

**STUDI PENGGUNAAN SERBUK ARANG TEMPURUNG
KELAPA SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN**

ASPAL AC-WC

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana dari
Universitas Fajar**

Oleh

William Andreas Aser

1720123002



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

2022

**STUDI PENGGUNAAN SERBUK ARANG TEMPURUNG
KELAPA SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC**

Oleh :

WILLIAM ANDREAS ASER

1720123002

Menyetujui

Tanggal, 02 Februari 2023

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Dr. Erdawaty, ST., MT

NIDN : 0921047802



Ir. Zulharnah, MT

NIDN : 0031036407

Mengetahui :

**Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar**

**Ketua Program Studi Teknik
Sipil Universitas Fajar**



(Prof. Dr. Erniati, S.T., M.T.)

NIDN : 0906107701



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

NIDN : 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir:

"Studi Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-WC" adalah karya orisinal saya dan setiap serta seluruh sumber acuan telah ditulis sesuai dengan Panduan Penulisan Ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar, Februari 2023

Yang Menyatakan



William Andreas Aser

ABSTRAK

Studi Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Pada Campuran Aspal AC-WC, William Andreas Aser. Struktur perkerasan jalan bertujuan untuk menahan tekanan beban yang diberikan roda kendaraan sehingga mereduksikan tegangan maksimum yang terjadi pada tanah dasar. Aspal adalah bahan hidro karbon yang sifatnya melekat (adhesive), yang berwarna hitam kecoklatan dan tahan air. Serbuk arang tempurung kelapa digunakan sebagai alternatif bahan tambah baru yang murah, mudah didapatkan melalui pengolahan yang cukup sederhana. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk arang tempurung kelapa terhadap durabilitas campuran aspal (AC/WC) dengan memvariasikan kadar dalam campuran sesuai prosedur pengujian standar SNI dan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall dan cantabro* pada campuran aspal ac-wc yang menggunakan serbuk arang tempurung kelapa dan mengetahui nilai kehilangan campuran aspal akibat penambahan variasi bahan tambah serbuk arang tempurung kelapa. Komposisi limbah serbuk arang tempurung kelapa 0%, 3,5%, 4,5% dan 5,5% pada pengujian *marshall* dan *cantabro*. Dari parameter *marshall*, disimpulkan bahwa nilai pada pengujian stabilitas, FLOW, VMA, dan MQ yang menggunakan substitusi limbah serbuk kaca dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2 telah memenuhi ketentuan, sedangkan pada VFB dan VIM sama sekali tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga yang ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian *cantabro test* menggunakan bahan tambah serbuk arang tempurung kelapa dengan variasi nilai rata-rata 0%=4,45, 3,5%=13, 4,5%=13,05 dan 5,5%=10,88% memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu dengan nilai kehilangan berat maksimal 20%.

Kata kunci : Aspal AC-WC, bahan tambah serbuk arang tempurung kelapa,*marshall, cantabro*

ABSTRACT

Studi Of The Use Of Coconut Shell Charcoal Powder As Filler In Mixture Asphalt AC-WC, William Andreas Aser. The road pavement structure aims to withstand the load pressure given by the vehicle wheels so as to reduce the maximum stress that occurs in the subgrade. Asphalt is an adhesive hydrocarbon material, which is brownish black in color and is water resistant. Coconut shell charcoal powder is used as an alternative to cheap, easy to obtain new additives through fairly simple processing. This study aims to determine the effect of adding coconut shell charcoal powder to the durability of the asphalt mixture (AC/WC) by varying the levels in the mixture according to the standard SNI testing procedures and the 2018 General Specifications of Highways. ac-WC using coconut shell charcoal powder and knowing the value of loss of asphalt mixture due to the addition of variations in coconut shell charcoal powder added ingredients. The composition of coconut shell charcoal waste was 0%, 3.5%, 4.5% and 5.5% in the marshall and cantabro tests. From Marshall's parameters, it was concluded that the values for stability tests, FLOW, VMA, and MQ using glass powder waste substitution with the 2010 revision 2 of the Bina Marga specification met the requirements, while the VFB and VIM did not meet the specified Bina Marga specifications at all. Based on the results of the Cantabro test using coconut shell charcoal powder added with an average value variation of 0% = 4.45, 3.5% = 13, 4.5% = 13.05 and 5.5% = 10.88% meet the specified specifications, namely with a maximum weight loss value of 20%.

Keywords: AC-WC asphalt, coconut shell charcoal powder added material, marshall, cantabro

KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul **“STUDI PENGUNAAN SERBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC”**. Laporan proposal ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Kami menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam penyusunan proposal ini. Oleh karena itu, kami ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proposal ini.
2. Untuk kedua orang tua saya yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan yang tulus dalam berbagai bentuk, baik materil maupun non-materi yang tidak ada nilainya. Serta kepada seluruh keluarga yang turut berperan dalam penyusunan proposal penelitian ini.
3. Dr.Ir. Erniati ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar dan Dosen Pembimbing Akademik atas segala dukungan akademiknya.
4. Fatmawaty Rachim, ST, MT selaku Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar.
5. Dr. Erdawaty, ST., MT selaku Pembimbing I dan Ir.Zulharnah,MT. sebagai pembimbing II yang selalu membimbing saya dalam penelitian ini.
6. Claudya Tangdilintin,SM yang selalu membantu dan mendukung saya dengan setia.
7. RATE 16 yang selalu membantu dan mendukung saya dalam penyusunan proposal penelitian ini.
8. Saudara seangkatan saya Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Angkatan 2016.

9. Dan semua pihak dengan segala kerendahan hati untuk membantu. Oleh karena itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat kami harapkan demi penyempurnaan proposal ini.

Akhir kata, semoga segala bantuan dan amal kebaikan mendapat balasan dan karunia dari Allah SWT. Amin.

Makassar, April 2022

William Andreas Aser

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar belakang	1
I.2 Rumusan masalah	2
I.3 Tujuan penelitian	3
I.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
II.1 Perkerasan lentur	4
II.2 Lapisan aspal beton (AC-WC)	6
II.2.1 Gradasi campuran aspal beton (AC-WC).....	7
II.3 Aspal minyak.....	9
II.4 Agregat	10
II.4.1 Agregat kasar.....	11
II.4.2 Agregat halus.....	12

II.4.3 Bahan pengisi (<i>filler</i>).....	14
II.5 Mix design laston AC-WC	15
II.6 Karakteristik Marshall	15
II.6.1 Stabilitas	15
II.6.2 Kelelahan (<i>Flow</i>).....	16
II.6.3 Marshall Quotient (<i>MQ</i>).....	16
II.6.4 VMA (<i>Void In Mineral Agregat</i>)	16
II.6.5 VIM (<i>Void In Mineral</i>).....	17
II.6.6 VFB (<i>Filler In Bitumen</i>).....	17
II.7 Pengujian cantabro	17
II.8 Serbuk arang tempurung kelapa	18
II.9 Penelitian Terdahulu.....	19
BAB III METODE PENELITIAN	23
III.1 Waktu dan tempat	23
III.2 Alat dan bahan penelitian.....	23
III.2.1 Alat.....	23
III.2.2 Bahan	24
III.3 Metode pengumpulan data	24
III.3.1 Metode design	24
III.4 Pelaksanaan penelitian	26

III.4.1	Prosedur pelaksanaan penelitian	26
III.4.2	Pemeriksaan sifat-sifat fisik bahan	26
III.4.3	Pembuatan Benda Uji.....	27
III.4.4	Pengujian benda uji.....	28
III.5	Analisis data	29
III.6	Bagan alur penelitian.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		31
IV.1	Hasil pengujian karakteristik material.....	31
IV.1.1	Hasil pengujian sifat fisik agregat	31
IV.2	Gradasi agregat gabungan.....	32
IV. 3	Pengujian campuran aspal.....	34
IV. 3.1	Marshall test.....	34
IV.4	Pengujian cantabro.....	40
BAB V PENUTUP.....		43
V.1	Kesimpulan.....	43
V.II	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		44

DAFTAR TABEL

Tabel.II 1 Penentuan sifat-sifat campuran Laston (AC-WC).....	7
Tabel.II 2 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal	8
Tabel.II 3 Hasil pengujian Karakteristik penetrasi minyak aspal 60/70	9
Tabel.II 4 Ketentuan agregat pokok dan pengunci	10
Tabel.II 5 Ketentuan Agregat Kasar	11
Tabel.II 6 Analisa saringan pada agregat kasar, dan halus	11
Tabel.II 7 Ketentuan agregat halus	13
Tabel.II 8 Analisa saringan pada agregat kasar, dan halus	13
Tabel.II 9 Syarat gradasi bahan pengisi	15
Tabel III. 1 Metode pengujian agregat kasar	25
Tabel III. 2 Metode uji agregat halus	25
Tabel III. 3 Metode pengujian karakteristik agregat	27
Tabel III. 4 Jumlah benda uji	27
Tabel III. 5 Pengujian dan metode pengujian karakteristik.....	28
Tabel IV. 1 Sifat-sifat fisik agregat kasar (cipping).....	31
Tabel IV. 2 Sifat fisik agregat halus (pasir)	32
Tabel IV. 3 Gradasi agregat gabungan.....	33
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Nilai Marshall Test.....	34
Tabel IV. 5 Hasil Nilai Pengujian Cantabro	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Komponen perkerasan	5
Gambar III. 1 Bagan alur penelitian	31
Gambar IV. 1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan	33
Gambar IV. 2 Alat Pengujian Marshall Test.....	34
Gambar IV. 3 Hubungan Variasi Limbah Keramik Tegel Dengan Stabilitas.....	35
Gambar IV. 4 Hubungan variasi filler limbah keramik tegel dengan flow.....	36
Gambar IV. 5 Hubungan variasi filler limbah keramik tegel dengan (MQ).....	37
Gambar IV. 6 Hubungan variasi filler limbah keramik tegel dengan VIM	38
Gambar IV. 7 Hubungan variasi filler limbah keramik tegel dengan VMA.....	39
Gambar IV. 8 Hubungan variasi filler limbah keramik tegel dengan VFB	40
Gambar IV. 9 Hubungan variasi filler limbah keramik tegel dan Cantabro	42

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar belakang

Transportasi merupakan salah satu elemen-elemen penting dalam pembangunan Negara salah satu layanan dasar ialah kemampuan untuk mencapai suatu umur desain dari suatu jalan kemampuan melindungi subgrade dari kerusakan. Oleh karena itu, desain campuran beraspal yang digunakan sangatlah penting dalam memastikan campuran beraspal yang efektif dan mampu mengatasi kemungkinan efek kerusakan dari beban yang dikenakan ke atasnya (Triyanto Suparlan, Dede Sumarna, Safitri Syarief 2017)

Jalan merupakan prasarana transportasi yang memegang peranan penting dalam pembangunan ekonomi suatu negara. Hal ini memungkinkan infrastruktur transportasi yang ada untuk mendukung muatan lalu lintas yang melewatinya. Namun sebenarnya banyak daerah masih banyak jalur yang tidak memenuhi persyaratan, dengan efisiensi yang rendah (kegagalan cepat). Oleh karena itu, perawatan yang tepat sangat penting untuk kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan.

Secara umum ada beberapa faktor penyebab kerusakan jalan yaitu umur jalan yang melebihi rata, adanya genangan air di permukaan jalan dan beban lalu lintas yang berlebihan. Kerusakan konstruksi jalan tersebut antara lain permukaan jalan menjadi retak-retak, bekas roda, retak-retak dan pesta pora. Oleh karena itu kualitas agregat sangat penting dalam peranan perkerasan jalan (Mashuri 2005).

Dalam campuran aspal bahan pengisi (*filler*) harus memiliki karakteristik yang sesuai dengan persyaratan yang ada agar perkerasan beton aspal memiliki stabilitas dan kelenturan yang baik. Bahan pengisi (*Fiiler*) pada campuran aspal beton merupakan bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Pada penelitian ini akan dilakukan pada lapisan aspal beton (AC-WC), pada pencampuran aspal bahan pengisi yang digunakan adalah serbuk arang tempurung kelapa.

Campuran aspal panas atau sering disebut hot mix adalah jenis campuran yang sering diproduksi, dihamparkan dan dipadatkan dalam kondisi panas. Salah satu jenis campuran panas yang umum digunakan di Indonesia adalah aspal (AC). Beton AC/aspal sendiri terdiri dari agregat kasar, agregat halus, aspal sebagai bahan perekat dan *filler* sebagai pengisi.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa densitas dan stabilitas marshall dengan abu granit memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran dengan serbuk arang tempurung kelapa. Serbuk arang tempurung kelapa ini merupakan bahan penelitian utama penulis pada *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui masing-masing proporsi kadar serbuk arang tempurung kelapa pada campuran lapis perkerasan jalan aspal beton (AC-WC) dan bagaimana pengaruh penambahan serbuk arang tempurung kelapa terhadap karakteristik Marshall terhadap lapisan perkerasan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) pada campuran lapisan perkerasan.

Serbuk arang tempurung kelapa mengandung senyawa karbon non polar sama seperti senyawa karbon pada aspal. Senyawa non polar adalah senyawa yang terbentuk akibat adanya suatu ikatan antar elektron pada unsur-unsur yang membentuknya. Hal ini terjadi karena unsur yang berikatan mempunyai nilai elektronegatifitas yang sama atau hampir sama (Isnanda, Sofyan M. Saleh, Muhammad Isya 2018).

Berdasarkan uraian diatas maka penulis akan melakukan penelitian yang berjudul **“STUDI PENGUNAAN SERBUK ARANG TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC”**.

I.2 Rumusan masalah

Rumusan masalah yang akan diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai karakteristik Marsahall terhadap Serbuk Arang Tempurung Kelapa pada campuran aspal AC-WC ?

2. Bagaimana nilai Cantabro terhadap Serbuk Arang Tempurung Kelapa pada campuran aspal AC-WC?

I.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh variasi filler serbuk arang tempurung kelapa terhadap nilai karakteristik marshall pada perkerasan aspal AC-WC
2. Mengetahui pengaruh nilai kehilangan berat pada variasi serbuk arang tempurung kelapa pada perkerasan aspal AC-WC

I.4 Batasan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. Pengujian dilakukan berdasarkan skala laborotorium
2. Penelitian ini menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat dengan kadar 5,5% pada campuran.
3. Jenis lapisan yang digunakan adalah aspal AC-WC.
4. Jenis serbuk arang tempurung kelapa yang digunakan adalah jenis serbuk arang tempurung kelapa biasa.
5. Variasi filler Serbuk Arang Tempurung Kelapa adalah 3,5%, 4,5% dan 5,5%.
6. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengujian Marshall dan Cantabro.
7. Campuran dipadatkan dengan *Marshall Compaction* pada suhu $\pm 120^{\circ} C$, dengan tumbukan 2 x 75 sesuai dengan spesifikasi bina marga.
8. Gradasi Bina Marga: Saringan no. 1.5", 1", 3/4", 1/2", 3/8, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Perkerasan lentur

Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan campuran butiran sebagai lapisan bawah dan campuran aspal sebagai lapisan atas. Untuk membuat permukaan jalan fleksibel dan mampu mendistribusikan lalu lintas. Komponen lantai fleksibel meliputi:

1. Tanah dasar (*subgrade*)

Tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat peletakan lapisan perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Menurut spesifikasinya, tanah dasar merupakan lapisan tertinggi dari tanggul jalan dengan ketebalan 30 cm, yang memiliki persyaratan tertentu berdasarkan fungsinya, yaitu dalam hal kepadatan dan kapasitas beban (CBR). Tanah dasar dapat berupa tanah asli yang memadat jika tanah aslinya baik, atau tanah pengisi yang didatangkan dari tempat lain atau distabilkan dan lain-lain.

Kekuatan pada lapisan ini berkaitan erat dengan daya dukung yang memiliki tanah dasar dan sifat-sifat pendukungnya. Adapun persoalan yang ditimbulkan pada lapisan tanah dasar yaitu:

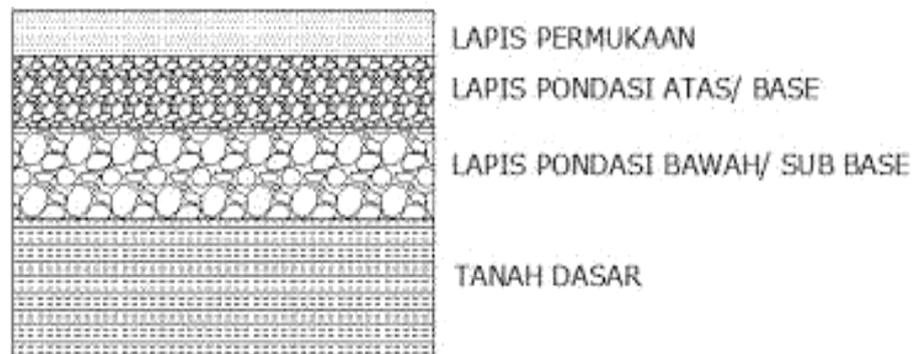
- a. Perubahan bentuk akibat beban yang diterima.
- b. Perubahan sifat yang terjadi karena daerah sekitarnya mengalami perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah tidak merata.

2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan yang terletak di antara lapisan pondasi bawah dan lapisan tanah dasar. Adapun fungsi dari lapisan ini adalah:

- a. Untuk mendistribusikan beban yang diterima oleh roda ke lapisan tanah dasar.
- b. Menjadi lapisan penyerapan

- c. Sebagai lapisan perantara agar material pada agregat tanah dasar tidak tercampur dengan lapisan pondasi atas.
 - d. Lapisan pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat.
3. Lapisan pondasi atas (*base course*)
- Lapisan pada pondasi atas adalah lapisan yang berfungsi sebagai perkerasan untuk memikul beban roda dalam lalu lintas dan mendistribusikan beban tersebut ke lapisan dibawahnya. Lapisan ini dirancang untuk memiliki daya tahan dan kekuatan yang cukup untuk menahan beban yang diterima. Dan itu memenuhi nilai daya dukung dan kepadatan.
4. Pelapisan Permukaan (*Surface course*)
- Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak di bagian atas perkerasan jalan dan lapisan pertama yang menerima beban roda dan meneruskannya ke lapisan bawah. Fungsi lain lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut:
- a. Lapisan yang digunakan untuk menahan gesekan dari rem kendaraan atau biasa disebut lapisan keausan.
 - b. Sebagai lapisan untuk menahan air hujan agar tidak semua menembus bagian bawah lapisan, yang dapat melemahkan lapisan.



Gambar II. 2 Komponen perkerasan

Kerusakan konstruksi jalan yang sering terjadi adalah adanya keteraturan pada lapisan permukaan jalan berupa lubang (*photoles*), lubang (*rutting*), bergelombang, retak-retak dan pelepasan butiran (*reveling*). Ada juga peranan drainase yang berperan penting dalam menstabilkan perkerasan. Semakin tinggi kadar air maka semakin besar pergerakan struktur perkerasan dan menyebabkan kerusakan dini.

II.2 Lapisan aspal beton (AC-WC)

Aspal beton merupakan salah satu jenis lapisan perkerasan lentur untuk konstruksi perkerasan jalan. Jenis perkerasan ini merupakan campuran seragam antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat pada temperatur tertentu. Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan ini berfungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan bawahnya. (Zainal Abidin, Bunyamin, Febrina Dian Kurniasari 2020).

Jenis lapisan aspal beton campuran panas dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. Laston sebagai lapisan keausan yang dikenal dengan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan ketebalan minimal AC-WC adalah 4 cm. Lapisan ini merupakan lapisan yang bersentuhan langsung dengan ban kendaraan dan didesain tahan terhadap iklim perubahan, gaya geser, ban kendaraan bertekanan dan memberikan lapisan kedap air untuk lapisan di bawahnya.
2. Laston sebagai lapisan pingikat yang dikenal dengan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan ketebalan AC-BC minimal 5cm. Lapisan ini harus membentuk lapisan pondasi bila digunakan dalam pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan.
3. Laston sebagai lapisan pondasi yang dikenal dengan AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) dengan ketebalan AC-Base 6 cm. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan kondisi cuaca, tetapi memerlukan stabilitas untuk menopang beban lalu lintas yang ditransfer melintasi roda kendaraan.

Lapisan beton aspal memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Lalulintas anti-abrasi
2. Tahan air.
3. Memiliki nilai struktural.
4. Stabilitas tinggi.

5. Bahan lapis aspal beton meliputi agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal keras. Kualitas dan bahan ukuran butir harus diperiksa terlebih dahulu. Tidak diperbolehkan menggunakan aspal dari beberapa pabrik yang berbeda meskipun aspalnya sama.

Tabel.II 1 Penentuan sifat-sifat campuran Laston (AC-WC)

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 dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800 ⁽³⁾
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6 ⁽³⁾
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C ⁽⁵⁾	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal) ⁽⁶⁾	Min.	2		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6

II.2.1 Gradasi campuran aspal beton (AC-WC)

Gradasi campuran aspal beton merupakan salah satu karakteristik terpenting dari performa/ketahanan di jalan. Setiap jenis lantai memiliki gradasi keseluruhan tertentu yang dapat dilihat pada spesifikasi material permukaannya masing-masing. Peringkat keseluruhan gabungan untuk HMA ditunjukkan pada tabel di bawah ini. Desentralisasi global gabungan Laston telah menjadi kurang terbatas pada pos-pos pemeriksaan dan perlu di terapkan pada area terbatas dan terarah.

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, ukuran agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan satu set saringan umur terdiri dari saringan berukuran 3/4", 1/2", 3/8", No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200. Gradasi agregat ini dinyatakan dalam presentase loloa atau presentase tertahan yang dihitung berdasarkan berat agregat. Gradasi agregat

menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin menjadi dalam agregat campuran, campuran agregat yang baik adalah agregat yang terdiri dari agregat yang berukuran besar sampai kecil sampai merata, hal tersebut dikarenakan rongga yang berbentuk oleh agregat berukuran besar akan diisi oleh agregat yang berukuran kecil.

Gradasi atau distribusi partikel sebagai fungsi dari ukuran agregat sangat penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi ukuran rongga intergranular yang menentukan stabilitas dan kemudahan pekerjaannya. Ukuran partikel keseluruhan diperoleh dari hasil analisis ayakan menggunakan seperangkat ayakan seperti terlihat pada Tabel II.2.

Tabel.II 2 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal

Ukuran saringan		% Berat yang lolos terhadap total agregat		
		LASTON (AC)		
(Inci)	(mm)	AC-WC	AC-BC	AC-Base
1 1/2 "	37.5	-	-	100
1 "	25	-	100	90 - 100
3/4 "	19	100	90 - 100	76 - 90
1/2 "	12.5	90 - 100	66 - 82	60 - 78
3/8 "	9.5	77 - 90	58 - 80	52 - 71
4	4.75	53 - 69	46 - 64	35 - 54
8	2.36	33 - 53	30 - 49	23 - 41
16	1.18	21 - 40	18 - 38	13 - 30
30	0,600	14 - 30	12 - 28	10 - 22
50	0,300	9 - 22	7 - 20	6 - 15
100	0,150	6 - 15	5 - 13	4 - 10
200	0,075	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6

II.3 Aspal minyak

Aspal merupakan material berwarna coklat tua atau hitam, pada suhu ruangan tertentu berbentuk padat hingga mendekati padat. Jika dipanaskan pada temperature tertentu, maka aspal tersebut dapat berubah bentuk menjadi lunak hingga cair. Sehingga dapat menyatukan agregat dalam pembuatan aspal beton atau dapat masuk kepori-pori agregat yang ada pada penyiraman pada pelaksanaan pelaburan atau macadam. Jika temperature mulai turun, kondisi aspal akan menjadi keras dan mengikat agregat yang berada pada tempatnya (sifat thermoplastic) (Moch. Shodiq Zamroji, Kurnia Hadi Putra 2020).

Minyak aspal merupakan sisa bahan alam yang tidak dapat lagi diolah lebih lanjut secara ekonomis. Aspal berminyak juga dikenal sebagai aspal buatan adalah hasil penyulingan minyak bumi tergantung pada jenis bahan dasarnya.

Jenis produk bitumen:

- a. Sebagian besar bahan dasar aspal
- b. Beberapa bahan dasarnya adalah parafin.
- c. Bahan dasarnya adalah campuran bitumen dan parifin

Aspal penetrasi rendah digunakan dalam cuaca panas dan lalu lintas padat. Aspal permeabilitas tinggi malah digunakan di iklim dingin dengan sedikit lalu lintas. Aspal keras dengan penetrasi 60-70 dan 80-100 banyak digunakan di Indonesia.

Tabel.II 3Hasil pengujian Karakteristik penetrasi minyak aspal 60/70

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,09
2	Penetrasi (mm)	$\geq 60 - 70$	61,6
3	Daktalitas (cm)	≥ 100	164
4	Titik Nyala ($^{\circ}$ c)	≥ 232	312
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,47
6	Titik Lembek ($^{\circ}$ c)	≥ 48	48

Sumber: PT. Summitama Intino

- AC Pen 40/50, adalah aspal keras dengan penetrasi antara 40-50
- AC Pen 60/70, adalah aspal keras dengan penetrasi antara 60-70
- AC Pen 85/100, adalah aspal keras dengan penetrasi antara 85-100

II.4 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, pasir atau mineral lainma baik berupa agregat hasil alam maupun hasil pengolahan (Penyangan, pemecahan) yang digunakan sebagai bahan utama penyusun jalan. Pemilihan agregat yang sesuai untuk dipergunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan dan kekerasan tekstur permukaan, porositas, kelekatan terhadap aspal dan kebersihan.

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan lantai, dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang keras dan kaku. Agregat yang berkualitas baik mungkin diperlukan agar lapisan atas dapat secara langsung menopang beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya sehingga beban yang melewati permukaan tidak mudah hancur dan rusak pada suatu lapisan perkerasan jalan. (Fachruddin Sopalauw, Suharno 1998).

Agregat harus terbuat dari bahan yang bersih, kuat dan tahan lama, bebas dari lumpur dan benda-benda yang tidak diinginkan dan harus memenuhi persyaratan yang ditentukan pada tabel III.4.

Tabel.II 4 Ketentuan agregat pokok dan pengunci

Pengujian	MetodePengujian	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles 100 Putaran 500 Putaran	SNI 2417:2008	Maks. 8 %
Penyelimutan dan Pengelupasan Butir Pecah pada Agregat Kasar	SNI 2439:2011	Maks. 40 %
Partikel Pipih dan Lonjong	SNI 7619:2012	Min. 90 %
	ASTM D4791-10	85/75*)
	Perbandingan 1:5	Maks. 15 %

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6

II.4.1 Agregat kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang di peroleh dari industry pemecah batu dan mempunyai ukuran butiran antara 5-40 mm, yang tertahan pada ayakan saringan no.4 (4,75 mm).

Tabel.II 5 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12 %
	magnesium sulfat			Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles ¹⁾	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90 ^{*)}
		Lainnya		95/90 ^{**)}
Partikel Pipih dan Lonjong		SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
		Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200			SNI ASTM C117: 2012	Maks. 1%

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2018 Divisi 6

Tabel.II 6 Analisa saringan pada agregat kasar, dan halus

Ukuran ayakan		Gradasi Agregat(Kumulatif lolos saringan) (%)		
Milimeter	inch	kasar	halus	filler
19	3/4"	100	100	100
12.5	1/2"	89,3	100	100
9.5	3/8"	33,5	100	100
4.75	No.4	3.0	96,4	100
2.36	No.8	2,5	55,7	100

1.18	No.16	2,5	35	100
0.6	No.30	2,4	26,8	100
0.3	No.50	2,4	19,7	100
0.15	No.100	2,3	13,9	100
0.075	No.200	2,2	10,6	98

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2018 (Revisi 1)

Catatan:

1. 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar memiliki satu atau lebih dari permukaan patahan dan 90% agregat kasar memiliki dua atau lebih permukaan patahan.
2. 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar memiliki satu atau lebih dari permukaan patahan dan 90% agregat kasar memiliki dua atau lebih permukaan patahan

II.4.2 Agregat halus

Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan nomor 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan nomor 200 (0,075 mm) terdiri dari batu pecah yang di ayak atau pasir alam bersih dan keras, bebas dari tanah liat atau bahan lain yang tidak diinginkan. Karakteristik agregat halus merupakan salah satu komponen dasar campuran aspal, yang terletak pada bentuk, bentuk dan struktur permukaan halus. Fungsi agregat halus dalam campuran aspal:

1. Meningkatkan stabilitas campuran dengan memperkuat sifat pengikatan agregat halus dan mengurangi rongga udara pada agregat halus.
2. Komposisi yang seimbang menggunakan agregat kasar dan agregat halus sangat penting untuk mencapai permukaan yang licin dengan jumlah aspal yang diinginkan.

Agregat halus juga berperan penting dalam mengontrol keawetan campuran. Namun daya tahan ini juga disertai dengan penurunan daya tahan campuran jika keseluruhan campuran memiliki proporsi yang tidak seimbang atau tidak sesuai

dengan yang dibutuhkan. Adapun persyaratan spesifikasi gradasi agregat halus di bawa ini yaitu:

Tabel.II 7 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	SNI 03-6877-2002	Min 45
Gumpalan Lempung Dab Butir-Butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Min 1%
Agregat Lolol Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Max. 10%

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2018 (Revisi 1)

Tabel.II 8 Analisa saringan pada agregat kasar, dan halus

Ukuran ayakan		Gradasi Agregat(Kumulatif lolos saringan) (%)		
Milimeter	inch	kasar	halus	filler
19	3/4"	100	100	100
12.5	1/2"	89,3	100	100
9.5	3/8"	33,5	100	100
4.75	No.4	3.0	96,4	100
2.36	No.8	2,5	55,7	100
1.18	No.16	2,5	35	100
0.6	No.30	2,4	26,8	100
0.3	No.50	2,4	19,7	100
0.15	No.100	2,3	13,9	100
0.075	No.200	2,2	10,6	98

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum 2018 (Revisi 1)

Agregat halus dapat berupa pasir alam sebagai distengrasi alami dari batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat pemecah batu.

Persyaratan agregat halus yang digunakan menurut SNI antara lain:

1. Butirannya harus kuat, keras dan tajam.
2. Bersifat kuat dan tidak mudah hancur dan pecah karena pengaruh cuaca serta memberikan stabilitas pada campuran dan komposisi penggunaan agregat kasar dan halus untuk mendapatkan permukaan yang tidak licin.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung kadar lumpur lebih dari 5% (bagian yang dapat lolos saringan 0,060 mm). Jika lebih dari 5%, pasir harus dicuci.
4. Tidak boleh mengandung zat organik karena akan mempengaruhi mutu beton. Ketika dikelupkan kedalam larutan NaOH 3%, larutan diatas endapan tidak boleh dari warna larutan perbandingan.
5. harus memiliki variasi ukuran yang baik dalam ukuran butir (gradasi), sehingga memiliki sedikit rongga. Ini memiliki modulus kehalusan dikisaran antara 1,5-3,8. Jika ayakan dengan susunan ayakan yang ditentukan, maka ayakan tersebut akan jatuh kedalam salah satu zona distribusi butir.

II.4.3 Bahan pengisi (*filler*)

Filler Adalah Bahan pengisi yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis. Filler harus menggunakan lolos saringan No. 200 (0,075) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya (Bina Marga 2010). filler adalah abu batu, abu batu kapur (limestone dust), abu terbang (fly ash), semen portland, kapur padam dan bahan non plastis lainnya. (Misbakhul Fitria Nur, Eding Iskak Imananto, Agus Prajitno 2017).

Tabel.II 9 Syarat gradasi bahan pengisi

Ukuran saringan	Persentase (%) lolos
Nomor 30 (0,59 mm)	100
Nomor 50 (0,279 mm)	95-100
Nomor 100 (0,149 mm)	90-100
Nomor 200 (0,074 mm)	65-100

Sumber: Spesifikasi Bina Marga 2018 Divisi 6

II.5 Mix design laston AC-WC

Setelah semua pemeriksaan agregat memenuhi spesifikasi, langkah selanjutnya yaitu melakukan rancangan camouran (mix design) untuk mendapatkan komposisi agregat kasar sedang agregat halus filler dan kadar aspal optimum. Bahan-bahan yang digunakan dalam campuran benda uji yaitu agregat kasar, agregat halus dan filler ditimbang sesuai ukurannya berdasarkan gradasi yang diinginkan (Alfrian *et al*, 2021). Berat total agregat campuran adalah berat agregat yang dapat menghasilkan satu benda uji padat setinggi 6,35 cm dengan diameter 10,2 cm. Umumnya berat agregat campuran adalah \pm 1200 gram.

II.6 Karakteristik Marshall

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran pada benda uji. Dalam hal ini mengetahui nilai durabilitas (stabilitas), fusion (aliran) dan Marshall Qontient.

II.6.1 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapisan keras untuk menahan beban akibat beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi permanen. Nilai-nilai yang mempengaruhi nilai stabilitas adalah bentuk, struktur permukaan, kualitas dan gradasi agregat yang meliputi interlocking, kohesi, gesekan dalam dan kadar aspal dalam campuran.

Proses penggunaan aspal dalam campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran. Dengan penambahan aspal nilai stabilitas juga akan meningkat. Penambahan campuran aspal sampai batas maksimum akan menurunkan nilai stabilitas sehingga lapisan perkerasan menjadi kaku dan getas.

$$\text{Stabilitas} = O \times Q \dots\dots\dots (II.1)$$

Dimana itu:

- Stability= Stabilitas Marshall (Vim x Vma)
- O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf)
- Q = Kalibrasi alat Marshall

II.6.2 Kelelahan (*Flow*)

Kelelahan (*flow*) adalah nilai regangan memanjang benda uji yang terjadi pada saat pembebanan awal sampai dengan batas keruntuhan benda uji yang merupakan indikator kelenturan. Kesenjangan yang besar antara campuran (VIM) dan penggunaan aspal yang berat dapat meningkatkan nilai rendemen resin. Nilai flow rate didapatkan dari pembacaan molten meter pada Marshall test.

II.6.3 Marshall Quotient (*MQ*)

Marshall Quotient adalah nilai yang menunjukkan sifat kekakuan suatu campuran. Jika nilai yang dihasilkan sama dengan MQ, maka campuran tersebut tergolong kaku dan mudah retak. Begitu juga sebaliknya jika nilai MQ terlalu rendah cenderung fleksibel dan kurang stabil.

$$MQ = \frac{\text{Stability}}{\text{Flow}} \dots\dots\dots (II.2)$$

II.6.4 VMA (*Void In Mineral Agregat*)

Vakum dalam agregat mineral (VMA) adalah rongga udara yang terkandung dalam agregat dari campuran yang dipadatkan.

$$VMA = 100 \times \text{Total volume agregat} \dots\dots\dots (II.3)$$

II.6.5 VIM (*Void In Mineral*)

Void In Mix (VIM) adalah rongga yang terdapat dalam suatu campuran. Nilai VIM akan mempengaruhi daya tahan lapisan lantai, semakin tinggi nilai yang dihasilkan menunjukkan semakin besar rongga pada campuran sehingga campuran dapat porous.

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (II.4)$$

Keterangan:

VIM = Volume rongga dalam campuran

G_{mm} = Kepadatan campuran maksimum

g_{mb} = Kepadatan massal campuran

II.6.6 VFB (*Filler In Bitumen*)

Void filler in bitumen (VFB) adalah persentase rongga yang terisi aspal dalam suatu campuran yang dipadatkan.

$$VFB = 100 \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots (II.5)$$

Keterangan:

VFB = Volume pori di antara butiran agregat

VMA = Volume pori di antara agregat dalam campuran

VIM = Volume rongga dalam campuran

II.7 Pengujian cantabro

Tes Cantabro menggambarkan ketahanan aus dari suatu objek yang diuji dengan mesin Los Angeles. Proses pengujian subjek pada kondisi KAO dengan variabilitas 5%, 5,5% dan 6% dengan komponen beban 75%. Sebelum ditempatkan di mesin Los Angeles, berat awal benda uji ditimbang setelah benda uji dimuat ke dalam mesin Los Angeles. Pengujian cantabro akan memberikan

suatu gambaran sejauh mana perkerasan aspal menahan gesekan antar roda pada permukaan jalan. Berikut cara menguji cantabro:

- a. Timbang dan catat benda uji
- b. Pada pengujian ini benda uji didiamkan pada suhu kamar selama ± 24 jam.
- c. Selanjutnya, masukkan benda uji ke dalam alat uji abrasi mobil Los Angeles dengan putaran 300 putaran tanpa menggunakan bola baja.
- d. Kemudian menimbang dan mencatat benda uji setelah dilakukan pengujian.

II.8 Serbuk arang tempurung kelapa

Serbuk arang tempurung kelapa adalah arang yang dibuat dengan cara kombinasi dari tempurung kelapa dan lalu dihancurkan menjadi serbuk. Pada proses pembakaran tempurung kelapa yang terdiri karbohidrat yang sangat kompleks, akan menyebabkan suatu rentetan reaksi yaitu peruraian secara termal serta menimbulkan panas sebagai hasil peruraian dari bermacam-macam struktur molekul. Pada suhu 2750C, lingo selulosa mulai melepaskan H₂O dan CO₂, disamping itu juga terbentuk arang dan metana. Kandungan serbuk arang tempurung kelapa berupa senyawa karbon nonpolar sama seperti senyawa karbon pada aspal. Arang tempurung kelapa ini merupakan material lokal yang mudah ditemukan (Nugroho Utomo dan Chaidir Furqoni Sihabudin Romadlon 2019).

Serbuk arang tempurung kelapa tanaman serbaguna yang mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Seluruh bagian tanaman kelapa mulai dari akar, batang, daun dan buah dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia. Tanaman kelapa menghasilkan limbah berupa tempurung kelapa. Penelitian penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penambahan tempurung kelapa dalam campuran aspal dapat meningkatkan kualitas campuran.

Dalam penelitiannya mendapatkan bahwa penambahan tempurung kelapa ke dalam aspal telah meningkatkan titik lembek aspal, memperkecil nilai penetrasi aspal dan memperkecil persentase kehilangan berat aspal akibat pemanasan. Ini berarti bahwa penambahan tempurung dalam campuran perkerasan beton aspal berpotensi meningkatkan stabilitas dan durabilitas. Mengenai penelitian

penggunaan tempurung kelapa sebagai filler dilakukan pada campuran HRA tipe F untuk tebal lapisan 40 mm. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa nilai stabilitas dan kelelahan campuran tersebut cukup baik untuk digunakan sebagai bahan perkerasan untuk lalu lintas tinggi. Menurut Martono (2015), dalam penelitiannya tempurung kelapa dapat meningkatkan stabilitas terhadap Kadar Aspal Optimum (KAO) (Ahmad Rizqi Muyassar, Syarwan, Edi Majuar, 2021)

II.9 Penelitian Terdahulu

Substitusi Tempurung Kelapa Sebagai Agregat Halus Terhadap Campuran Laston AC-BC. Penelitian bertujuan mengetahui seberapa besar nilai karakteristik Marshall setelah distribusi tempurung kelapa terhadap campuran laston AC-BC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan tempurung kelapa mempengaruhi karakteristik campuran. Semakin besar persen tempurung kelapa yang digunakan menyebabkan VIM dan VMA meningkat, stabilitas (ketahanan), flow, density dan VFB menurun (Ahmad Rizqi Muyassar, Syarwan, Edi Majuar 2021).

Pemanfaatan Serbuk Arang Batok Kelapa Sebagai Bahan Tambah Dengan Filler Abu Batu Untuk Meningkatkan Kinerja Karakteristik Beton Aspal (AC-WC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari campuran beton aspal (Laston) Lapis aus AC-WC dengan bahan tambah dari serbuk arang batok kelapa. Hasil Penelitian yang telah dilakukan di Laboratorium Bahan Jalan ITN Malang, serta analisis statistik berdasarkan rumusan masalah terhadap campuran Asphalt Concrete –Wearing Course (AC-WC) dengan menggunakan bahan tambah serbuk arang batok kelapa dan filler abu batu dan telah memenuhi standar spesifikasi bina marga (Misbakhul Fitria Nur, Eding Iskak Imananto, Agus Prajitno 2017).

Pengaruh Substitusi Polystirene (PS) Dana Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi plastik dengan cara kering serta penggunaan filler kombinasi abu arang tempurung kelapa dan semen portland terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC. Hasil penelitian menunjukkan

substitusi plastik PS pada campuran aspal, nilai stabilitas campuran meningkat dibandingkan dengan tanpa substitusi plastik. Nilai stabilitas tanpa substitusi plastik sebesar 1270,24, sedangkan nilai stabilitas dari persentase substitusi terbaik jenis PS 11% pada kadar aspal 4,70% yaitu sebesar 1497,85 kg. Untuk nilai durabilitas campuran AC-WC dengan dan tanpa substitusi plastik PS tidak memenuhi persyaratan yaitu $< 90\%$ (Isnanda, Sofyan M. Saleh, Muhammad Isya 2018).

Uji Marshall Pada Campuran Aspal AC-WC Dengan Substitusi Filler. Tujuan penelitian untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan, dilakukan substitusi dengan bahan pengisi filler. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semua komposisi telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 4 2018, komposisi terbaik substitusi filler ACT dan PC diperoleh pada persentase 20% ACT dan 80% PC pada kadar aspal 5,00%, nilai stabilitas yaitu 1323,01 kg dengan nilai VIM 3,66% VMA 15,91% VFA 76,99 dan MQ 508,68 kg/mm (Zainal Abidin, Bunyamin, Febrina Dian Kurniasari 2020).

Evaluasi Penggunaan Limbah Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Fraksi Agregat Halus Dalam Campuran HRS-B. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penggunaan Tempurung Kelapa Sawit sebagai agregat halus dalam campuran Hot Rolled. Dari hasil penelitian untuk lalulintas berat dengan jumlah tumbukan 2×75 diperoleh nilai VITM antara 32,74 % - 37,92 %, VFWA antara 16,43 % kg, 709 39 kg Flow antara 5,096 mm - 6,604 24,46 %, Stabilitas antara 587,9 kg, mm dan Marshal. Quotient antara 0,094 KN/mm - 1,47, KN/mm. Apabila di bandingkan dengan nilai yang di syaratkan oleh Bina Marga untuk V.TM antara 3% - 6%, VFWA antara 70 % - 80 %, Stabilitas antara 550 kg - 1250, flow antara 2mm - 4mm. dan Marshal Quot.en. antara 1,5 KN/mm - 5KN/mm maka yang masuk pada standart itu hanyalah nilai Stabilitas sedangkan yang lainnya sangat jauh diatas atau dibawah nilai yang di tetapkan oleh Bina Marga (Fachruddin Sopalauw, Suharno 1998).

Modifikasi Campuran Hot Roller Shet-WC Dengan Serbuk Arang Tempurung Kelapa. Tujuan dari pada Penelitian ini adalah yaitu untuk

mengetahui kualitas dari pengaruh campuran Hot Rolled Sheet – WC dengan penambahan bahan serbuk arang tempurung kelapa. Hasil Pengujian dari pencampuran serbuk arang tempurung kelapa dengan hasil optimum yaitu pada kadar 4%, dengan nilai stabilitas paling tinggi yaitu 1191,10 kg, sedangkan untuk nilai marshall quotient yaitu 374,17 kg/mm, untuk nilai VIM yaitu 4,34% dan nilai VMA yaitu 18,65 %. Untuk stabilitas, VIM, dan Vma mengalami peningkatan dan sesuai dengan spesifikasi umum bina marga 2018, tapi untuk nilai flow dan VFB menurun dengan seiring penambahan kadar serbuk arang tempurung kelapa yaitu dengan nilai flow sebesar 3,18 dan VFB sebesar 76,70 (Moch. Shodiq Zamroji, Kurnia Hadi Putra 2020).

Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Perkerasan Jalan. Penelitian dilakukan untuk mengetahui kuat tekan aspal menggunakan Marshall Test dengan komposisi campuran kadar filler sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% berdasarkan total campuran. Pemeriksaan agregat serta aspal dilakukan untuk mencari kadar aspal optimum, dimana didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,5%. Hasil kadar aspal optimum digunakan untuk pencampuran benda uji menggunakan bahan pengisi limbah tempurung kelapa terhadap waktu rendaman. Marshall Test dengan diperoleh nilai stabilitas optimum sebesar 1444,74 kg pada waktu perendaman 1 jam dan semakin menurun pada waktu perendaman 2 jam, 12 jam, 24 jam dan 48 jamedangkan hasil Marshall Test pada campuran aspal beton yang menggunakan bahan pengisi serbuk arang tempurung kelapa diperoleh nilai Void in Mineral Aggregates (VMA) sebesar 62,18%, nilai Void Fills Asphalt (VFA) sebesar 18,37%, nilai Voids In Mix (VIM) sebesar 48,49%, nilai kelelehan (flow) sebesar 5,57 mm serta nilai Marshall Quotient (MQ) sebesar 259,60 kg/mm (Nugroho Utomo dan Chaidir Furqoni Sihabudin Romadlon 2019).

Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Dan Abu Terbang Batu Bara Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapisan Pondasi Atas (AC-BASE). Tujuan penelitian yaitu untuk menentukan setiap variasi filler, serbuk arang tempurung, dan abu terbang batubara pada campuran aspal laston

lapis lapisan pondasi atas (AC-Base) dan untuk membandingkan karakteristik campuran aspal laston lapis lapisan pondasi atas (AC-Base) yang menggunakan variasi filler, serbuk arang tempurung, dan abu terbang batubara. Hasil penelitian ini menggunakan agregat dari AMP Itimkara yang berlokasi di Desa Ampera. Agregat dari lokasi ini kemudian diuji di Laboratorium jalan dan aspal fakultas teknik universitas khairun ternate, dengan pengujian agregat kasar dan halus berupa berat jenis dan penyerapan agregat kasar, berat jenis dan penyerapan agregat halus, abrasi. Adapun hasil pengujian agregat untuk agregat kasar (Triyanto Suparlan, Dede Sumarna, Safitri Syarief 2017).

Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Dan Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal beton type III yang menggunakan serbuk arang tempurung kelapa dan jumlah tumbukan bervariasi. Berdasarkan hasil pengujian marshal yang telah dilakukan, nilai berat satuan yang di hasilkan adalah kadar aspal 5,5%, dengan nilai minimum 2,235 gr/cc, dan benda uji dengan kadar aspal 6,5% memiliki kadar aspal maksimum 2,26 gr/cc, air void menunjukkan kadar aspal benda uji 7% hingga 7,50% lainnya dalam spesifikasi yang ditentukan (Mashuri 2005).

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan selama \pm dua bulan, dimulai dari Juni 2022 hingga Juli 2022. Lokasi penelitian ini dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar Makassar, Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah (Ex Racing Center) no. 101, Karampuang, Panakukang Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia.

III.2 Alat dan bahan penelitian

III.2.1 Alat

a. Alat pengujian

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. *Automatic Asphalt Compactor*
2. Ayakan dengan nomor saringan 3/4', 1/2', 3/8', #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200
3. Mesin penggetar ayakan (Sieve Shaker)
4. Oven
5. Timbangan (kapasitas 50 kg)
6. Alat uji berat jenis
7. Bak perendam
8. Alat uji *Marshall Test*
9. Alat uji Cantabro yaitu Mesin Los Angeles

b. Alat bantu:

1. Ejektor
2. Alat pencampur
3. Kompor pemanas
4. Termometer
5. Sendok pengaduk
6. Kaos tangan
7. Spatula

8. Timbangan

III.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Agregat kasar
2. Agregat halus
3. *Filler* dalam hal ini menggunakan serbuk arang tempurung kelapa dan abu batu
4. Aspal minyak

III.3 Metode pengumpulan data

Proses pengumpulan data sebagai bahan utama dalam penelitian ini akan menggunakan dua metode pengumpulan data sebagai berikut:

- a. Studi pustaka untuk memperoleh data sekunder dengan membaca buku, jurnal, artikel ilmiah sebagai landasan teori untuk menyelesaikan penelitian ini.
- b. Pemeriksaan sampel dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data primer yang akan digunakan untuk menganalisis hasil penelitian yang dilakukan.

Penelitian eksperimental nyata yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan kegiatan eksperimen di laboratorium. Aspal diproduksi dari agregat yang sama langsung dari crusher dan dari bitumen yang sama. Selain itu, pengamatan dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik marshal.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian laboratorium, dengan mengacu pada:

- a. Standar Nasional Indonesia (SNI)
- b. Spesifikasi Bina Marga 2018

III.3.1 Metode design

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a) Pengujian sifat bahan

Material yang digunakan dalam campuran aspal terlebih dahulu diuji sifat-sifat dari masing-masing material antara lain agregat kasar, agregat halus dan

bitumen. Dimana metode dalam pengujian ini mengacu pada standar nasional Indonesia dan pengujian ini dilakukan di laboratorium.

Tahap pertama penelitian yang dilakukan di laboratorium terdiri dari pengujian kualitas aspal minyak dan kualitas agregat yang digunakan untuk pengujian campuran aspal. Berikut adalah Langkah-langkah pengujian sifat bahan:

1. Pengujian Material Agregat

Tahap pertama penelitian yang akan dilakukan di laboratorium adalah pemeriksaan mutu sifat-sifat bahan dalam campuran aspal yang terlebih dahulu diuji karakteristiknya.

Tabel III. 1 Metode pengujian agregat kasar

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	SNI 2417-2008	Maks. 30%
Partikel pipih dan lonjong Material lolos saringan No. 200	ASTM D479 SNI 03-4142-1996	Maksimal 10% 1% maksimum
Berat jenis	SNI 03-1959-1990	Maksimal 0.2 dari gregat halus 3% maksimum
Penyerapan air	SNI-03-1959-1990	

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Bina Marga 2018 Revisi 1 Divisi 6.

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa ada beberapa cara pengujian untuk agregat kasar, salah satunya adalah material lolos saringan no. 200 yang mengacu pada SNI 03-4142-1996.

Tabel III. 2 Metode uji agregat halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Material lolos saringan No. 200	SNI 03-4428-1997	Maksimal 8%
Berat jenis	SNI 03-1970-1990	Maks 0.2
Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	Maks 3%
Berat isi	-	

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Bina Marga 2018 Revisi 1 Divisi 6.

2. Pemilihan jenis gradasi

Gradasi agregat akan mempengaruhi ukuran rongga antara butir yang menentukan nilai stabilitas dan kemudahan penanganan dalam proses.

Kajian ini mengacu pada standar gradasi spesifikasi Bina Marga 2018 yang menggunakan aspal minyak sebagai bahan pengikat.

III.4 Pelaksanaan penelitian

III.4.1 Prosedur pelaksanaan penelitian

a. Tahap persiapan/studi literatur

Pada tahap persiapan ini diawali dengan pengumpulan data berupa data yang diperoleh dari hasil uji coba sebelumnya yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya, serta data dari buku dan jurnal.

b. Persiapan alat dan bahan

Sebelum kegiatan penelitian dilaksanakan hal pertama yang harus dilakukan yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Kegiatan ini meliputi: kegiatan survei lokasi untuk pengambilan bahan material yang akan digunakan, pengangkutan bahan penelitian dari lokasi pengambilan bahan ke Laboratorium.

c. Tahap pengujian sifat bahan karakteristik

Pada tahap pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik masing-masing material yang akan digunakan pada campuran aspal AC-WC. Untuk mengetahui bahwa bahan tersebut telah memenuhi standar spesifikasi yang digunakan yaitu SNI.

III.4.2 Pemeriksaan sifat-sifat fisik bahan

A. Pengujian Material Agregat

Pengujian material agregat ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik yang dimiliki oleh agregat yang akan digunakan dalam campuran benda uji. Bahan agregat yang memenuhi standar sifat fisik yang akan digunakan dalam pembuatan bahan pada pengujian agregat dapat dilihat pada Tabel III.1.

Tabel III. 3 Metode pengujian karakteristik agregat

Pengujian	Metode Pengujian	
	Agregat kasar	Agregat halus
Analisis saringan	SNI 03-1968-1990	
Berat jenis dan penyerapan	SNI 03-1969-2008	SNI 03-1970-2008
Kadar lumpur	SNI 03-4142-1996	
Keausan agregat kasar Mesin dengan Los Angeles	SNI 2417-2008	
Indeks kepipihan	SNI 03-4137-1996	
Sand Equivalent	SNI 03-4428-1997	

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga
2018

III.4.3 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji menggunakan langkah-langkah berikut:

- Siapkan agregat sesuai dengan komposisi variasi campuran yang telah ditentukan
- Panaskan agregat hingga mencapai suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$
- Setelah suhu tercapai, campurkan agregat dengan aspal minyak.
- Kemudian campuran tersebut dipadatkan dengan *Marshall Compaction* pada suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$, dengan tumbukan 2×75 sesuai Spesifikasi Bina Marga.

Pengujian yang akan dilakukan adalah komposisi campuran aspal AC-WC. Setelah pengujian bahan dan telah memenuhi spesifikasi untuk produksi benda uji. Ketentuan yang akan digunakan dalam penelitian ini akan mengacu pada ketentuan campuran aspal (AC-WC), yaitu:

Tabel III. 4 Jumlah benda uji

No.	Variasi Filler Serbuk Arang Tempurung Kelapa	Pengujian Marshall	Pengujian Kantabro
1	0%	3	3
2	3,5%	3	3
3	4,5%	3	3
	5,5%	3	3
	Jumlah	24	

III.4.4 Pengujian benda uji

Pada pengujian benda uji aspal (AC-WC) menggunakan metode uji karakteristik Marshall. Metode pengujian yang akan dilakukan ditunjukkan pada Tabel III.3. Pengujian dilakukan pada benda uji berupa briket aspal (AC-WC).

Tabel III. 5 Pengujian dan metode pengujian karakteristik

Pengujian	Metode Pengujian
Marshall	SNI 06-2489-1991
cantabro	SNI 03-2417-1991

A. Metode pengujian Marshall, sebagai berikut:

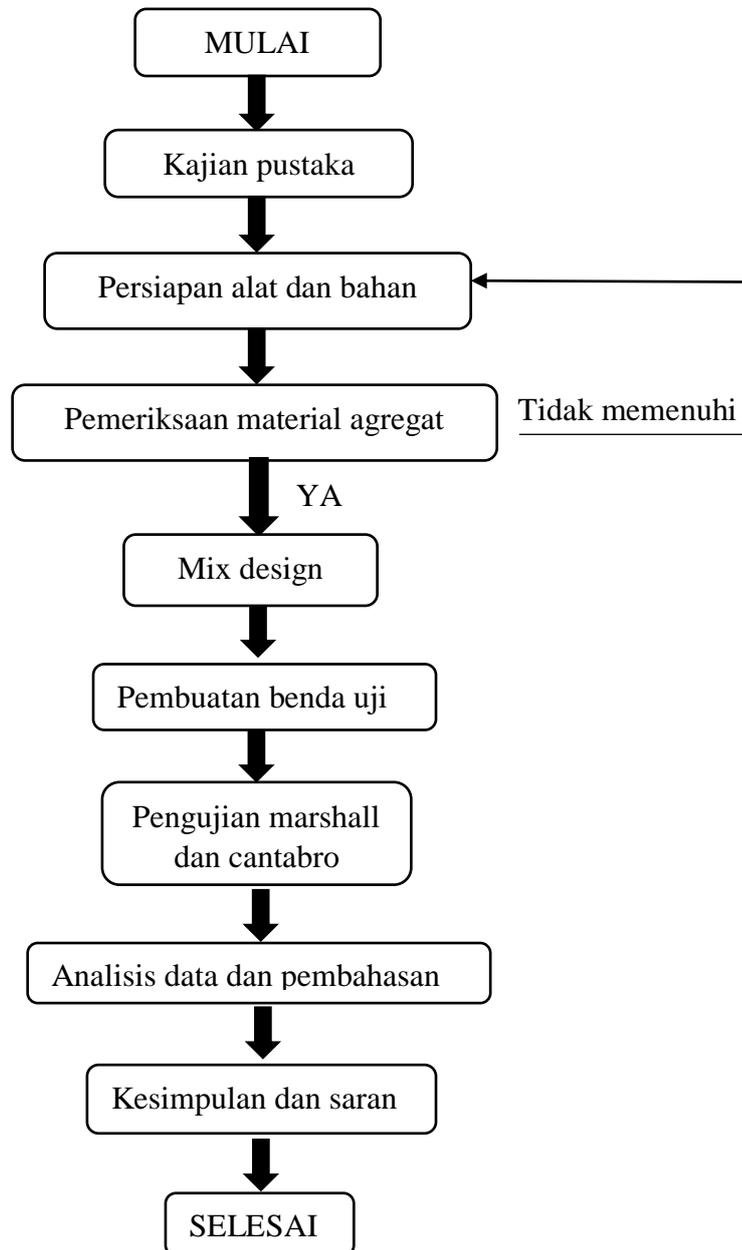
- a. Timbang dan catat briket benda uji.
- b. Rendam benda uji dalam air biasa selama ± 24 jam.
- c. Keluarkan benda uji setelah benda uji direndam selama ± 24 jam, kemudian timbang benda uji dalam air dan dalam keadaan kering permukaan.
- d. Selanjutnya benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) 30-40 menit pada suhu tetap 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$).
- e. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan di bagian bawah kepala tekanan (waktu yang diperlukan sejak sampel dikeluarkan dari bak perendam atau oven sampai beban maksimum tercapai tidak boleh melebihi 30 detik).
- f. Pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan seluruhnya di mesin uji.
- g. Pasang arloji pengukur alir (*flow*) pada posisinya di salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- h. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan dan benda uji dinaikkan sehingga menyentuh dasar cincin uji.

- i. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
 - j. Pembebanan dilakukan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai tercapai beban maksimum atau beban menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji dan catat pembebanan maksimum (*stabilitas*) yang dicapai.
 - k. Catat nilai aliran pada (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum pengukur arlir ketika beban maksimum telah tercapai.
- B. cara menguji Cantabro:
- a. Timbang dan catat benda uji.
 - b. Dalam pengujian, benda uji akan didiamkan pada suhu ruangan selama ± 24 jam.
 - c. Selanjutnya, masukkan benda uji ke dalam mesin abrasi Los Angeles dengan putaran 300 putaran tanpa menggunakan bola baja.
 - d. Kemudian menimbang dan mencatat benda uji setelah dilakukan pengujian.

III.5 Analisis data

Dalam penelitian ini, analisis data yang diperoleh dari hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel, grafik dan gambar yang kemudian dianalisis untuk data dalam penelitian ini guna mengetahui nilai karakteristik Marshal dan nilai karakteristik Marshal, abrasi.

III.6 Bagan alur penelitian



Gambar III. 2 Bagan alur penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil pengujian karakteristik material

IV.1.1 Hasil pengujian sifat fisik agregat

Secara keseluruhan, hasil pengujian sifat fisik agregat yang digunakan dalam penelitian ini memenuhi standar yang dipersyaratkan untuk pengendalian mutu agregat. Pengujian sifat fisik agregat ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar.

A. Sifat fisik agregat kasar

Dari hasil pengujian sifat fisik agregat kasar yang dilakukan sesuai dengan cara uji (SNI). Dengan hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel IV.1

Tabel IV. 1 Sifat-sifat fisik agregat kasar (cipping)

NO	Jenis Pengujian	Spesifikasi Bina Marga	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Penyerapan air (%)	Maks.3	2.91	Memenuhi (lampiran 1)
2	Berat jenis spesifik			Memenuhi (lampiran 1)
	a.berat jenis bulk	Maks.3	2.31	Memenuhi (lampiran 1)
	b.berat jenis SSD	Mkas.3	2.37	Memenuhi (lampiran 1)
	c.berat jenis semu	Maks.3	2.47	Memenuhi (lampiran 1)
3	keausan (%)	Maks.40	31.8	Memenuhi (lampiran 1)
4	indeks kepipihan (%)	Maks.30	24.8	Memenuhi (lampiran 3)
				Memenuhi (lampiran 4)

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, UNIFA

B. Sifat fisik agregat halus

Hasil pengujian sifat fisik agregat kasar dilakukan sesuai dengan metode pengujian Standar Nasional Indonesia (SNI). Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.2.

Tabel IV. 2 Sifat fisik agregat halus (pasir)

No	Pengujian	Nilai Spesifikasi Bina Marga	Hasil pengujian	Keterangan
1	Penyerapan air (%)	Maks.3	2.57	Memenuhi (lampiran 2)
2	Berat jenis spesifik			
	a.Berat jenis bulk	Maks.3	2.02	Mmenuhi
	b.Berat jenis SSD	Maks.3	2.06	(lampiran2)
	c.Berat jenis semu	Maks.3	2.12	Memenuhi (lampiran 2)
3	Kadar lumpur (%)	Maks.5	4.73	Memenuhi (lampiran 2) Memenuhi (lampiran 5)

Sumber: Hasil Pengujian Dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil UNIFA

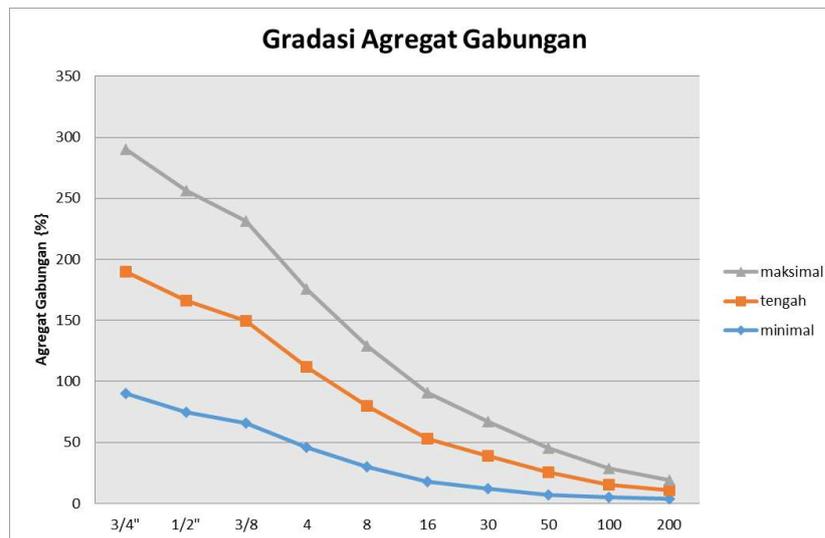
IV.2 Gradasi agregat gabungan

Penentuan gradasi agregat gabungan menurut Peraturan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum

Tabel IV. 3 Gradasi agregat gabungan

SIEVE NOMOR		3/4	1/2	3/8	No. 4	No. 8	No.16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
BATU PECAH	% PASS	100.00	86.33	74.67	47.67	23.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65	% BATCH	65	56.12	48.53	30.98	14.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PASIR	% PASS	100	100	100	100	100.00	100.00	77.00	53.00	30.00	20.00
30	% BATCH	30	30	30	30	30	30	23.1	15.9	9	6
DEBU BATU	% PASS	100	100	100	100	100.00	100.00	74.00	51.00	28.00	20.00
5	% BATCH	5	5	5	5	5	5	3.7	2.55	1.4	1
AGREGAT GABUNGAN		100	91.12	83.53	65.98	49.95	35.00	26.80	18.45	10.40	7.00
SPESIFIKASI		100	90-100	77-90	53-69	33-53	21-40	14-30	9-22	6-15	4-9'

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, UNIFA



Gambar IV. 1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan

Tabel IV.3 menunjukkan bahwa gradasi agregat gabungan dalam penelitian ini telah memenuhi nilai dalam Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum. Persentase masing-masing yang digunakan dalam penelitian ini adalah agregat kasar, agregat halus, *filler* dan tingkat penetrasi aspal minyak 60/70 sebesar 5,5%.

IV. 3 Pengujian campuran aspal

IV. 3.1 Marshall test

Pengujian Marshall ini menunjukkan hasil nilai VIM, VMA, VFB, Stability, flow dan Marshall Quotient dari campuran aspal benda uji.

Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Nilai Marshall Test

Variasi bahan tambah Sabut Kelapa	No. Sampel	Nilai Hasil Pengujian Marshall					
		VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (Mm)	MQ (Kg/Mm)
0%	1	8.12	19.85	59.11	868	2.50	347.20
	2	3.34	15.69	78.69	1054	2.30	458.26
	3	8.55	20.23	57.74	1116	4.80	232.50
Rata-rata		6.67	18.59	65.18	1012.67	3.20	345.99
3.5%	1	9.10	20.71	56.06	1085.00	2.35	461.70
	2	6.40	18.35	65.14	1116.00	4.50	248.00
	3	9.31	20.89	55.45	930.00	4.30	216.28
Rata-rata		8.27	19.98	58.88333	1043.67	3.72	308.66
4.5%	1	10.95	22.32	50.95	992.00	4.80	206.67
	2	10.27	21.73	52.75	1023.00	2.90	352.76
	3	9.54	21.09	15.7	1147.00	2.55	449.80
Rata-rata		10.25	21.71	39.80	1054.00	3.42	336.41
5.5%	1	10.78	22.17	51.39	930.00	3.20	290.63
	2	7.56	19.37	60.97	1457.00	2.80	520.36
	3	10.70	22.11	51.59	1109.00	2.50	443.92
Rata-rata		9.68	21.22	54.65	1165.33	2.83	418.30

Sumber: Hasil Pengujian Dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, UNIFA

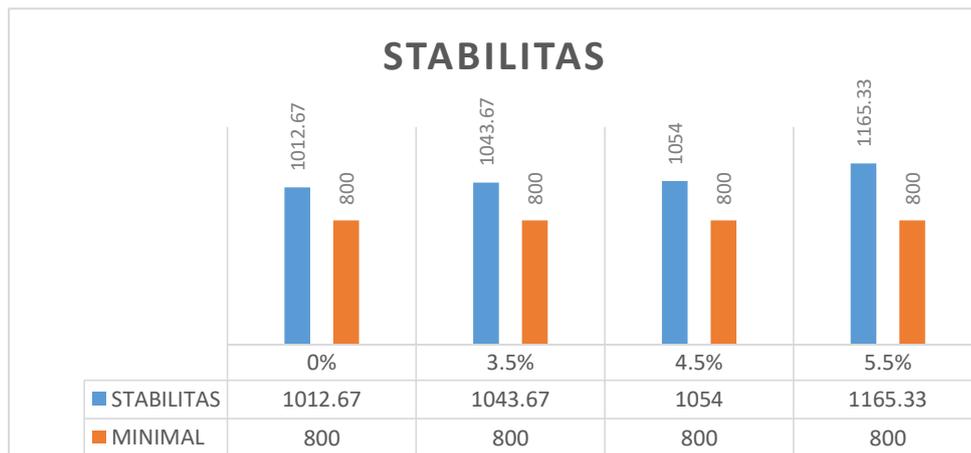


Gambar IV. 2 Alat Pengujian Marshall Test

A. Stabilitas

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018, yang menunjukkan bahwa nilai minimal pada stabilitas adalah 800 Kg. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar IV.3 Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$\text{Stabilitas} = O \times Q = 140 \times 6,20 = 868$$



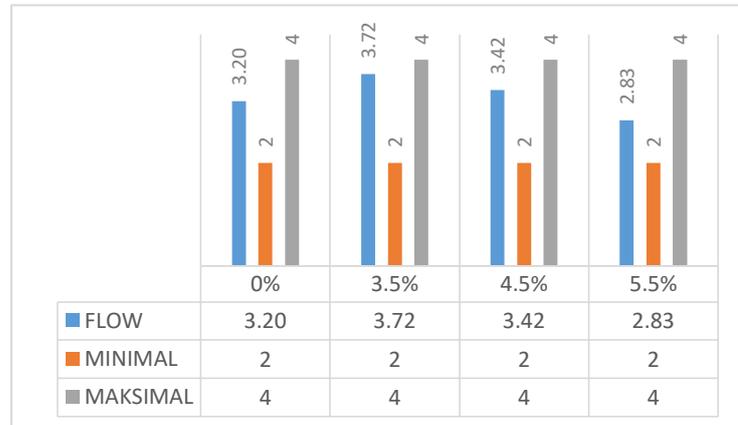
Gambar IV. 3 Hubungan Variasi Serbuk Arang Tempurung Kelapa Dengan Stabilitas

Dari Tabel IV.4 dapat dilihat pada Gambar IV.3 hubungan antara variasi serbuk arang tempurung kelapa (%) dan stabilitas. Variasi filler serbuk tempurung arang kelapa, untuk variasi 0% adalah 1012,67 kg, untuk variasi 3,5% adalah 1043,67 kg, untuk variasi 4,5% adalah 1054 kg dan untuk variasi 5,5% adalah 1165,33 kg. Nilai stabilitas yang diperoleh telah memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga, sehingga bahan pengisi serbuk tempurung arang kelapa dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-WC.

B. Kelelehan (*Flow*)

Untuk arloji pembacaan flow didapatkan nilai dalam satuan mm, dengan kadar aspal optimum sebesar 5,5%, penambahan variasi serbuk arang tempurung kelapa sebanyak 0%, 3,5%, 4,5% ,dan 5,5%.

Berdasarkan nilai Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 yang mengisyaratkan untuk nilai kelelehan (*flow*) adalah 2-4 mm. Hal ini dapat dilihat pada Gambar IV.4 dari hasil pengujian dan perhitungan.



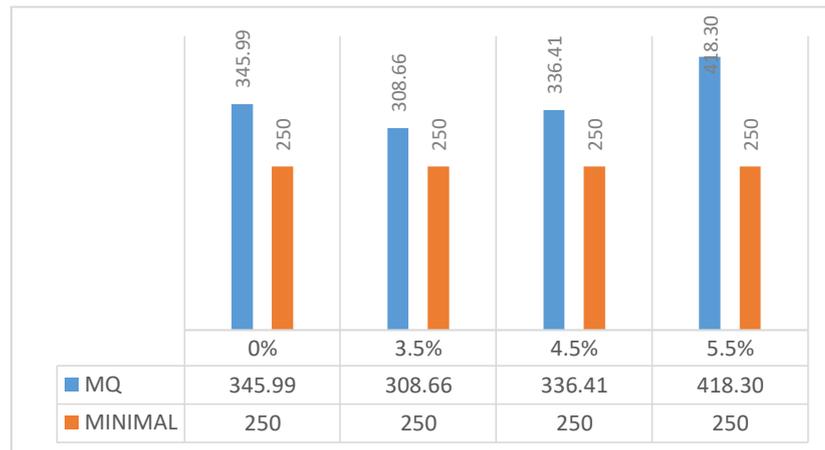
Gambar IV. 4 Hubungan variasi filler Serbuk Tempurung Arang dengan flow

Terlihat Pada Gambar IV.4 hubungan antara variasi srbuk tempurung arang kelapa dengan Flow. Variasi filler serbuk arang tempurung kelapa untuk variasi 0% adalah 3,20 mm, untuk variasi 3,5% adalah 3,72 mm, untuk variasi 4,5% adalah 3,42 mm, dan variasi 5,5 adalah 2,83 mm. Nilai flow yang diperoleh telah memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga, sehingga bahan variasi serbuk arang tempurung kelapa dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-WC.

C. Marshall Quotient (*MQ*)

Berdasarkan hasil pengujian nilai Marshall Quitient pada spesifikasi Bina Marga, dengan kadar aspal optimum sebesar 5,5% dan penambahan variasi filler serbuk arang tempurung kelapa yaitu 0%, 3,5%, 4,5, dan 5,5% di lihat pada gambar IV.5 Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$MQ = \frac{\text{Stabilitas}}{\text{Flow}} = \frac{868}{2,50} = 347,2$$



Gambar IV. 5 Hubungan variasi filler arang tempurung kelapa dengan (MQ)

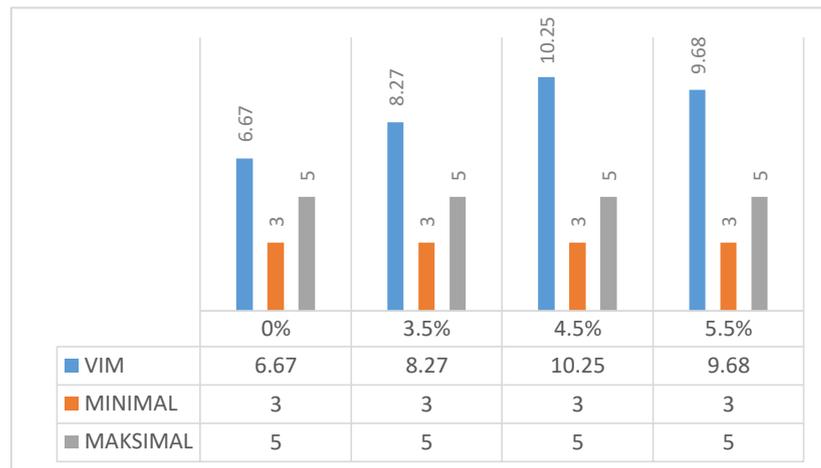
Terlihat pada Gambar IV.5 hubungan antara nilai variasi filler serbuk arang tempurung kelapa dengan variasi nilai Marshall Quotient. Variasi filler serbuk arang tempurung kelapa untuk variasi 0 % sebesar 345,99kg, untuk variasi 3,5% sebesar 308,66 kg, untuk variasi 4,5% sebesar 336,41 kg dan untuk variasi 5,5% sebesar 418,30 kg. Nilai Marshall Quotient yang diperoleh memenuhi standar spesifikasi bina marga, sehingga variasi filler serbuk arang tempurung kelapa dapat digunakan pada aspal AC-WC.

D. VIM (*Void In Mineral*)

VIM merupakan rongga udara dalam campuran. Perkerasan aspal terdiri dari celah udara antara partikel agregat yang tertutup aspal. Dan dinyatakan dalam % (persentase).

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 nilai rongga campuran (VIM) diisyaratkan antara 3-5%. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan nilai VIM terlihat pada Gambar IV.6. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} = 100 \times \frac{2,47 - 2,27}{2,47} = 8,097$$



Gambar IV. 6 Hubungan variasi filler Serbuk Arang Tempurung Kelapa dengan VIM

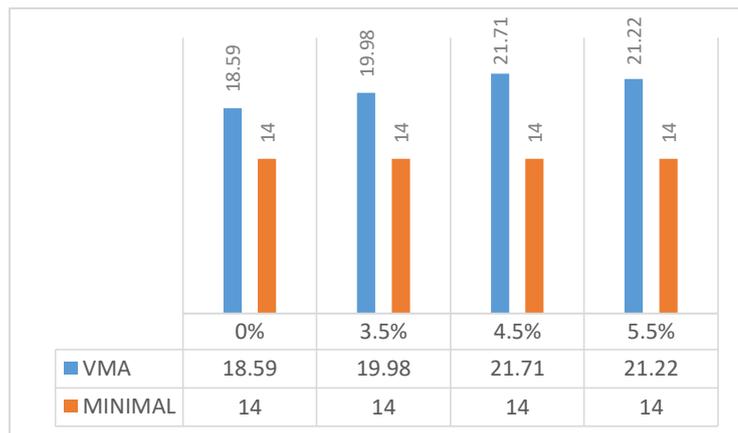
Terlihat pada Gambar IV.6 hubungan antara nilai variasi Serbuk arang tempurung kelapa (%) dan VIM %. Nilai variasi serbuk arang tempurung kelapa untuk variasi 0% sebesar 6.67%, untuk variasi 3.5% sebesar 8.27%, untuk variasi 4.5% sebesar 10.25% dan untuk variasi 5.5% sebesar 9.68%. Dari nilai VIM yang diperoleh tidak memenuhi standar spesifikasi bina marga, sehingga variasi filler serbuk arang tempurung kelapa tidak dapat di gunakan pada aspal AC-WC.

E. VMA (*Void In Mineral Agregate*)

VMA adalah rongga antara partikel agregat pada perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal yang efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap oleh agregat), dan dinyatakan dalam % (persen).

Dari penelitian yang dilakukan, hasil nilai VMA terlihat pada Gambar IV.7. Spesifikasi Bina Marga 2018 yang menunjukkan nilai VMA minimal 14%. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$VMA = 100 \times Total \ v. \ agregat = 100 \times 80,15 = 19,85$$



Gambar IV. 7 Hubungan variasi filler serbuk arang tempurung kelapa dengan VMA

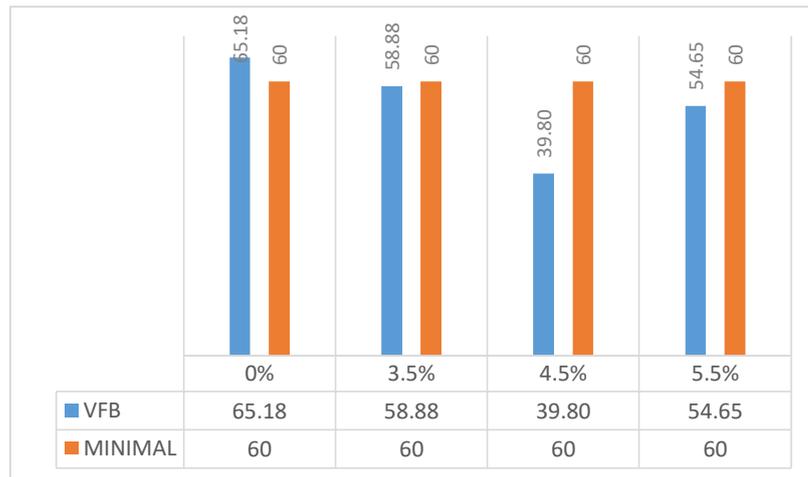
Terlihat pada Gambar IV.7 hubungan antara nilai variasi serbuk arang tempurung kelapa (%) dan VMA (%). Nilai variasi serbuk arang tempurung kelapa untuk variasi 0% adalah 18.59%, untuk variasi 3.5% adalah 19.98%, untuk variasi 5.5% sebesar 21.71 dan untuk variasi 5.5% sebesar 21.22%. nilai VMA yang diperoleh telah memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga, sehingga variasi serbuk arang tempurung kelapa dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-WC.

F. VFB (Void Filler In Bitumen)

VFB adalah persentase rongga antara partikel agregat yang diisi dengan bitumen, oleh karena itu VFB adalah bagian dari VFB yang diisi dengan bitumen, tidak termasuk bitumen yang diserap oleh masing-masing agregat. Dinyatakan dalam persen.

Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018, nilai VFB minimal 60%. Hasil VFB dapat dilihat pada Gambar IV.8. Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$VFB = 100 \frac{VMA - VIM}{VMA} = 100 \times \frac{19,85 - 8,12}{19,85} = 59,09$$



Gambar IV. 8 Hubungan variasi filler serbuk arang tempurung kelapa dengan VFB

Telihat pada Gambar IV.8 pada variasi filler serbuk arang tempurung kelapa yaitu 0% sebesar 65,18% telah memenuhi Spesifikasi Bina Marga, namun pada variasi 3.5%, sebesar 58,88%, 4.5% sebesar 39,80% dan 5.5% sebesar 54,65% tidak memenuhi Spesifikasi Bina Marga Penambahan variasi filler serbuk arang tempurung kelapa mengakibatkan penurunan nilai VFB. Penurunan nilai VFB disebabkan oleh peningkatan nilai VMA. Semakin besar nilai rongga antar agregat VMA maka persentase rongga yang terisi aspal yang menutupi agregat akan semakin kecil.

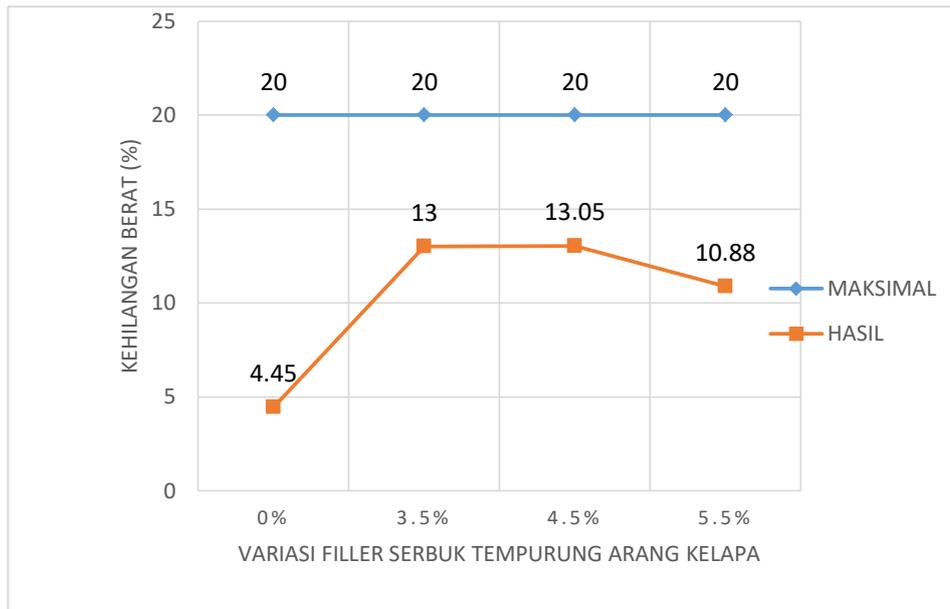
IV.4 Pengujian cantabro

Tes Cantabro menggambarkan ketahanan aus dari suatu objek yang diuji dengan mesin Los Angels. Sebelum ditempatkan di mesin Los Angels, berat awal benda uji ditimbang setelah benda uji dimuat ke dalam mesin Los Angels. Pengujian cantabro akan memberikan suatu gambaran sejauh mana perkerasan aspal menahan gesekan antar roda pada permukaan jalan. Dari hasil pengujian, berdasarkan spesifikasi yang disarankan oleh Bina marga, bahwa nilai penurunan berat cantabro tidak boleh melebihi 20%. Uji Cantabro menunjukkan kekuatan suatu benda uji. Semakin rendah nilai keausan, semakin kuat benda uji. Terlihat pada Tabel IV. 5

Tabel IV. 5 Hasil Nilai Pengujian Cantabro

Gradasi	bahan tambah sabut kelapa	Sample	Kadar Aspal	Berat Sebelum Pengujian (Mo)	Berat Setelah Pengujian (Mi)	Kehilangan Berat	Rata-Rata Kehilangan Berat		Spesifikasi	
						Mo-Mi	(Mo-Mi) x 100			
Tipe	%	No.	%	gr	gr	(gr)	Mo	(%)	%	
BINA MARGA	0	1	5.5	1166	1146	20		1.715	Max. 20	
		2		1160	1127	33		2.845		
		3		1185	1081	104		8.776		
	Rata-rata				1170.33	1118.00	52.33		4.45	
	3.5	5.5	1	1218	1052	166		13.629	Max. 20	
			2	1222	1116	106		8.674		
			3	1215	1012	203		16.708		
	Rata-rata				1218.33	1060.00	158.33		13.00	
	4.5	5.5	1	1222	1086	136		11.129	Max. 20	
			2	1215	1054	161		13.251		
			3	1211	1032	179		14.781		
	Rata-rata				1216.00	1057.33	158.67		13.05	
	5.5	5.5	1	1226	1118	108		8.809	Max. 20	
			2	1225	1080	145		11.837		
3			1225	1078	147		12.000			
Rata-rata				1225.33	1092.00	133.33		10.88		

Sumber: Hasil pengujian dan perhitungan laboratorium Teknik sipil, UNIFA



Gambar IV. 9 Hubungan variasi filler serbuk arang tempurung kelapa dan Cantabro

Dari Tabel IV.4 dapat dilihat pada Gambar IV.8 hubungan antara variasi filler serbuk arang tempurung kelapa (%) dan cantabro (%). Nilai variasi filler serbuk arang tempurung kelapa yaitu 0% sebesar 4.45%, untuk variasi 3.5% sebesar 13.00%, untuk variasi 4.5% sebesar 13.05 dan untuk variasi 5.5% sebesar 10.88%. Nilai kehilangan berat yang telah diperoleh telah memenuhi Spesifikasi Standar Bina Marga.

Berdasarkan hasil di atas, spesifikasi yang telah di syaratkan bina marga untuk campuran aspal tidak boleh lebih dari 20%. Dari hasil di atas telah memenuhi batas nilai kehilangan berat (cantabro test), sehingga dapat dikatakan telah memenuhi Spesifikasi Standar Bina marga

Maka dapat di simpulkan bahwa nilai kehilangan berat terkecil terdapat pada campuran aspal pada variasi 0% dengan nilai rata-rata 4,45 kemudian nilai kehilangan berat terbesar terdapat pada variasi 4,5% dengan berat kehilangan sebanyak 13,05. Dapat di lihat pada gambar IV.9.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Pada pengujian karakteristik marshall pada penggunaan serbuk arang tempurung kelapa sebagai bahan tambah filler tidak semuanya memenuhi spesifikasi. Dikarenakan pada pengujian VIM nilai yang diperoleh melebihi dari persyaratan standar bina marga yang diisyaratkan yaitu minimal 3% dan maksimal 5% sedangkan hasil yang diperoleh pada variasi 0% sebesar 6.67% untuk variasi 3.5% sebesar 8.27% untuk variasi 4.5% sebesar 10.25% dan untuk variasi 5.5% sebesar 9.68%. jadi pengujian VIM ini tidak memenuhi spesifikasi, kemudian pada pengujian VFB juga tidak memenuhi spesifikasi Bina marga dikarenakan tidak mencapai nilai yang ditentukan yaitu 60% sedangkan hasil yang didapatkan pada variasi 0% sebesar 65.18% untuk variasi 3.5% sebesar 58.88% untuk variasi 4.5% sebesar 39.80%, dan untuk variasi 5.5% sebesar 54.65% sedangkan pada pengujian Stabilitas, Flow, VMA, dan MQ, telah memenuhi spesifikasi bina marga yang ditentukan.

Pada pengujian *Cantabro Tests* menggunakan spesifikasi Bina Marga yang menggunakan limbah serbuk karang tempurung kelapa dengan variasi nilai rata - rata yaitu 0% sebesar 4.45%, untuk variasi 3.5% sebesar 13.00%, untuk variasi 4.5% sebesar 13.05 dan untuk variasi 5.5% sebesar 10.88%. Nilai rata-rata yang dihasilkan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan yaitu dengan nilai kehilangan berat maksimal 20%.

V.II Saran

1. Perlu dilakukan lebih banyak penelitian lanjutan untuk meningkatkan nilai dari pengujian Vim.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi yang berbeda pada substitusi serbuk karang tempurung kelapa.
3. Perlu menentukan kadar aspal optimu

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Rizqi Muyassar & Syarwan & Edi Majuar (2021) Subtitusi Tempurung Kelapa Sebagai Agregat Halus Terhadap Campuran Laston AC-BC.
- Bina Marga Pekerjaan Umum (2018) Spesifikasi Pengujian Marshall Test.
- Departemen Pekerjaan Umum, Spesifikasi Umum Bina Marga, Devisi 6, Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar, 2010.
- Fachruddin Sopalauw & Suharno (1998) Evaluasi Penggunaan Tempurung Kelapa Sawit Sebagai Fraksi Agregat Halus Dalam Campuran HRS-B.
- Isnanda & Sofyan M. Saleh & Muhammad Isya (2018) Pengaruh Subtitusi Polysterene (PS) Dan Abu Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC.
- Mashuri (2005) Pengaruh Penggunaan Serbuk Arang Tempurung Kelapa Dan Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal.
- Misbakhul Fitria Nur & Eding Iskak Imananto & Agus Prajitno (2017) Pemanfaatan Serbuk Arang Batok Kelapa Sebagai Bahan Tambah Dengan Filler Abu Batu Untuk Meningkatkan Kinerja Karakteristik Beton Aspal (AC-WC).
- Moch.Shodiq Zamroji & Kurnia Hadi Putra (2020) Modifikasi Campuran *Hotroller Sheet-WC* Dengan Serbuk Arang Tempurung Kelapa.
- Nugroho Utomo & Chaidir Furqoni Sihabudin Romadlon (2019) Pemanfaatan Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Pengisi Sebaga Material Campuran Perkerasan Jalan.
- Triyanto Suparlan & Dede Sumarna & Safitri Syarief (2017) Studi Penggunaan Variasi Filler LimbahSerbuk Arang Tempurung Kelapa Dan Abu Batu Terbang Batu Bara Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapisan Pondasi Atas (AC-Base).
- Zainal Abidin & Bunyamin & Febrina Dian Kurniasari (2020) Uji Marshall Pada

Campuran Aspal AC-WC Dengan Subtitusi Filler.

Sukirman, S., (2003), Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Jakarta.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 1 PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENERAPAN AIR
AGREGAT KASAR

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 2500 gr

Agregat Kasar : Chipping

NO. CONTOH		Hasil
Berat contoh kering oven (gr)	A	2339.50
Berat contoh kering permukaan (gr)	B	2412.00
Berat contoh dalam air (gr)	C	1394.00
Berat jenis bulk (atas dasar kering oven)	$\frac{A}{B - C}$	2.31
Berat jenis bulk (atas dasar kering permukaan)	$\frac{B}{B - C}$	2.37
Berat jenis semu	$\frac{A}{A - C}$	2.47
Penyerapan air	$\frac{B - A}{A} \times 100\%$	2.91

Makassar, Januari 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 2 PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AIR
AGREGAT HALUS

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 500 gr

Agregat Kasar : pasir

NO. CONTOH		Hasil
Berat contoh kering oven (gr)	A	487.50
Berat contoh kering permukaan (gr)	B	663.00
Berat contoh dalam air (gr)	C	878.50
Berat jenis bulk (atas dasar kering oven)	$\frac{A}{B - C}$	2.02
Berat jenis bulk (atas dasar kering permukaan)	$\frac{B}{B - C}$	2.06
Berat jenis semu	$\frac{A}{A - C}$	2.12
Penyerapan air	$\frac{B - A}{A} \times 100\%$	2.57

Makassar, Januari 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 3 PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT KASAR

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 500 gr

Agregat Kasar : Chipping

Gradasi Saringan		No. Sampel			
		I		II	
Lolos	Tertahan	A	B	C	D
		Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)	Berat Sebelum (gr)	Berat Sesudah (gr)
3/4"	1/2"	2500	3050	2500	3770
1/2"	3/8"	2500		2500	
Jumlah Berat (gram)		5000		5000	
Berat Tertahan Saringan No. 12 (gram)		3050		3770	
Keausan $\frac{A - B}{A} \times 100\%$		$\frac{5000 - 3050}{5000} \times 100\% = 39.00\%$		$\frac{5000 - 3770}{5000} \times 100\% = 24.60\%$	
Rata - rata		31.80%			

Makassar, Januari 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 4 PEMERIKSAAN INDEKS KEPIPIHAN AGREGAT KASAR

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000 gr

Agregat Kasar : Chipping

Nomor	Gradasi Saringan		Ukuran Thickness Gauge		Berat Lolos Slot (Gram)	Berat Ter-tahan Slot (Gram)	Total Berat (Gram)
			Lebar (mm)	Panjang (mm)			
			A	B	C		
I	3/4"	1/2"	6.67	38.2	110	390	500
II	1/2"	3/8"	4.8	25.4	138	362	500
T o t a l					248	752	1000
Indeks Kepipihan = $\frac{\text{Total Berat A}}{\text{Total Berat C}} \times 100 \%$					$\frac{248}{1000} \times 100\% = 24.8\%$		

Makassar, Januari 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 5 PEMERIKSAAN KADAR LUMPUR AGREGAT HALUS

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Agregat Kasar : Pasir

A. Volume Lumpur	= 9 ml
B. Volume Total (lumpur + pasir)	= 190 ml

$$\text{Kadar lumpur} = \frac{A}{B} \times 100\% = 4,73$$

$$\frac{9}{190} \times 100\% = 4,73$$

Makassar, Januari 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 6 PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1500 gr

Agregat Kasar : Chipping

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	204,00	204,00	13,60	86,40
3/8"	265,00	469,00	31,27	68,73
4	352,00	821,00	54,73	45,27
8	393,00	1214,00	80,93	19,07
16	286,00	1500,00	100,00	0,00
30	0,00	1500,00	100,00	0,00
50	0,00	1500,00	100,00	0,00
100	0,00	1500,00	100,00	0,00
200	0,00	1500,00	100,00	0,00
PAN	0,00	1500,00	100,00	0,00

Makassar, Januari 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 7 PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT
HALUS/PASIR

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000 gr

Agregat Halus : Pasir

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	100,00
8	103,00	103,00	10,30	89,70
16	217,00	320,00	32,00	68,00
30	215,00	535,00	53,50	46,50
50	223,00	758,00	75,80	24,20
100	90,00	848,00	84,80	15,20
200	87,00	935,00	93,50	6,50
PAN	65,00	1000,00	100,00	0,00

Makassar, Januari 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 8 PEMERIKSAAN ANALISA SARINGAN AGREGAT
HALUS/ABU BATU

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Berat Bahan : 1000 gr

Agregat Halus : Abu Batu

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
3/4"	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00
4	0,00	0,00	0,00	100,00
8	150,00	150,00	15,00	85,00
16	169,00	319,00	31,90	68,10
30	198,00	517,00	51,70	48,30
50	121,00	638,00	63,80	36,20
100	100,00	738,00	73,80	26,20
200	210,00	948,00	94,80	5,20
PAN	52,00	1000,00	100,00	0,00

Makassar, Januari 2022

Mengetahui

Kordinator Laboratorium

Dr. Erdawaty, ST., MT.



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No.101 Makassar 90231

Lampiran 9 Analisa Data Bricket Gradasi Bina Marga

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian : Karakteristik Agregat

Penelitian : Tugas Akhir

Kadar Aspal : 5,5 %

ANALISA DATA											
Kadar aspal	=	5.5%									
Material Chipping	=	(	100%	-	5.5%	)	x	65%	x	1200	= 737.1
3/4	=	(	100%	-	100.00%	)	x	963.9	=	0.00	gram
1/2	=	(	100.00%	-	86.33%	)	x	737.1	=	100.76	gram
3/8	=	(	86.33%	-	74.67%	)	x	737.1	=	85.95	gram
no. 4	=	(	74.67%	-	47.67%	)	x	737.1	=	199.02	gram
no. 8	=	(	47.67%	-	23.00%	)	x	737.1	=	181.84	gram
no. 16	=	(	23.00%	-	0.00%	)	x	737.1	=	169.53	gram
no. 30	=	(	0.00%	-	0.00%	)	x	737.1	=	0.00	gram
no. 50	=	(	0.00%	-	0.00%	)	x	737.1	=	0.00	gram
no. 100	=	(	0.00%	-	0.00%	)	x	737.1	=	0.00	gram
no. 200	=	(	0.00%	-	0.00%	)	x	737.1	=	0.00	gram
PAN	=	(	0.00%	-	0.00%	)	X	737.1	=	0.00	gram
Material pasir	=	(	100%	-	5.5%	)	x	30%	x	1200	= 340.2
3/4	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram
1/2	=	(	100%	-	100%	)	x	340.2	=	0.00	gram
3/8	=	(	100%	-	100%	)	x	340.2	=	0.00	gram
no. 4	=	(	100%	-	100%	)	x	340.2	=	0.00	gram
no. 8	=	(	100%	-	100%	)	x	340.2	=	0.00	gram
no. 16	=	(	100%	-	100%	)	x	340.2	=	0.00	gram
no. 30	=	(	100%	-	77.00%	)	x	340.2	=	78.25	gram
no. 50	=	(	77.00%	-	53.00%	)	x	340.2	=	81.65	gram
no. 100	=	(	53.00%	-	30.00%	)	x	340.2	=	78.25	gram
no. 200	=	(	30.00%	-	20.00%	)	x	340.2	=	34.02	gram
PAN	=	(	20.00%	-	0.00%	)	X	340.2	=	68.04	gram

Material abu batu	=	(	100%	-	5.5%	)	x	5%	x	1200	=	56.7
3/4	=	(	100%	-	100%	)	x	113.4	=	0.00	gram	
1/2	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram	
3/8	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram	
no. 4	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram	
no. 8	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram	
no. 16	=	(	100%	-	100%	)	x	56.7	=	0.00	gram	
no. 30	=	(	100%	-	74.00%	)	x	56.7	=	14.74	gram	
no. 50	=	(	74.00%	-	51.00%	)	x	56.7	=	13.04	gram	
no. 100	=	(	51.00%	-	28.00%	)	x	56.7	=	13.04	gram	
no. 200	=	(	28.00%	-	20.00%	)	x	56.7	=	4.54	gram	
PAN	=	(	20.00%	-	0.00%	)	X	56.7	=	11.34	gram	



Lampiran 10 Analisis nilai Variasi filler Serbuk Arang Tempurung Kelapa

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian :

Penelitian : Tugas Akhir

Variasi Filler Serbuk Arang Tempurung Kelapa	Berat
3.5%	42
4.5%	54
5.5%	66



**LABORATORIUM JALAN RAYA DAN ASPAL
TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR**

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 11 Analisis Data Pengujian Marshall Test

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian :

Variasi Agregat	No. Sample	Kadar Aspal terhadap		Berat (Gram)		Volume	Bj. Bulk	Maksimu	% Total Volume			Rongga Dalam	Rongga Terisi	Stabilitas - Kg		Kelelahan	Quotient				
		Di udara		dim air	K.perm	Benda	Campura	Campuran	Eff. Aspal	Agregat	Rongga Udara	Camp.Agr (%)	Aspal (%)	Dibaca	Diseuaikan	mm	Marshall				
		(in air)	(in water)	(SSD)	Uji	n	Campuran	Unit Weight (Gmm)			VMA	VTB	VIM	Stability		Flow	(Kg/mm)				
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	
0%	1	5.5	5.82	1163	650	1166	510	2.27	2.47	11.74	80.15	19.85	59.11	8.12	0.76	140.00	6.20	888.00	888.00	2.50	347.20
	2	5.5	5.82	1173	682	1174	491	2.39	2.47	12.35	84.31	15.69	78.63	3.34	0.76	170.00	6.20	1054.00	1054.00	2.30	488.26
	3	5.5	5.82	1184	673	1156	511	2.26	2.47	11.68	79.77	20.23	57.74	8.85	0.76	180.00	6.20	1105.00	1105.00	4.80	232.50
		Rata-rata		1173.3	668.33	1165.3	505	2.31	2.47	11.92	81.41	18.59	65.18	6.67	0.76	163.33	6.20	1012.67	1012.67	3.20	345.99
3.5%	1	5.5	5.82	1210	671	1212	539	2.25	2.47	11.61	79.29	20.71	56.06	9.10	0.76	175.00	6.20	1085.00	1085.00	2.35	461.70
	2	5.5	5.82	1211	688	1211	523	2.32	2.47	11.96	81.65	18.35	65.14	6.40	0.76	180.00	6.20	1116.00	1116.00	4.50	248.00
	3	5.5	5.82	1212	670	1216	542	2.24	2.47	11.58	79.11	20.89	55.45	9.31	0.76	150.00	6.20	930.00	930.00	5.50	169.09
		Rata-rata		1211	676.33	1213	534.67	2.27	2.47	11.72	80.02	19.98	58.88	8.27	0.76	168.33	6.20	1043.67	1043.67	4.12	292.93
4.5%	1	5.5	5.82	1215	663	1216	552	2.20	2.47	11.37	77.68	22.32	50.95	10.95	0.76	160.00	6.20	992.00	992.00	4.80	206.67
	2	5.5	5.82	1210	664	1212	546	2.22	2.47	11.46	78.27	21.73	52.75	10.27	0.76	165.00	6.20	1023.00	1023.00	2.90	352.76
	3	5.5	5.82	1230	679	1233	551	2.24	2.47	11.31	78.91	21.09	15.70	9.54	0.76	165.00	6.20	1147.00	1147.00	5.10	224.90
		Rata-rata		1218.3	668.67	1220.3	549.67	2.22	2.47	11.42	78.28	21.72	39.80	10.25	0.76	170.00	6.20	1054.00	1054.00	4.27	261.44
5.5%	1	5.5	5.82	1235	675	1236	560	2.21	2.47	11.40	77.83	22.17	51.39	10.78	0.76	160.00	6.20	930.00	930.00	3.20	290.63
	2	5.5	5.82	1226	689	1228	537	2.29	2.47	11.81	80.63	19.37	60.97	7.56	0.76	235.00	6.20	1457.00	1457.00	2.80	520.36
	3	5.5	5.82	1224	669	1226	555	2.21	2.47	11.41	77.89	22.11	51.59	10.70	0.76	179.00	6.20	1109.80	1109.80	2.50	443.92
		Rata-rata		1228.3	677.67	1230	550.67	2.23	2.47	11.54	78.78	21.22	54.65	9.68	0.76	188.00	6.20	1165.60	1165.60	2.83	418.30



LABORATORIUM JALAN RAYA DAN ASPAL
TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 12 Analisis Data Pengujian Cantabro

Dikerjakan : William Andreas Aser

Diperiksa :

Pengujian :

Penelitian : Tugas Akhir

Gradasi	bahan tambah sabot kelapa	Sample	Kadar Aspal	Berat Sebelum Pengujian (Mo)	Berat Setelah Pengujian (Mi)	Kehilangan Berat	Rata-Rata Kehilangan Berat			Spesifikasi
						Mo-Mi	(Mo-Mi) Mo	x	100	
Type	%	No.	%	gr	gr	(gr)				%
BINA MARGA	0	1	5.5	1166	1146	20	1.715			Max. 20
		2		1160	1127	33	2.845			
		3		1185	1081	104	8.776			
		Rata-rata		1170.33	1118.00	52.33	4.45			
	3.5	1	5.5	1218	1052	166	13.629			Max. 20
		2		1222	1116	106	8.674			
		3		1215	1012	203	16.708			
		Rata-rata		1218.33	1060.00	158.33	13.00			
	4.5	1	5.5	1222	1086	136	11.129			Max. 20
		2		1215	1054	161	13.251			
		3		1211	1032	179	14.781			
		Rata-rata		1216.00	1057.33	158.67	13.05			
5.5	1	5.5	1226	1118	108	8.809			Max. 20	
	2		1225	1080	145	11.837				
	3		1225	1078	147	12.000				
	Rata-rata		1225.33	1092.00	133.33	10.88				

Lampiran 13 Dokumentasi Penelitian



Proses pembakaran tempurung kelapa



Serbuk arang tempurung kelapa



Proses penumbukan arang tempurung kelapa menjadi filler



Proses pencucian agregat halus



Proses pencucian agregat kasar



Proses penjemuran agregat kasar dan halus



Proses penyaringan agregat kasar dan halus



Proses penimbangan agregat kasar dan halus



Proses mix design



Proses pemadatan benda uji



Benda uji setiap variasi



Proses penimbangan sampel dalam air



Proses penimbangan sampel dalam keadaan SSD



Proses perendaman sampel dalam water bath



Proses penimbangan benda uji sebelum pengujian cantabro



Broses pengujian cantabro



Benda uji sesudah pengujian cantabro