *filler* abu cangkang kerang terhadap stabilitas campuran AC-WC

No	Variasi kadar abu cangkang kerang(%)	Syarat	Stabilitas (kg)
1	5%	Min 800	1277,86
2	10%	Min 800	1373,32
3	20%	Min 800	1334,61
4	30%	Min 800	1332,96

(Sumber : Data Hasil Penelitian, 2025)

Dari tabel 4.12 tentang Pengaruh Substitusi Menggunakan *Filler* abu cangkang kerang Terhadap Stabilitas Campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penambahan *filler* abu cangkang kerang dengan nilai stabilitas seperti pada Gambar 4.21 dibawah ini:



Gambar 4.21 Grafik Stabilitas dengan Variasi *filler* abu cangkang kerang
(Sumber : Data Hasil penelitian, 2025)

4.3.6 Analisis Terhadap Nilai Flow (Kelelehan)

Nilai *flow* juga disebut kelenturan, menunjukkan kelenturan campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas. Nilai *flow* rendah menunjukkan bahwa bahan susun benda uji akan menjadi kaku dan getas sehingga mudah retak saat terkena beban. Nilai *flow* tinggi menunjukkan kelenturan campuran beraspal panas dalam menahan beban lalu lintas.

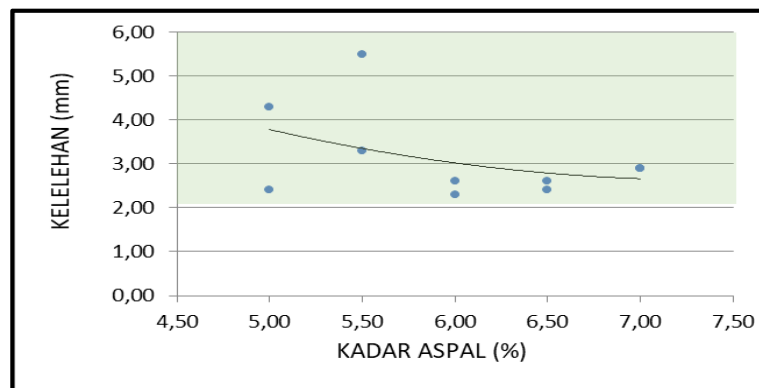
Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian *flow* pada campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-WC dengan penambahan *filler* abu cangkang kerang:

Tabel 4.13 Pengaruh penggunaan *filler* abu cangkang kerang terhadap *Flow* campuran AC-WC

No	Variasi kadar abu cangkang kerang(%)	Syarat	<i>Flow</i> (mm)
1	5%	2-4	2,00
2	10%	2-4	3,10
3	20%	2-4	3,10
4	30%	2-4	3,70

(*Sumber* : Data Hasil Penelitian, 2025)

Dari tabel 4.13 Tentang pengaruh penggunaan *filler* abu cangkang kerang terhadap *flow* campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penambahan *filler* dengan *flow* seperti pada gambar :



Gambar 4.22 Grafik *Flow* dengan variasi *filler*
(*Sumber* : Data Hasil Penelitian, 2025)

4.3.7 Analisa Nilai Marshall Quotient (MQ)

kohesi campuran bahan susun, serta nilai aliran yang dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi bahan susunan jumlah tumbukan.

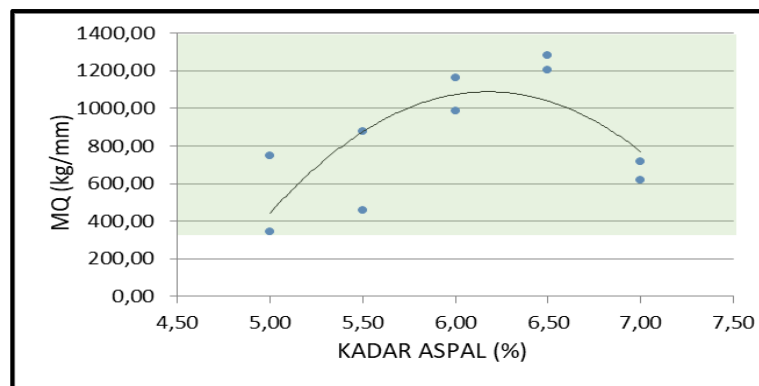
Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian *Marshall Quotient* pada campuran aspal panas untuk lapisan aus AC-WC dengan penambahan *filler* abu cangkang kerang :

Tabel 4.14 Pengaruh penggunaan *Filler* abu. cangkang kerang terhadap *Marshall Quotient* campuran AC-WC

No	Variasi kadar abu. cangkang kerang(%)	Syarat	<i>Marshall Quotient</i> (kg/mm)
1	5%	Min 250	569,40
2	10%	Min 250	443,01
3	20%	Min 250	378,66
4	30%	Min 250	343,90

(*Sumber* : Resume hasil Penelitian,2025)

Dari tabel 4.14 tentang Pengaruh Subtitusi Menggunakan *Filler* abu cangkang kerang terhadap *Marshall Quotient* Campuran AC-WC dapat diperoleh grafik hubungan antara variasi penambahan *filler* abu. cangkang kerang dengan nilai pada Grafik dibawah ini:



Gambar 4.23 Grafik *Marshall Quotient* dengan variasi abu. cangkang kerang
(*Sumber* : Data hasil penelitian, 2025)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengaruh abu cangkang kerang sebagai bahan tambah filler terhadap campuran AC-WC dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kadar aspal optimum yang didapatkan untuk campuran aspal panas lapisan AC-WC yaitu 6%. Kadar aspal optimum ini didapatkan berdasarkan nilai karakteristik Marshall Test yang memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi2.
2. Hasil pemeriksaan dan analisa pengaruh penggunaan abu cangkang kerang sebagai *filler* sebanyak 0%, 5%, 10%, 20% dan 30% dari total berat agregat pada campuran aspal AC-WC pada kadar aspal optimum dapat dinyatakan dalam sifat-sifat berikut:
 - a. Nilai VMA pada 0% diperoleh nilai VMA sebesar 63,10, kadar 5% sebesar 17,74, kadar 10% sebesar 14,44, kadar 20% sebesar 17,03, kadar 30% sebesar 19,84.
 - b. Nilai VIM pada 0% diperoleh nilai VIM sebesar 2,37, kadar 5% sebesar 3,45, kadar 10% sebesar 2,80, kadar 20% sebesar 5,74, kadar 30% sebesar 3,97.
 - c. Nilai VFA pada 0% diperoleh nilai VFA sebesar 26,17, kadar 5% sebesar 83,13, kadar 10% sebesar 80,62, kadar 20% sebesar 85,94, kadar 30% sebesar 84,97.
 - d. Nilai *Stability* pada 0% diperoleh nilai *Stability* sebesar 1287,44, kadar 5% sebesar 1277,86, kadar 10% sebesar 1373,32, kadar 20% sebesar 1334,61, kadar 30% sebesar 1268,18.
 - e. Nilai Flow pada 0% diperoleh nilai Flow sebesar 3,4, kadar 5% sebesar 2,00, kadar 10% sebesar 3,20, kadar 20% sebesar 3,40, kadar 30% sebesar 4,10.
 - f. Nilai MQ pada 0% diperoleh nilai MQ sebesar 378,66, kadar 5% sebesar 638,93, kadar 10% sebesar 443,01, kadar 20% sebesar 430,52, kadar 30% sebesar 309,31.

3. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa komposisi campuran yang paling baik untuk *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) adalah yang sesuai dengan gradasi grafik agregat dengan kadar aspal optimum 6% dan penambahan abu cangkang kerang sebanyak 20%.

5.2 Saran

Setelah melihat hasil penelitian ini

1. Secara keseluruhan banyak terdapat kekurangan pada penambahan *filler* abu cangkang kerang ini karena penelitian ini hanya melakukan penambahan bahan dan bukan substitusi secara keseluruhan pada filler yang dipakai.
2. Untuk penelitian lebih lanjut perlu untuk mengkaji *filler* yang akan digunakan sebagai penambah agregat dan untuk filler abu cangkang kerang pada penelitian ini hanya bisa dipakai pada antara 5-20% penambahan bahan filler.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika, K., Kurniasari, F. D., Izwan Putra, M., Yusdi, Iqbal, M., Saputra, R., & Mahyar, H. (2024). Utilization of Nutmeg Shell Ash a Filler Substitution In The AC-WC Laston Mixed Layer. *E3S Web of Conferences*, 476(x), 1–8. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447601020>
- Misbah, M., Pratiwi JF, A., Arman, A., Mulyati, M., Rofifah, J., Oktavia, A., Sukmana, I., Arif, Y. Z., Nama, G. F., Gunawan Perdana, M., Abdurrahman, A., Wahyuni, A. N., Sitompul, O. H., Alamsyah, W., Basrin, D., Tanjung, G., Misbah, M., Wahyuni, S., Siregar, M. I. F., ... Elfendi, R. (2023). Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Lapis Aus Ac-Wc (Asphalt Concrete-Wearing Course). *Jurnal Teknologi Dan Vokasi*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i1.8798>
- Misbah, M., Pratiwi JF, A., Arman, A., Mulyati, M., & Rofifah, J. (2023). Pengaruh Penambahan Limbah Batu Bata Merah Bukittinggi Sebagai Filler Pada Campuran Ac-Wc Dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknologi Dan Vokasi*, 1(2), 46–52. <https://doi.org/10.21063/jtv.2023.1.2.6>
- Oktavia, A., Sukmana, I., Arif, Y. Z., & Nama, G. F. (2022). The effect of filler adding palm kernel shell ash on durability and marshall values properties of asphalt concrete mix. *Journal of Engineering and Scientific Research*, 4(1), 23–29. <https://doi.org/10.23960/jesr.v4i1.100>
- Gunawan Perdana, M., Abdurrahman, A., & Wahyuni, A. N. (2023). Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Lapis Aus Ac-Wc (Asphalt Concrete-Wearing Course). *Jurnal Kacapuri : Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 6(2), 232. <https://doi.org/10.31602/jk.v6i2.13034>
- Sitompul, O. H., Alamsyah, W., & Basrin, D. (2024). Pengaruh Pemanfaatan Abu Cangkang Kerang Darah sebagai Bahan Tambah Filler Campuran Aspal

- terhadap Nilai Marshall pada Perkerasan Jalan AC-WC. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 8(2), 241–248. <https://doi.org/10.32832/komposit.v8i2.15126> Tanjung, G. (2015).
- Misbah, M., & Wahyuni, S. (2023). Pengaruh Penambahan Bahan Plastik Mika Sebagai Filler Pada Campuran (Ac-Wc) Dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknologi Dan Vokasi*, 2(1), 1–8. <https://doi.org/10.21063/jtv.2024.2.1.1>
- Siregar, M. I. F., & Lubis, M. (2019). Analisa Pengaruh Penambahan Belerang Pada Aspal AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas dan Kelelahan Marshall. *Journal of Civil Engineering, Building and Transportation*, 2(1), 20. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v2i1.1965>
- Palinoan, L. A., Nurdin, A. R., & Yunianti, N. (2023). Pengaruh Penambahan Sebagian Abu Daun Bambu Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall Dengan Variasi Perendaman. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 1(2), 137–144. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v1i2.3200>
- Amiwarti, Herri Purwanto, M. Firdaus, & Afriyadi. (2024). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Terhadap Komposisi Campuran Aspal Beton (Ac Wc). *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 8(1), 176–183. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v8i1.11590>
- Amiwarti, Setiobudi, A., & Elfendi, R. (2023). Pengaruh Penambahan Abu Serabut Kelapa Desa Jejawi sebagai Filler Pengganti Pada Campuran Aspal AC WC. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 7(1), 80–86. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v7i1.8798>



FORM PERSETUJUAN UJIAN KOMPREHENSIF

FORM 4

Yang bertanda tangan di bawah ini kami selaku pembimbing Tugas Akhir mahasiswa yaitu :

Nama : BOBI AFIDDARDA

NIM : 20101154330090

Jurusan : TEKNIK SIPIL

No HP : 082278942567

Judul TA : ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BAHAN FILLER ABU CANGKANG
KERANG SEBAGAI BAHAN TAMBAH FILLER UNTUK CAMPURAN
ASPAL AC-WC

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa mahasiswa bimbingan kami telah selesai melaksanakan bimbingan Tugas Akhir sampai dengan BAB VI dan siap untuk **melaksanakan Ujian Komprehensif**.

Demikian surat pernyataan kami buat, untuk dapat dipergunakan dengan sebaik-baiknya. Atas perhatian dan kerja samanya kami ucapkan terima kasih.

NO	NAMA	TTD	TGL ACC
1	Jihan Melasari, MT		
	Pembimbing 1		
2	Maiyozzi Chairi, MT		
	Pembimbing 2		

Sebagai pertimbangan bagi Ibu, mahasiswa tersebut diatas melampirkan **persyaratan ujian komprehensif** sebagai berikut :

1. Form persetujuan Ujian Komprehensif
2. Kartu bimbingan yang memperlihatkan proses bimbingan dan bukti ACC TA
3. TA yang disetujui (ACC) oleh Dosen Pembimbing 1 dan 2
4. Softcopy buku teks
5. Softcopy jurnal (10 jurnal)
6. KRS pengambilan Mata Kuliah Tugas Akhir (TA)
7. Slide presentasi **dlm ppt**
8. **Bukti pembayaran uang kuliah semester ganjil 2024/2025**
9. Bukti hasil Pengecekan Persentase plagiat laporan TA
10. Form Clearing Nilai ACC dosen PA

Waktu Ujian Komprehensif :

Hari/tanggal :

Pukul :

Dosen Peneliti Ujian Komprehensif :

1.

2.

Mengetahui Kajar Teknik Sipil

Rita Nasmirayanti, ST, MT

NIDN. 1007058107