

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH STRAPPING BAND
TERHADAP PERKERASAN ASPAL AC-BC**

TUGAS AKHIR

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

Oleh

Muh. Azfar Kais

1820121116



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS FAJAR

2022

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH STRAPPING
BAND TERHADAP PERKERASAN ASPAL AC-BC**

Oleh :

MUH. AZFAR KAIS

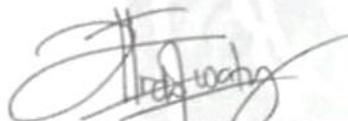
1820121116

Menyetujui

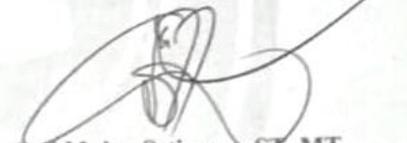
Tanggal, 12 Desember 2022

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Dr. Erdawaty, S.T., M.T.



Asri Mulva Setiawan, S.T., M.T.

NIDN : 0921047802

NIDN : 0921118801

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Fajar

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Universitas Fajar



Prof. Dr. Ernati, S.T., M.T.



Fatmawaty Rachim, S.T., M.T.

NIDN : 0906107701

NIDN : 0919117903

PERNYATAAN ORISINALITAS

Penulis dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir :

“Pengaruh Penambahan Limbah Strapping Band terhadap Perkerasan Aspal AC-BC” adalah karya orisinal saya dan setiap serta sumber acuan telah ditulis sesuai dengan panduan penulisan ilmiah yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Makassar 12 Desember 2022



ABSTRAK

Pengaruh Penambahan Limbah Strapping Band Terhadap Perkerasan Aspal AC-BC, Muh. Azfar Kais. Konstruksi jalan di Indonesia pada umumnya menggunakan campuran aspal beton karena dalam campuran ini menghasilkan lapisan perkerasan yang kedap air dan tahan lama. Lapis permukaan pada aspal beton cenderung cepat mengalami kerusakan karena lapis permukaan menahan langsung beban kendaraan yang melewati jalan tersebut. Menurut penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, beragam jenis plastik dapat menjadi bahan aditif dalam campuran beraspal. Ini meningkatkan nilai kekuatan dari aspal tersebut. Sejalan dengan Indonesia yang menduduki peringkat kedua penghasil limbah plastik dan meningkatnya Indonesia dalam bidang infrastruktur terutama di bidang jalan, peran plastik dapat dibutuhkan dalam hal ini. Untuk mengurangi jumlah kebutuhan aspal sebagai bahan dasar, maka dicari bahan tambahan contohnya menggunakan plastik. Bahan yang digunakan adalah limbah plastik jenis HDPE (*Higt density polyethylene*). Dalam tinjauan ini, maka tujuan yang hendak dicapai yaitu untuk mengetahui secara umum pengaruh penambahan limbah Strapping Band terhadap karakteristik campuran aspal AC-BC dengan metode Marshall dan Cantabro dengan menggunakan metode eksperimen yang dilakukan pada Laboratorium dengan menggunakan sistem pencampuran aspal. Sehingga akan mendapatkan hasil - hasil pengamatan yang dibutuhkan. Dari hasil pengujian marshall di peroleh nilai Stabilitas, *Flow*, Marshall Quotient (*MQ*), VMA, VIM pada variasi limbah *Strapping Band* yaitu pada variasi 0% 2% dan 4% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga, dan pada nilai VFB dengan variasi 0% 2% dan 4% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga karena disebabkan oleh kenaikan nilai VMA. Jika nilai rongga antara agregat VMA lebih besar, maka persentase rongga berisi aspal yang menutupi agregat akan lebih rendah, sedangkan pengujian Cantabro pada penambahan limbah Strapping Band yaitu pada variasi 0%, 2%, dan 4% adalah sebesar 1.397%, 6,469% dan 1.649%. Nilai kehilangan yang diperoleh telah memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga yaitu max 20%.

Kata Kunci : *Strapping Band, Marshall Test, Cantabro*

ABSTRACT

The Effect of Addition of Strapping Band Waste on AC-BC Asphalt Pavement, Muh. Azfar Kais. Road construction in Indonesia generally uses a concrete asphalt mixture because in this mixture produces a waterproof and durable pavement layer. Surface layers on concrete asphalt tend to be damaged quickly because the surface layer holds the vehicle load directly passing through the road. According to research that has been done previously, various types of plastic can be an additive in the paved mixture. This increases the value of the strength of the asphalt. In line with Indonesia, which is ranked second in producing plastic waste and increasing Indonesia in the field of infrastructure, especially in the field of roads, the role of plastic can be needed in this regard. To reduce the amount of asphalt needs as a basic material, additional materials are sought for example using plastic. The material used is HDPE (Higt Density Polyethylene) plastic waste. In this stimulation, the goal to be achieved is to know in general the effect of the addition of strapping band waste on the AC-BC asphalt mixture characteristics using the Marshall and Cantabro methods using the experimental methods carried out in the laboratory using the asphalt mixing system. So that it will get the results of observations that are needed. From the results of the Marshall testing on the value of stability, flow, marshall quotient (mQ), VMA, V_{im} in the variation of the strapping band waste, namely in variations of 0% 2% and 4% have met the specifications of the Bina Marga, and in the VFB value with a variation of 0% 2% and 4% does not meet the specifications of Bina Marga because it is caused by an increase in VMA value. If the cavity value between the VMA aggregate is greater, the percentage of the cavity containing asphalt covering the aggregate will be lower, while the Cantabro Examination in the addition of strapping band waste is in variations of 0%, 2%, and 4% are 1,397%, 6.469% and 1,649 %. The value of the loss obtained has met the standard specifications of the Bina Marga namely Max 20%.

Keywords : Strapping Band, Marshall Test, Cantabro

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah Swt. atas ridanya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Limbah Strapping Band Terhadap Perkerasan Aspal AC-BC”**. yang menjadi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar.

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang turut membimbing serta mendoakan agar terselesaikannya laporan ini. Pada kesempatan ini secara khusus mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada:

1. Kepada kedua orang tua saya yang selalu mendoakan saya, dukungan dan motivasi serta pengorbanan secara materi maupun non materi.
2. Seluruh kerabat dan keluarga saya yang senantiasa turun mendoakan, membantu, dan mendukung saya.
3. Dr. Ir. Erniati, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Fajar dan Pembimbing Akademik atas segala dukungan dalam akademik.
4. Fatmawaty Rachim, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar.
5. Dr. Erdawaty, ST., MT. selaku pembimbing I dan Asri Mulya Setiawan, ST., MT selaku pembimbing II yang senantiasa terus membimbing saya dalam penelitian ini.
6. Rekan Mahasiswa Angkatan 2018 Program Studi Teknik Sipil Universitas Fajar.
7. Dan semua perkumpulan dengan segala kerendahan hati untuk membantu. Oleh karena itu, kami mengantisipasi analisis dan ide yang produktif dari berbagai pertemuan.

Dengan ini kami mengharapkan kritik dan saran dalam membangun dari berbagai pihak demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata dari kami yaitu semoga bantuan tersebut mendapat balasan dan anugerah dari Tuhan Yang Maha Esa.

Makassar, Juni 2022

Muh. Azfar Kais

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	vi
PERNYATAAN ORISINALITAS	vii
ABSTRAK.....	viv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan Penelitian.....	3
I.4. Batasan Masalah	3
BAB II.....	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
II.1. Perkerasan Jalan	4
II.2. Agregat	7
A. Agregat Kasar	7
B. Agregat Halus	8
C. Filler.....	10
II.2.1. Gradasi	10
II.2.2 Daya Tahan Agregat.....	12
II.2.3 Bentuk Dan Tekstur Agregat.....	13
II.3 Aspal Minyak	14
II.4 Lapis Pengikat (AC-BC).....	15
II.5 Metode Pengujian Marshall	16
II.5.1 Stabilitas (<i>Stability</i>).....	16
II.5.2 Kelelahan (<i>Flow</i>).....	17
II.5.3 Marshall Quotient (MQ).....	17
II.5.4 VIM (<i>Void In Mix</i>)	17

II.5.5 VMA (<i>Void In Mineral Agregat</i>)	18
II.5.6 VFB (<i>Filler In Bitument</i>).....	18
II.6 Metode Pengujian Cantabro	19
II.7 Limbah Strapping Band	19
II.8 Penelitian Terdahulu	22
BAB III	26
METODE PENELITIAN	26
III.1 Waktu dan Lokasi	26
III.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	26
III.2.1 Alat.....	26
III.2.2 Bahan	27
III.3 Metode Pengumpulan Data.....	27
III.4 Pelaksanaan Penelitian.....	28
III.4.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian.....	28
III.4.2 Pemeriksaan Sifat-Sifat Bahan	28
III.4.3 Pembuatan Benda Uji	29
III.4.4 Pengujian Benda Uji	30
III.5 Analisa Data.....	31
III.6 Bagan Alur Penelitian	32
BAB IV	33
HASIL DAN PEMBAHASAN	33
IV. 1. Hasil Uji Karakteristik Material	33
IV. 1.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Agregat	33
A. Sifat fisik Agregat Kasar.....	33
B. Sifat fisik Agregat Halus	33
IV. 2 Gradasi Agregat gabungan	34
IV. 3 Pengujian campuran aspal	35
IV. 3. 1 Marshall Test	35
A. Stabilitas.....	37
B. Kelelehan (<i>Flow</i>).....	38
C. Marshall Qoutient (<i>MQ</i>).....	38
D. VIM (<i>Void In Mineral</i>)	39
E. VMA (<i>Void In Mineral Agregat</i>)	40
F. VFB (<i>Void Filler In Bitume</i>).....	41

IV. 4. Pegujian Cantabro.....	42
BAB V	45
KESIMPULAN DAN SARAN	45
V. 1 Kesimpulan	45
V. 2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur	5
Gambar II. 2 Jenis Gradasi Agregat.....	12
Gambar II. 3 Limbah Strapping Band.....	21
Gambar IV.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan	35
Gambar IV.3 Hubungan variasi limbah <i>Strapping Band</i> dengan Stabilitas	37
Gambar IV.4 Hubungan variasi limbah <i>Strapping Band</i> dengan <i>flow</i>	38
Gambar IV.5 Hubungan variasi limbah <i>Strapping Band</i> dengan (<i>MQ</i>).....	39
Gambar IV.6 Hubungan variasi limbah <i>Strapping Band</i> dengan VIM	40
Gambar IV.7 Hubungan variasi limbah <i>Strapping Band</i> dengan VMA	41
Gambar IV.8 Hubungan variasi limbah <i>Strapping Band</i> dengan VFB	42
Gambar IV.9 Hubungan variasi limbah <i>Strapping Band</i> dan Cantabro	43

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Ketentuan Agregat Kasar	8
Tabel II. 2 Ketentuan agregat halus	9
Tabel II. 3 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal	12
Tabel II. 4 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Minyak Penetrasi 60/70	15
Tabel II. 5 Macam-Macam Sampah Plastik	20
Tabel III. 1 Metode Pengujian Karakteristik Agregat	29
Tabel III. 2 Jumlah Benda Uji	30
Tabel IV. 1 Sifat-sifat fisik agregat kasar (cipping)	33
Tabel IV. 2 Sifat fisik agregat halus (pasir)	34
Tabel IV. 3 Gradasi agregat gabungan	34
Tabel IV. 4 Hasil Pengujian Nilai Marshall Test	36
Tabel IV. 5 Hasil Nilai Pengujian Cantabro	43

DAFTAR SINGKATAN

AC-WC	Asphalt Concrcrete- Wearing Course
CBR	California Bearing Ration
Laston	Lapisan Beton
AC	Asphalt Concrcrete
AC-Base	Asphalt Concrete-Base
AC-BC	Asphalt Concrete-Binder Course
AC-Base	Asphalt Concrete-Base
SNI	Standar Nasional Indonesia
	American Association for Testing And Materia
SKBI	Standar Konstruksi Bangunan Indonesia
PTM	Pensylvania teks metode
ASTM	Ammerican Standart Twsting and Material
VIM	Voids in Mix
VMA	Voids in The Materials Aggregate
VFA	Void Filed With Aspal
MQ	Marshall Quetient
Dkk	Dan kawan kawan
VFB	Voids Filled with Bitumen
PET	Polyethylene terephtalate
AMP	Ashpalt Mixing Plant

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Jalan adalah sebagai salah satu prasarana transportasi sangat penting pada kemajuan pembangunan kehidupan masyarakat dalam memajukan kehidupan masyarakat. Struktur perkerasan jalan mempunyai peran penting dalam memberikan pelayanan yang optimal agar masyarakat dapat menikmati jalan dengan nyaman dan cepat sampai tujuan agar dapat tercipta pemerataan pembangunan. Perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, kemudian diharapkan agar waktu yang telah ditentukan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Salah satu jenis perkerasan aspal pada spesifikasi ini adalah lapis beton aspal (Laston) atau lebih dikenal dengan AC (Asphalt Concrete)(Hartantyo & Hepiyanto, 2018).

Konstruksi jalan di Indonesia pada umumnya menggunakan campuran aspal beton karena dalam campuran ini menghasilkan lapisan perkerasan yang kedap air dan tahan lama. Lapis permukaan pada aspal beton cenderung cepat mengalami kerusakan karena lapis permukaan menahan langsung beban kendaraan yang melewati jalan tersebut. Untuk mencegah terjadinya kerusakan pada permukaan perkerasan jalan yang diakibatkan oleh pengaruh kelebihan beban muatan serta pengaruh air, bisa ditambahkan bahan pengikat dapat berupa campuran agregat dan bahan tambahan lainnya untuk meningkatkan mutu aspal tersebut.

Limbah yang berupa plastik sangat sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Plastik juga memiliki kelebihan antara lain ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi. Sementara kehadiran limbah plastik yang melimpah membutuhkan waktu 1000 tahun lamanya untuk dapat terurai dengan sempurna oleh tanah. Bahan sisa plastik yang berupa gelas plastik air mineral, kantong plastik hitam, dan kemasan makanan ringan tersebut dapat menimbulkan masalah

di limbah, namun ketiga bahan tersebut dapat ditanggulangi dengan cara daur ulang.

Menurut penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, beragam jenis plastik dapat menjadi bahan aditif dalam campuran beraspal. Ini meningkatkan nilai kekuatan dari aspal tersebut. Sejalan dengan Indonesia yang menduduki peringkat kedua penghasil limbah plastik dan meningkatnya Indonesia dalam bidang infrastruktur terutama di bidang jalan, peran plastik dapat dibutuhkan dalam hal ini. Untuk mengurangi jumlah kebutuhan aspal sebagai bahan dasar, maka dicari bahan tambahan contohnya menggunakan plastik. Bahan yang digunakan adalah limbah plastik jenis HDPE (*Higt density polyethylene*).

Pada review kali ini, material tambahan yang digunakan adalah Strapping Band squander. Lashing Band squander adalah sampah plastik yang sulit terurai campuran alami tanah. Sampah plastik adalah bahan yang mudah beradaptasi dan dapat diakses secara efektif yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan pilihan. Penggunaan ini dilakukan untuk mengurangi keberadaan sampah plastik yang berdampak sebaliknya terhadap iklim. Dalam tinjaun ini, maka tujuan yang hendak dicapai yaitu untuk mengetahui secara umum pengaruh penambahan limbah Strapping Band terhadap karakteristik campuran aspal AC-BC.

Berdasarkan penggambaran di atas, pencipta akan mengarahkan penelitian dengan judul: **“Pengaruh Penambahan Limbah Strapping Band Terhadap Perkerasan Aspasl AC-BC”**

I.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan diteliti sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja *Marshall* pada campuran aspal AC-BC terhadap penambahan *strapping band*
2. Bagaimana kinerja *Cantabro* pada campuran aspal AC-BC terhadap penambahan *strapping band*

I.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kinerja *Marshall* pada campuran aspal AC-BC terhadap penambahan *strapping band*
2. Untuk mengetahui kinerja *Cantabro* pada campuran aspal AC-BC terhadap penambahan *strapping band*

I.4. Batasan Masalah

Untuk melakukan penelitian ini, maka diperlukan batasan-batasan masalah seperti sebagai berikut :

1. Pengujian Penelitian dilakukan dengan skala Laboratorium.
2. Obyek Penelitian Yaitu Penambahan Bahan Tambah Berupa Limbah *Strapping Band*.
3. Subyek Penelitian yaitu lapis perkerasan aspal AC-BC (*Asphalt Concrete –Binder Course*),
4. Pengujian Benda Uji Menggunakan Metode Pengujian Marshall dan Cantabro.
5. Menggunakan Kadar aspal minyak sebesar 6% dengan penetrasi aspal 60/70.
6. Jumlah tumbukan pemadatan benda uji 2 x 75.
7. Variasi Presentase *Strapping Band* yaitu Sebesar 0%, 02% 4%.
8. Gradasi Bina Marga: Saringan no. 1,5", 1", ¾", ½", 3/8, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200
9. Benda Uji Berbentuk Silinder
10. Bahan tambah Sebagai Agregat Kasar

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Perkerasan Jalan

perkerasan jalan adalah suatu lapisan yang terletak diatas tanah dasar yang telah mendapatkan pemadatan, yang berfungsi untuk memikul beban lalu lintas kemudian menyebarkan beban, baik kearah horisontal maupun vertikal dan akhirnya meneruskan beban ketanah dasar (Subgrade) sehingga beban pada tanah dasar tidak melampaui daya dukung tanah yang diijinkan. Lapis perkerasan suatu jalan terdiri dari satu ataupun beberapa lapis material batuan dan bahan ikat. Bahan batuan dapat terdiri dari berbagai fraksi batuan yang direncanakan sedemikian sehingga memenuhi persyaratan yang dituntut.

Menurut suprpto (dalam iqbal, ichel &setiobudi 2021) adalah tanah saja cenderung biasanya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti terhadap beban roda yang berulang . Untuk itu perlu kita ketahui bahwa lapis tambahan yang terletak diantara tanah dan roda atau lapis paling atas dari bahan jalan. Adapun lapis tambah ini dapat dibuat dari bahan khusus yang dipilih (yang lebih baik), berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan menjadi:

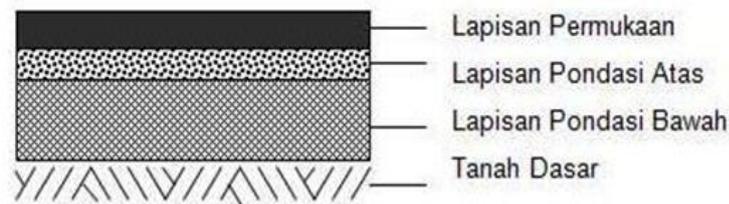
1. Perkerasan Lentur (Flexible Pavement), Perkerasan lentur terbuat dari bahan batuan dari berbagai fraksi membentuk gradasi batuan yang sesuai dengan persyaratan dan diikat oleh bahan pengikat aspal. Perkerasan lentur umumnya mempunyai kelenturan yang cukup tinggi kalau dibandingkan dengan lapis keras kaku, sehingga sangat baik digunakan pada konstruksi Jalan yang mengalami lendutan yang relatif besar akibat beban lalu lintas.
2. Perkerasan Kaku (Rigid Pavement), Perkerasan tegar adalah perkerasan yang terdiri dari komponen batuan (Agregate) kerikil dan pasir yang dicampur dan diikat oleh bahan pengikat Semen Portland (PC). Perkerasan ini terdiri dari plat beton semen yang diletakkan langsung ditanah dasar yang telah dipersiapkan ataupun diatas pondasi (Base) agregat klas A / B.
3. Perkerasan Komposit (composite pavement), perkerasan komposit adalah aspal tidak lentur yang digabungkan dengan aspal adaptif, yang dapat

berupa aspal adaptif pada aspal tidak lentur atau aspal tidak lentur pada aspal adaptif.

Dalam penelitian tugas akhir ini hanya akan dibahas untuk perkerasan lentur saja, khususnya beton aspal. Ditinjau dari kualitas konstruksi, lapis keras beton aspal merupakan konstruksi lapis keras paling bagus. Untuk mendapatkan kualitas ini, persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi pada pembuatan konstruksi beton aspal Juga paling ketat.

Perkerasan lentur ini terdiri dari lapisan–lapisan yang ditempatkan atau diletakkan diatas tanah dasar yang telah ditentukan.

Struktur konstruksi lapisan perkerasan lentur terdiri dari:



Gambar II. 1 Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur

Adapun komponen lapisan perkerasan lentur:

1. Lapisan permukaan (*surface course*), lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan, lapisan permukaan ini berfungsi sebagai:
 - a. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
 - b. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
 - c. Sebagai lapis aus, lapisan yang langsung menahan gesekan akibat beban kendaraan.
 - d. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.
2. Lapis pondasi atas (*base course*), lapis pondasi ini merupakan bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak langsung berada dibawah lapis permukaan. Adapun lapis pondasi berfungsi sebagai perkerasan yang menahan beban roda lalu lintas yang menyebarkan beban lapisan dibawahnya.

3. Lapis pondasi bawah (sub base course), lapis pondasi bawah adalah bagian dari struktur perkerasan lentur yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi. Adapun fungsi dari lapisan ini yaitu:
 - a. Untuk menyalurkan beban yang diterima dari roda menuju tanah dasar.
 - b. Sebagai lapis penyerap.
 - c. Menjadi lapisan perantara agar material pada tanah dasar tidak tercampur pada lapisan pondasi atas.
 - d. Lapisan pelindung lapisan tanah dasar dari roda-roda alat.
4. Tanah dasar (subgrade), adalah kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Adapun itu sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Menurut spesifikasi, tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan setebal 30 cm, yang memiliki persyaratan tertentu sesuai fungsinya. Dalam pedoman ini di perkenalkan modulus resilien (MR) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR standar dan hasil atau nilai tes soil index. Ketahanan pada lapisan ini berkaitan erat dengan daya dukung yang dimiliki tanah dasar dan sifat-sifat yang mendukung. Adapun persoalan yang di timbulkan pada lapisan tanah dasar yaitu:
 - a. Perubahan bentuk akibat beban yang diterima.
 - b. Perubahan sifat yang terjadi akibat daerah sekitar mengalami perubahan kadar air.
 - c. Daya dukung yang tidak merata.

Berikut ini karakteristik dasar untuk perkerasan lentur:

- a) Bersifat elastik jika menerima beban, sehingga dapat memberikan kenyamanan bagi penggunaannya.
- b) Pada umumnya menggunakan bahan pengikat aspal.
- c) Seluruh lapisan ikut menanggung beban (yang didistribusikan dalam bentuk pyramid)
- d) Penyebaran tegangan ke lapisan tanah dasar tidak merusak lapisan tanah

dasar (subgrade)

- e) Usia rencana maksimum 20 Tahun. Selama usia rencana diperlukan pemeliharaan secara berkala.

Kerusakan konstruksi jalan yang biasa terjadi yaitu perubahan bentuk lapisan permukaan pada jalan berupa lubang (potholes), bergelombang (rutting), retak-retak dan pelepasan butiran (ravelling). Adapun peranan drainase yang berperan penting pada stabilitas pekerasan. Semakin tinggi kadar air maka semakin pula besar terjadinya pergerakan terhadap struktur pekerasan menyebabkan kerusakan yang lebih cepat (Setiobudi et al., 2020)(dalam Ichel B)

II.2. Agregat

Agregat ialah kumpulan suatu butiran batuan yang memiliki ukuran tertentu yang didapatkan dari hasil alam secara langsung atau hasil pecahan dari batu besar. Dalam konstruksi pekerasan jalan agregat di artikan sebagai suatu bahan keras dan kaku yang dipakai sebagai campuran berupa berbagai jenis butiran dan pecahan seperti pasir,kerikil, agregat pecah, dan mineral abu (filler).

Sifat agregat dalam hal ini menentukan kualitas sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan yang dapat dikelompokkan menjadi

- a. Keawetan dan kekuatan (strength and durability) lapisan pekerasan ini dipengaruhi oleh: gradasi, ukuran maksimum, kadar lempung, bentuk butir, tekstur permukaan, kekerasan dan ketahanan.
- b. Kemampuan yang dilapisi aspal dengan baik, yang dipengaruhi oleh porositas, kemungkinan basah dan jenis agregat.

Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman, yang di pengaruhi oleh tahanan geser dan campuran yang memberikan kemudahan dalam pekerjaan.

A. Agregat Kasar

Pembagian total kasar untuk rencana campuran adalah apa yang diadakan pada ayakan No. 4 (4,75 mm), yang harus terdiri dari batu tergecent dan harus sempurna, keras, tangguh dan bebas dari lumpur atau bahan lain yang tidak diinginkan dan memenuhi prasyarat yang menyertainya.

Tabel II.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407-2008	Maks.12%
	Magnesium sulfat		Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks.6%
		500 putaran	Maks.30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks.8%
		500 putaran	Maks.40%
Kelekatan agregat pada aspal		SNI 03-2439-1991	Min.95%
Butir pecah pada agregat kasar		SNI 7619:2012	95/90 ¹
Partikel pipih dan lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks.10%
Material lolos ayakan No.200		SNI 03-4142-1996	Maks.2%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Catatan :

(*)100/90 menunjukkan bahwa 100 persen dari total kasar memiliki setidaknya satu permukaan pecah dan 90% dari total kasar memiliki setidaknya dua permukaan retak.

(*) 96/90 menunjukkan bahwa 95% dari total kasar memiliki setidaknya satu permukaan retak dan 90% dari total kasar memiliki setidaknya dua permukaan pecah.

B. Agregat Halus

Agregat Halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industry pemecah batu dan ukuran butir terbesar 5,0 mm (BSN, 2000). Adapun fungsi dari agregat halus adalah untuk memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen campuran melalui fraksi dan perilaku, yaitu dengan memperkokoh sifat saling mengunci dan mengisi rongga antar butir agregat kasar serta menaikkan luas permukaan dari agregat yang dapat diselimuti

aspal, sehingga menambah keawetan perkerasan. Agregat halus adalah agregat yang lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan 200. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki.

Jumlah halus juga berperan penting dalam mengontrol kepadatan campuran. Namun, kekuatan ini juga disertai dengan pengurangan ketangguhan kombinasi dengan asumsi campuran umum menghadapi tingkat yang tidak sama atau tidak sesuai dengan apa yang dibutuhkan. Persyaratan dan perincian untuk pemeriksaan total denda adalah sebagai berikut:

Tabel II.2 Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60 %
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45 %
Gumpalan Lempeng dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1 %
Agregat lolos ayakan no.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10 %

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga

Total halus dapat berupa pasir biasa karena runtuh batu biasa atau sebagai pasir palsu yang dibuat oleh alat pemukulan batu. Prasyarat total denda yang digunakan SK.SNI.S-04-1989-F antara lain:

1. Butirnya tajam, padat dan keras.
2. Super tahan lama, tidak pecah atau hancur karena pengaruh kondisi cuaca dan menambah kemantapan kombinasi dan sintesis penggunaan total kasar dan halus untuk mendapatkan permukaan yang tidak sulit dipahami.

3. Total halus tidak boleh mengandung residu lebih dari 5% (potongan yang dapat melewati ayakan 0,060 mm). Jika lebih dari 5%, pasir harus dicuci.
4. Tidak boleh mengandung zat alami, karena akan mempengaruhi sifat substansial. Ketika tergenang dalam susunan NaOH 3%, cairan di atas dorongan tidak boleh lebih kabur daripada bayangan susunan korelasi.
5. Harus memiliki variasi ukuran butir (derajat) yang baik, agar tidak banyak cekungan. Memiliki modulus kehalusan antara 1,5-3,8. Dengan asumsi itu diayak dengan tindakan saringan yang telah ditentukan, itu harus memasuki salah satu area rencana butir seperti yang ditunjukkan oleh zona 1, 2, 3 atau 4.

C. Filler

Bahan pengisi (filler) merupakan bahan campuran yang mengisi ruang antara agregat halus dan agregat kasar yang akan meningkatkan kepadatan, filler adalah bahan yang lolos ayakan no.# 200. Bahan pengisis filler terdiri dari abu batu, debu batu, serta semen portland dan filler disyaratkan memiliki berat jenis lebih besar dari aspal (Zainudin et al., 2016)

Fungsi *filler* dalam campuran adalah :

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

II.2.1. Gradasi

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran

partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat.

Menurut Andi Tenrisukki Tenriajeng, gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang paling halus terletak paling bawah.

Gradasi agregat dapat dibedakan atas :

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)/ gradasi terbuka (*open graded*)

Gradasi seragam adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/ sejenis atau mengundang agregat harus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

2. Gradasi rapat (*dense graded*)

Gradasi rapat merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.

3. Gradasi buruk/jelek (*poorly graded*)

Gradasi senjang merupakan campuran yang tidak memenuhi dua kategori di atas. *Aggregate* bergradasi buruk yang umumnya digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit. Gradasi seperti ini disebut gradasi senjang. Gradasi senjang akan

menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.



1. Gradasi seragam

2. Gradasi rapat

3. Gradasi buruk/jelek

Gambar II. 2 Jenis Gradasi Agregat

Tabel II.3 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal

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

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

II.2.2 Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis atau kimia. Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas. Faktor yang mempengaruhi tingkat degradasi :

1. Jenis agregat, jenis agregat yang lunak mengalami degradasi yang lebih

besar dari agregat yang lebih keras.

2. Gradasi, gradasi terbuka mempunyai tingkat degradasi yang lebih besar dari pada gradasi rapat.
3. Bentuk, partikel bulat akan mengalami degradasi yang lebih besar dari yang berbentuk kubus/bersudut.
4. Ukuran partikel yang lebih kecil mempunyai tingkat degradasi yang lebih kecil dari partikel dengan ukuran besar
5. Energi pemadatan, degradasi akan terjadi lebih besar pada pemadatan dengan menggunakan energi pemadatan yang lebih besar.

II.2.3 Bentuk Dan Tekstur Agregat

Bentuk dan tekstur agregat mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Agregat yang paling baik untuk digunakan sebagai bahan perkerasan jalan adalah berbentuk kubus, tetapi jika tidak ada, maka agregat yang memiliki minimal satu bidang pecahan, dapat digunakan sebagai alternatif berikutnya. Partikel agregat dapat berbentuk sebagai berikut :

1. Bulat rounded Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya interlocking yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.
2. Lonjong elongated Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungai-sungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya lebih panjang dari 1,8 kali diameter rata-rata. Sifat interlocking -nya hampir sama dengan yang berbentuk bulat.
3. Kubus cubical Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu stone crusher yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas sehingga memberikan interlocking saling mengunci yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus ini

paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

4. Pipih flaky Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan ataupun akibat beban lalu lintas.
5. Tak beraturan irregular Partikel agregat tak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan di atas. Tekstur permukaan berpengaruh pada ikatan antara batu dengan aspal.

II.3 Aspal Minyak

Aspal minyak merupakan bahan tersisa yang dianggap sudah tidak lagi bisa diproses secara ekonomi dari proses destilasi minyak bumi di pabrik kilang minyak. Bahan tersebut kita kenal dalam tiga kelas Penetrasi yaitu Diklat Penggunaan Bahan dan Alat Untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan Modul Bahan Aspal Untuk Perkerasan Lentur 2 Pen 40/50, Pen 80/70 dan Pen 80/100. Semakin rendah angka penetrasi maka akan semakin keras wujud aspal, semakin susah cara penanganannya karena diperlukan suhu lebih tinggi agar aspal menjadi lunak atau cair. Sebaliknya semakin tinggi angka penetrasi maka aspal akan mudah encer, mudah dikerjakan, tetapi terancam sulit untuk mencapai kestabilan campuran aspal, terutama pada iklim panas seperti di Indonesia, karena aspal cenderung melunak pada suhu udara tinggi.

Pengerjaan aspal umumnya memerlukan pemanasan pada suhu sekitar 1100 - 1700C supaya aspal menjadi encer sehingga mudah untuk dipompa, dipindahkan dan dicampur dengan agregat ataupun dipadatkan.

Jenis-jenis produk aspal minyak :

- a. Bahan dasar dominan asphaltic
- b. Bahan dasar dominan paraffin
- c. Bahan dasar campuran asphaltic dan paraffin

Aspal dengan penetrasi rendah digunakan pada cuaca panas, volume lalu

lintas yang tinggi. Begitu pun dengan sebaliknya, aspal dengan penetrasi tinggi digunakan untuk daerah dengan cuaca dingin dan lalu lintas rendah. Di Indonesia umumnya digunakan aspal keras dengan penetrasi 60-70 dan 80-100.

Aspal minyak dapat dibedakan atas:

1. Aspal padat (Asphalt Cement)
2. Aspal Cair (Cut Back Asphalt)
3. Aspal Emulsi (Emulsified Asphalt)

Tabel 2.4 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Minyak Penetrasi 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 ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 232	312
5	Kelarutan TCE (%)	≥ 99	99,47
6	Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	≥ 48	48

Sumber : PT. Summitama Intinus

II.4 Lapis Pengikat (AC-BC)

Lapis aspal beton (laston) sebagai bahan pengikat, dikenal dengan nama AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course). Lapisan ini merupakan bagian dari lapis permukaan diantara lapis pondasi atas (Base course) dengan lapis aus (Wearing course) yang bergradasi agregat gabungan rapat/menerus, umumnya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat (Sukirman, S., 2008) (Ismadarni et al)

Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu base dan sub grade (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

II.5 Metode Pengujian Marshall

Pada pengujian kali ini Marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran pada benda uji. Dalam hal ini dengan mengetahui nilai daya tahan (stabilitas), kelelahan (*flow*), dan marshall Qountient.

Konsep *marshall test* di kembangkan oleh *bruce marshall*, seorang insinyur pekerasan pada *mississippi state highway*. Pada tahun 1948 *US Copy of Engineering* meningkatkan dan menambah beberapa kriteria pada prosedur testnya, terutama kriteria rancangan campuran. Sejak itu test ini banyak diadopsi oleh berbagai organisasi dan pemerintahan dibanyak negara, dengan beberapa modifikasi prosedur atupun intepretasi terhadap hasilnya.(Puspa, 2014)

Alat Marshall merupakan alat tekan yang di lengkapi dengan proving ring yang berkapasitas 22,5 KN atau 5000 lbs. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat arloji kelelahan (flow meter) untuk mengukur kelelahan plastis, karena prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau 27 AASHTO T-245-90. Benda uji Marshall standart berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).(RETNO WILIS & RISDIANTO, 2018)

II.5.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan pada lapis keras untuk menahan beban yang ditimbulkan oleh beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap. Adapun nilai-nilai yang mempengaruhi nilai stabilitas yaitu bentuk, tekstur permukaan, kualitas, dan gradasi agregat yang meliputi penguncian antaragregat (*interlocking*), daya lekat (cohesion), gesekan antar butiran agregat (*internal friction*), dan kadar aspal pada campuran.

Dalam pemakaian aspal pada campuran akan menentukan nilai stabilitas campuran tersebut. Dengan penambahan aspal maka nilai stabilitas pun akan

mengalami peningkatan . Penambahan campuran aspal hingga batas maksimum tersebut akan menjadikan nilai stabilitas mengalami penurunan nilai sehingga lapis perkerasan akan menjadi kaku dan bersifat getas.

$$\text{Stability} = O \times E' \times Q \dots\dots\dots(\text{II.1})$$

dimana :

Stability = Stabilitas Marshall (vim x vma);

O = Pembacaan arloji stabilitas (Lbf);

E' = Angka korelasi volume benda uji;

Q = Kalibrasi alat Marshall

II.5.2 Kelelahan (*Flow*)

Flow adalah nilai deformasi vertikal pada sampel yang terjadi saat pembebanan awal hingga batas runtuh pada sampel yang menjadi indikator terhadap kelenturan. Besarnya rongga antar campuran (*VIM*) dan penggunaan aspal yang tinggi dapat memperbesar nilai kelelahan plastis. Nilai *flow* diperoleh dari pembacaan arloji kelelahan pada alat uji *Marshall*.

II.5.3 Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient merupakan nilai menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. Jika nilai yang dihasilkan pada MQ, maka campuran tergolong kaku dan mudah retak. Begitu pun sebaliknya jika nilai MQ terlalu rendah , maka cenderung menjadi lentur dan kurang stabil.

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

II.5.4 VIM (*Void In Mix*)

Void In Mix (VIM) adalah rongga yang terdapat dalam campuran. Nilai VIM akan berpengaruh bagi keawetan lapisan perkerasan, semakin tinggi nilai

yang dihasilkan menunjukkan bahwa semakin besar rongga pada campuran sehingga campuran dapat bersifat porous.

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (II.3)$$

Keterangan :

VIM = Volume rongga dalam campuran

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran

G_{mb} = Berat jenis Bulk campuran

II.5.5 VMA (*Void In Mineral Agregat*)

Void in mineral total (VMA) adalah depresi udara yang terkandung dalam total kombinasi yang dipadatkan

$$VMA = 100 \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (II.4)$$

Keterangan :

VMA = Volume Pori Antar Agregat didalam

Campuran G_{mb} = Berat jenis Bulk campuran

P_s = Kadar Agregat

G_{sb} = Berat jenis Bulk dari agregat

II.5.6 VFB (*Filler In Bitument*)

Void filler in bitumen (VFB) adalah tingkat rongga yang dibebani dengan lapisan atas hitam dalam kombinasi yang dipadatkan.

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

Keterangan :

VFB = Volume Pori Antar Butir Agregat

VMA = Volume Pori Antar Agregat didalam campuran

VIM = Volume Rongga Dalam Campuran

II.6 Metode Pengujian Cantabro

Tes harga Cantabro menggambarkan hambatan benda uji untuk dipakai menggunakan mesin Los Angeles. Cara pengujian contoh yang paling umum dalam keadaan Kadar Aspal Optimum dengan variasi 5%, 5,5% dan 6% dengan struktur pengisi 75%. Sebelum dimasukkan ke dalam mesin Los Angeles, berat dasar ditimbang setelah itu benda uji dibenamkan ke dalam mesin Los Angeles. Tes Cantabro memberikan garis besar sejauh mana aspal hitam melawan penggilingan di antara kendaraan yang tawar-menawar permukaan jalan. Ini adalah cara untuk menguji Cantabro:

- a. Timbang dan catat benda uji
- b. Pada pengujian ini, benda uji didiamkan dengan suhu ruang selama ± 24 jam.
- c. Sejak saat itu, masukkan objek uji ke dalam penganalisis titik tergores mesin Los Angeles dengan poros 300 transformasi tanpa menggunakan bola baja.
- d. Kemudian timbang dan catat benda uji setelah pengujian.

II.7 Limbah Strapping Band

Pada awalnya plastik diproduksi menggunakan minyak dan gas sebagai sumber biasa. Plastik adalah polimer yang menikmati manfaat yang padat namun ringan, tidak berkarat dan termoplastik dan dapat diwarnai. Berbagai plastik yang digunakan dalam waktu singkat akan menjadi sia-sia. Sampah plastik (squander) sebaliknya akan mempengaruhi iklim karena tidak cepat membusuk. Sampah plastik yang dibuang sembarangan juga dapat menyumbat saluran rembesan, parit dan sungai sehingga dapat menyebabkan banjir. Sampah plastik yang dikonsumsi juga dapat membuat udara sangat tercemar karena asap yang dikeluarkan dan dapat menghasilkan zat-zat yang tidak aman bagi kesehatan manusia, seperti

karbon monoksida, dioksin, volatil, dan zat berbahaya lainnya. (dalam Maynar)

Plastik adalah bahan yang sangat mudah beradaptasi dan digunakan secara luas untuk keperluan biasa. Plastik adalah bahan yang sederhana, layak dan mudah didapat. Setiap bidang kehidupan manusia tidak dapat dipisahkan dari pemanfaatan plastik, mulai dari bundling, hardware, peralatan khusus dan lain-lain. Plastik bersifat non-biodegradable sehingga sampah plastik tidak dapat rusak dalam waktu yang lama. Dengan demikian, iklim menjadi kotor jika sampah plastik tidak dirawat dengan baik. Limbah yang berupa plastik sangat sering kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari. Plastik juga memiliki kelebihan antara lain ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi

Menjelang awal tahun 2017, penelitian diarahkan dengan memperhatikan pemanfaatan karung plastik (kresek) oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan). Berdasarkan penelitian ini, penggunaan sampah plastik dalam kombinasi hitam-top menciptakan campuran yang tahan terhadap kerusakan dan lebih baik dalam obstruksi kelemahan. Pada dasarnya inovasi ini sangat penting untuk mengurangi sampah plastik yang berdampak buruk pada iklim. Secara garis besar, ada tujuh karakterisasi sampah plastik yang biasa dimanfaatkan. Harus terlihat seperti yang ditampilkan pada Tabel II.5

Tabel II.5 Macam-Macam Sampah Plastik

Jenis Limbah Plastik	Contoh
<i>Low density polyethylene</i> (LDPE)	Kantong plastik
<i>Higt density polyethylene</i> (HDPE)	Tutup botol minuman
<i>Polyethylene teryphtalate</i> (PET)	Botol minuman
<i>Polypropylene</i> (PP)	Bungkus kemasan makanan
<i>Polystyrene</i> (PS)	Sterofoam, cangkis minum sekali pakai
<i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC)	Pipa saluran
Vinyl (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	Kabel listrik

Sumber : Penerapan Teknologi Aspal Sekala Penuh untuk Sampah Plastik BALITBANG dan BBPJK VIII Surabaya

Limbah Strapping band kuat secara fisik dapat dilihat seperti pada gambar II. 3



Gambar II.3 Limbah Strapping Band

II.8 Penelitian Terdahulu

Kesiapan Tugas Akhir ini bukanlah penelitian utama yang diselesaikan, namun ada penyusun Tugas Akhir yang telah lalu yang telah menyusun, antara lain:

1. Maynar, 2021, Penagruh Penambahan Limbah Strapping Band Terhadap Perkerasan Aspal.

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada penambahan limbah strapping band terhadap perkerasan aspal AC-WC dapat ditarik kesimpulan:

- a. Hasil uji eksekusi marshall pada benda uji derajat Bina Marga menunjukkan bahwa nilai solidness, Flow dan Vma untuk Strapping Band varietas 0%, 2%, 4%, dan 6% telah memenuhi rincian Bina Marga, harga Vim dengan variasi 0% dan 2% memenuhi spesifikasi dan harga Vfb dengan variasi 4% dan 6% memenuhi kriteria. Pada nilai Marshall Quotient (MQ) tidak ada satupun butir yang memenuhi ketentuan Jalan Raya, Vim pada ragam 2% tidak memenuhi dan Vfb belum pada ragam 0% dan 2 % tidak memenuhi rincian Jalan Raya.
- b. Akibat uji Cantabro pada benda uji derajat Bina Marga dengan after effect normal sebesar 2,89%. Nilai ini menunjukkan bahwa perlindungan dari benda uji semakin besar.

Adapun kesamaan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Menggunakan metode pengujian Marshall dan Cantabro.
2. Safrin Zuraidah, 2018, Penggunaan Serat Polypropylene Dari Limbah Strapping Band Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton Beton Ringan.

Dari hasil pemeriksaan yang telah diselesaikan di Laboratorium Universitas DR. Soetomo Surabaya sehubungan dengan dampak pemanfaatan serat polipropilen yang terbuang dari bahan pita pengikat terhadap kuat tekan dan kekakuan belah semen, dapat diduga bahwa:

- a. Sebuah. Pengaruh kuat tekan dan elastisitas split bahan ringan yang cukup besar menunjukkan bahwa pemuaihan serat polipropylene dari bahan lashing band dapat membangun split rigidity, namun kembali lagi dapat menurunkan kuat tekan semen.
- b. Kuat tekan paling ekstrim dari semen ringan dengan pemuaihan fiber tying band pada FS 9%, pada umur cukup 28 hari adalah 8,58 N/mm² (1,06%).
- c. Kekakuan split paling ekstrim Semen ringan dengan ekspansi strappingband serat pada 9% FS, umur 28 hari dengan elastisitas split 0,45 N/mm². (18,42 %).

Adapun kesamaan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Menggunakan Limbah Strapping Band.

3. Eka Saputra Panca Darma, 2012, Pengaruh Penggunaan Serat Polypropylene Dari Bahan Strapping-Band Terhadap Kemampuan Mekanik Propertis Beton

Dari hasil pemeriksaan dan persepsi yang telah dilakukan terhadap beton fc 'k-400, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Sebuah. Beton dengan untaian polipropilena sangat bagus dalam hal elastisitas dan lentur, dan kurang berdaya terhadap kuat tekan dan contoh putus.
- b. Kuat tekan menurun sebesar 1,56% untuk serat polos dari semen biasa.
- c. Kuat tekan menurun sebesar 2,77% untuk serat rancangan dari semen biasa
- d. Kekakuan mortar yang paling ideal pada serat polipropelin 3% adalah 28,98% dari mortar biasa
- e. Penurunan suhu beton serat baru tidak terlalu besar dari semen biasa
- f. Kuat lentur semen yang didapat pada beton serat dengan serat rencana adalah 44,187 kg/cm² pada muai serat 3%, dan 42,438 kg/cm² untuk zat 0%, kekuatan lentur ini meningkat sebesar 4,12%.

Adapun kesamaan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1) Menggunakan Limbah Strapping Band.

4. Sugiyatno, 2020, Karakteristik Paving Block dengan Penambahan Filler Limbah Marmer dan Fiber Serat Strapping Band.

Penelitian yang telah dilakukan pada penambahan filler dari serbuk marmer dan fiber dari strapping band pada campuran bahan paving normal (1semen : 8 pasir), disimpulkan sebagai berikut:

- a. Penambahan filler pada campuran bahan paving relative tidak menambah nilai kuat tekan paving, begitu pula pada penambahan fiber.
- b. Pengujian beban kejut pada penambahan serbuk marmer tidak meningkatkan ketahanan kejut dari paving. Paving dengan penambahan serat strapping band 0,5% dapat meningkatkan nilai ketahanan kejut sampai 516 % dari paving normal. Penambahan fiber pada paving yang mengandung filler 20 %, nilai ketahanan kejut dapat meningkat sampai 357 % pada kadar 0,75 %.
- c. Nilai penyerapan air pada paving yang ditambah filler akan cenderung turun, sebaliknya paving yang ditambahkan fiber penyerapan airnya bertambah. Penyerapan terbesar terjadi pada paving dengan jumlah fiber 0,75 %.
- d. Performance paving (kuat tekan dan ketahanan kejut) tidak dapat dilakukan dengan penambahan filler serbuk marmer. Penambahan fiber akan meningkatkan ketahanan kejut paving yang cukup baik dengan kadar sampai 0,5 %.

Adapun kesamaan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1) Menggunakan Limbah Strapping Band.

5. Kurnia Hadi Putra & Jamila Wahdana (2019) Studi Experimental Penambahan Limbah Keramik Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Laston (AC-WC) Terhadap Karakteristik Uji Marshall.

Mengingat efek samping dari pemeriksaan di pusat penelitian dan penyelidikan informasi yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Sebuah. Tes marshal yang telah dilakukan memenuhi semua detail
- b. Perluasan pemborosan tanah liat sebesar 25% dimana nilai VIM sebesar 4,09%, nilai VMA sebesar 15,52%, VFB sebesar 73,65%, nilai arus sebesar 2,50 mm, nilai kesehatan sebesar 1299,83 kg dan nilai Marshall Quotient sebesar 519,93kg /mm

Adapun kesamaan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Menggunakan metode Pengujian Marshall dan Cantabro.

BAB III

METODE PENELITIAN

III.1 Waktu dan Lokasi

Penelitian di laksanakan selama \pm dua bulan yaitu dari bulan Februari s/d Maret 2022. Lokasi penelitian ini dilakukan dilaboratorium 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 Agregat

Adapun Alat Pengujian yang digunakan pada pengujian agregat sebagai berikut :

1. Alat Pengjian Marshall Test
2. Automatic asphalt Compactor
3. Ayakan dengan nomor saringan 1,5", 1", ¾", ½", 3/8", #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200
4. Mesin penggetar ayakan (Sieve Shaker)
5. Oven
6. Timbangan (kapasitas 50kg)
7. Alat uji berat jenis (picnometer, timbangan, pemanas)
8. Bak perendam

b. Alat Bantu

1. Ejektor
2. Panci pencampur
3. Kompor pemanas
4. Thermometer
5. Sendok Mengaduk
6. Kaos tangan
7. Spatula

8. Timbangan

III.2.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan

1. Agregat kasar
2. Agregat halus
3. Aspal Minyak
4. Limbah *strapping band*

III.3 Metode Pengumpulan Data

Cara yang paling umum untuk memperoleh informasi sebagai bahan dasar dalam eksplorasi ini, dua strategi untuk bermacam-macam informasi akan digunakan sebagai berikut:

1. Menulis studi, untuk memperoleh informasi tambahan dengan memahami buku, artikel logis sebagai alasan hipotetis untuk kesempurnaan eksplorasi ini.
2. Uji penilaian dilakukan di laboratorium untuk memperoleh informasi penting yang akan digunakan dalam membedah akibat dari eksplorasi yang dilakukan

Aspal berongga diproduksi dengan menggunakan penambahan limbah *Strapping band* yang selanjutnya akan dilakukan observasi untuk mengetahui nilai karakteristik *Marshall* yang dilakukan.

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penelitian yang dilakukan dilaboratorium, dengan mengacu pada:

1. Standar Nasional Indonesia (SNI),
2. Spesifikasi Bina Marga

III.4 Pelaksanaan Penelitian

III.4.1 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

1. Tahap persiapan/ Studi literatur

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

2. Tahap persiapan alat dan bahan

Sebelum kegiatan penelitian dilaksanakan hal yang perlu dilakukan terlebih dahulu yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan. Dalam kegiatan ini meliputi: kegiatan survey lokasi untuk pengambilan bahan material yang akan digunakan, pengangkutan bahan penelitian dari lokasi pengambilan bahan ke laboratorium.

3. Tahap pengujian sifat bahan karakteristik

Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari setiap bahan material yang akan digunakan untuk bahan campuran aspal berongga. Agar diketahui bahan material tersebut memenuhi standar spesifikasi yang digunakan yaitu *SNI* (Standar Nasional Indonesia).

III.4.2 Pemeriksaan Sifat-Sifat Bahan

A. Pengujian Material Agregat

Pengujian material agregat ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisik yang dimiliki oleh agregat yang akan digunakan pada campuran benda uji. Material agregat yang memenuhi standar sifat fisik yang akan digunakan pada pembuatan material. Pada pengujian agregat ini akan dilakukan dapat dilihat pada dibawa ini.

Tabel III. 1 Metode Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian	Metode Pengujian	
	Agregat Kasar	Agregat Halus
Analisa 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 dengan mesin Los Angeles	SNI 2417-2008	
Indeks Kepipihan	SNI 03-4137-1996	
Sand Equivalent	SNI 03-4428-1997	

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga

B. Pemilihan Tipe Gradasi

Derajat total mempengaruhi ukuran rongga antara butir yang akan menentukan keamanan dan kesederhanaan eksekusi secara bersamaan. Derajat total mempengaruhi ukuran rongga antara butir yang akan menentukan kekuatan dan kesederhanaan eksekusi secara bersamaan, Kajian ini mengacu pada standar derajat Spesifikasi Bina Marga.

III.4.3 Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji menggunakan Langkah – Langkah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan agregat sesuai dengan komposisi variasi campuran yang telah ditentukan.
2. Panaskan agregat hingga mencapai suhu $\pm 150^{\circ}\text{C}$
3. Setelah mencapai suhu tersebut, campurkan agregat dengan aspal minyak
4. Campuran dipadatkan dengan *Marshall Compaction* pada suhu $\pm 120^{\circ}\text{C}$, dengan tumbukan sebanyak 2 x 75

Pengujian yang akan dilakukan yakni aspal berongga yang meliputi komposisi campuran aspal berongga (*mix asphalt porous*) serta pengujian benda uji aspal brongga. Setelah pengujian bahan material dan memenuhi spesifikasi untuk pembuatan benda uji, komposisi campuran yang akan digunakan pada penelitian ini adalah komposisi campuran dengan gradasi terbuka (*open graded*) yang akan

mengacu pada ketentuan campuran aspal berongga gradasi Bina Marga.

Tabel III. 2 Jumlah Benda Uji

No	Variasi Filler Limbah Strapping Band	Pengujian marshall	Pengujian cantabro
1	0%	3	3
2	2%	3	3
3	4%	3	3
Jumlah		18	

III.4.4 Pengujian Benda Uji

Pada pengujian benda uji aspal berongga ini menggunakan metode Pengujian karakteristik *Marshall*. Metode pengujian yang dilakukan ditunjukkan pada tabel III.3 pengujian yang dilakukan terhadap benda uji yang berupa briket aspal porus merupakan pengujian sifat-sifat mekanis dalam menerima beban statis yang diberikan.

Tabel III. 3 Pengujian dan Metode Karakteristik

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

A. Cara-cara pengujian Marshall, sebagai berikut:

- a. Timbang dan catat briket benda uji.
- b. Rendam benda uji di dalam air biasa selama ± 24 jam.
- c. Keluarkan benda uji setelah benda uji direndam selama ± 24 jam kemudian timbang benda uji di dalam air dan dalam keadaan kering permukaan.
- d. Setelah itu, rendam benda uji dalam bak perendam (*water bath*) selama 30 – 40 menit dengan suhu tetap 60°C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$).
- e. Keluarkan benda uji dari bak perendam dan letakkan ke dalam segmen bawah kepala penekan (waktu yang diperlukan dari saat

diangkatnya benda uji dari bak perendaman atau oven sampai tercapainya beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik).

- f. Memasang segmen atas di atas benda uji, dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
- g. Memasang arloji pengukur alir (*flow*) pada kedudukannya di atas salah satu batang penuntun dan atur kedudukan jarum penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan.
- h. Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda ujinya dinaikkan sehingga menyentuh alas cincin penguji.
- i. Mengatur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol.
- j. Pembebanan dilakukan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (*stability*) yang dicapai
- k. Mencatat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur alir pada saat pembebanan maksimum tercapai.

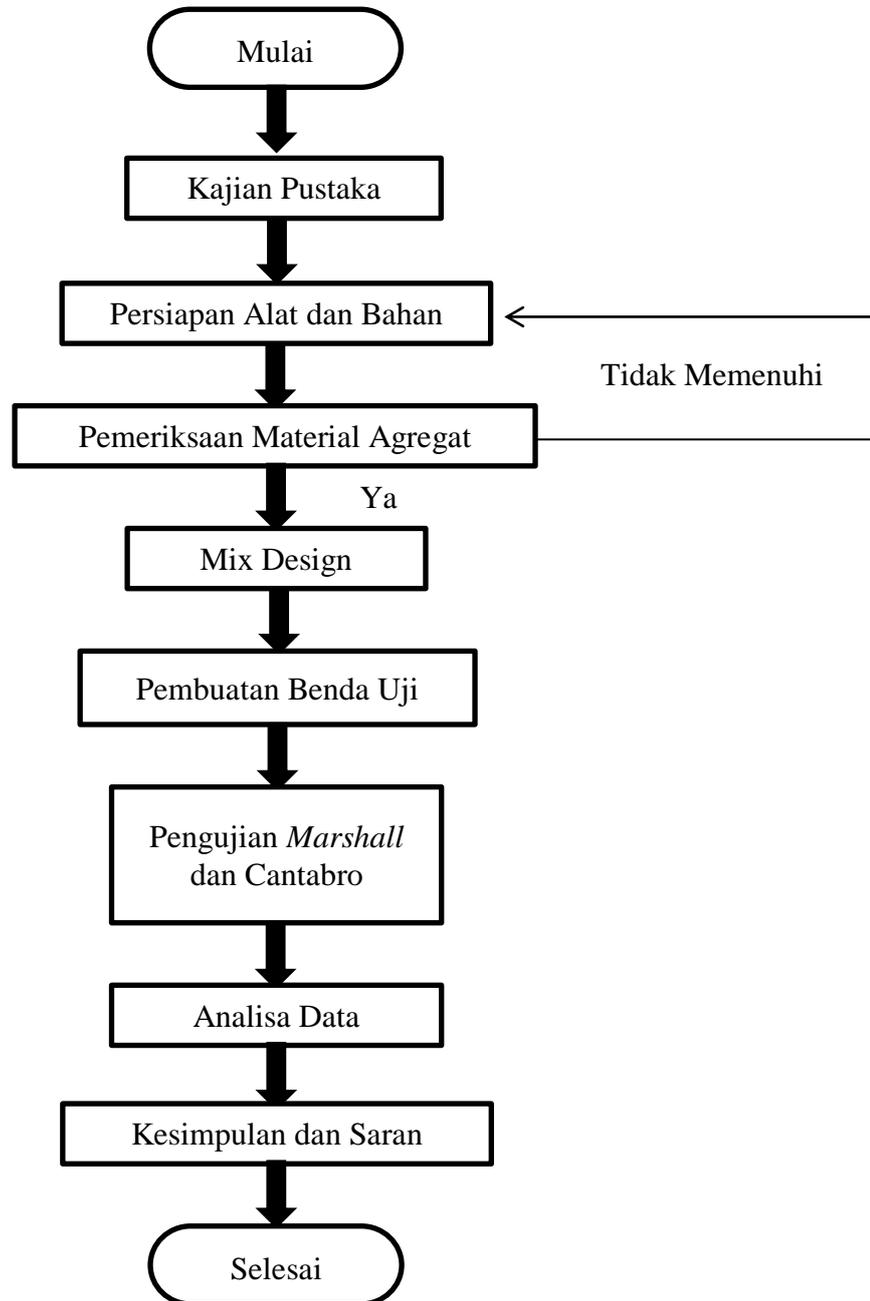
Cara Pengujian Cantabro

- a. Timbang dan catat benda uji
- b. Pada pengujian ini, benda uji di diamkan dengan suhu ruang selama ± 24 jam.
- c. Sejak saat itu, masukkan objek uji ke dalam mesin penganalisis area tergores mesin Los Angeles dengan poros 300 pemberontakan tanpa menggunakan bola baja.
- d. Kemudian timbang dan catat benda uji setelah pengujian.

III.5 Analisa Data

Pada penelitian ini analisa data-data yang diperoleh dari hasil pengujian yang disajikan dalam tabel, grafik, dan gambar yang kemudian dilakukan analisa. Sebelum dilakukan mix design pada penelitian ini, dilakukan trial mix agar dapat mengetahui gradasi campuran pada benda uji. Analisa data pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall dan nilai abrasi.

III.6 Bagan Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV. 1 Hasil Uji 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	Spek.bina marga	Hasil pengujian	keterangan
1	Penyerapan air	Maksimal 3	2,91	Memenuhi (lampiran 1)
2	Berat jenis spesifik			
	a. berat jenis bulk	Maksimal 3	2,31	Memenuhi (lampiran 1)
	b.berat jenis SSD	Maksimal 3	2,37	Memenuhi (lampiran 1)
	c. berat jenis semu	Maksimal 3	2,47	Memenuhi (lampiran 1)
3	Keausan	Maksimal 40	31,8	Memenuhi (lampiran 3)
4	Indeks kepipihan	Maksimal 30	24,8	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	Jenis pengujian	Spek.bina marga	Hasil pengujian	keterangan
1	Penyerapan air	Maksimal 3	2,57	Memenuhi (lampiran 2)
2	Berat jenis spesifik			
	a. berat jenis bulk	Maksimal 3	2,02	Memenuhi (lampiran 2)
	b.berat jenis SSD	Maksimal 3	2,06	Memenuhi (lampiran 2)
	c. berat jenis semu	Maksimal 3	2,12	Memenuhi (lampiran 2)
3	Kadar lumpur	Maksimum 5	4,73	Memenuhi (lampiran 5)

Sumber: Hasil Pengujian Dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil UNIFA

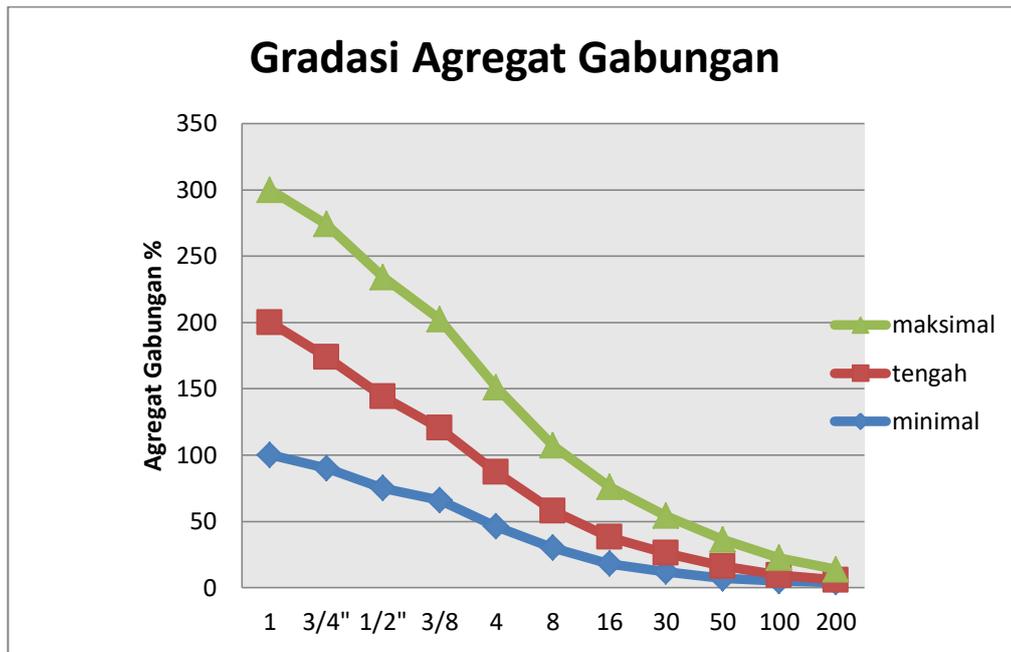
IV. 2 Gradasi Agregat gabungan

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

Tabel IV.3 Gradasi agregat gabungan

SIEVE NOMOR		1	3/4	1/2	3/8	No. 4	No. 8	No.16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
BATU PECAH	% PASS	100	80,00	61,33	43,00	26,33	10,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
80	% BATCH	80	64	49,07	34,40	21,07	8,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PASIR	% PASS	100	100	100	100	100	100,00	100,00	70,00	46,00	21,00	9,00
15	% BATCH	15	15	15	15	15	15	15	10,5	6,9	3,15	1,35
DEBU BATU	% PASS	100	100	100	100	100	100,00	100,00	72,00	46,00	24,00	10,00
5	% BATCH	5	5	5	5	5	5	5	3,6	2,3	1,2	0,5
AGREGAT GABUNGAN		100	84	69,07	54,40	41,07	28,00	20,00	14,10	9,20	4,35	1,85
SPESIFIKASI		100	90-100	75-90	66-82	46-64	30-49	18-38	12-28	7-20	5-13	4-8

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, flowdan Marshall Quotient dari campuran aspal benda uji.

Tabel IV.4 Hasil Pengujian Nilai Marshall Test.

Varasi Subtitusi Bottom ash	No. Sampel	Nilai Hasil Pengujian Marshall					
		VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
0%	1	6,54	21,77	69,96	930,00	3,30	281,82
	2	21,14	33,99	37,81	775,00	3,20	242,91
	3	23,97	36,36	34,08	762,60	3,10	246,00
Rata-rata		17,21	30,7	47,28	822,53	3,20	256,67
2%	1	26,36	38,36	31,28	762,60	3,10	246,00
	2	23,97	36,36	34,08	1085,00	2,60	417,31
	3	17,37	30,83	43,67	632,40	4,10	154,24
Rata-rata		22,57	35,18	36,34	826,67	3,27	272,52
4%	1	27,87	39,62	29,66	744,00	3,00	248,00
	2	26,31	38,31	31,34	930,00	2,90	320,69
	3	25,91	37,98	8,14	744,00	3,00	248,00
Rata-rata		26,69	38,64	23,05	806,00	2,97	272,23

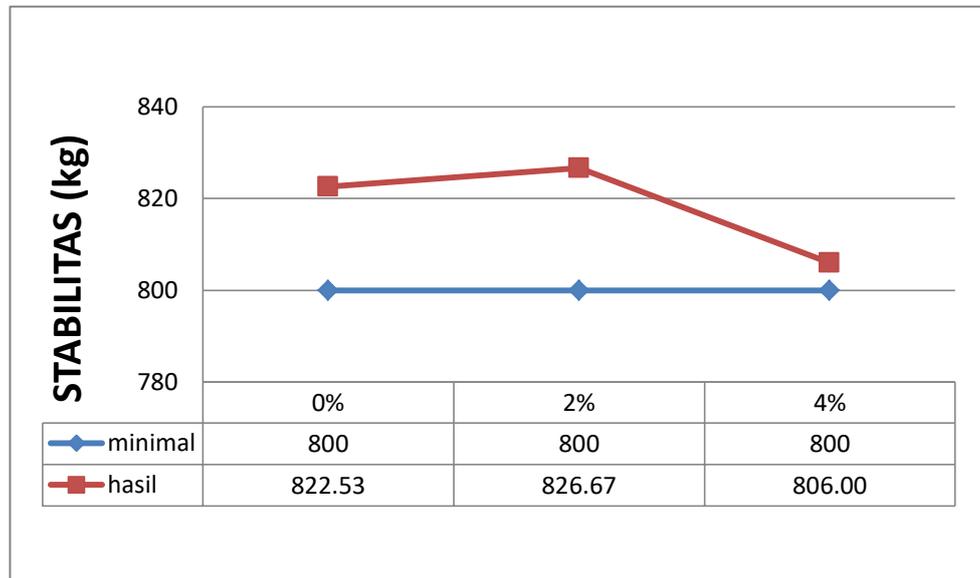
Sumber: Hasil Pengujian Dan Perhitungan Laboratorium Teknik Sipil, UNIFA



Gambar IV. 2 1 Alat Pengujian Marshall Test

A. Stabilitas

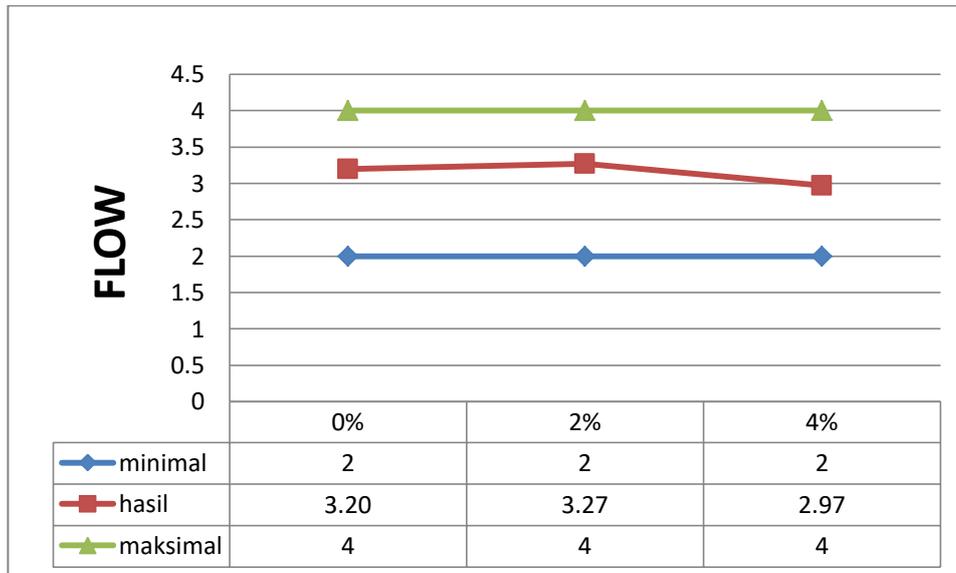
Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018, yang menunjukkan bahwa nilai minimal pada stabilitas adalah 800 Kg. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar IV.3



Gambar IV.3 Hubungan Variasi Limbah Strapping Band dengan Stabilitas

Dari tabel IV.4 terlihat pada gambar IV.3 hubungan antara variasi Limbah *Strapping Band* (%) dengan Stabilitas. Variasi Limbah *Strapping Band* untuk variasi 0%, 2%, dan 4% sebesar 822,53 kg, 826,67 kg, dan 806,00 kg. Nilai stabilitas yang di peroleh memnuhi standar spesifikasi bina marga, sehingga Limbah *Strapping Band* dapat digunakan pada campuran lapis AC-BC

B. Kelelehan (*Flow*)

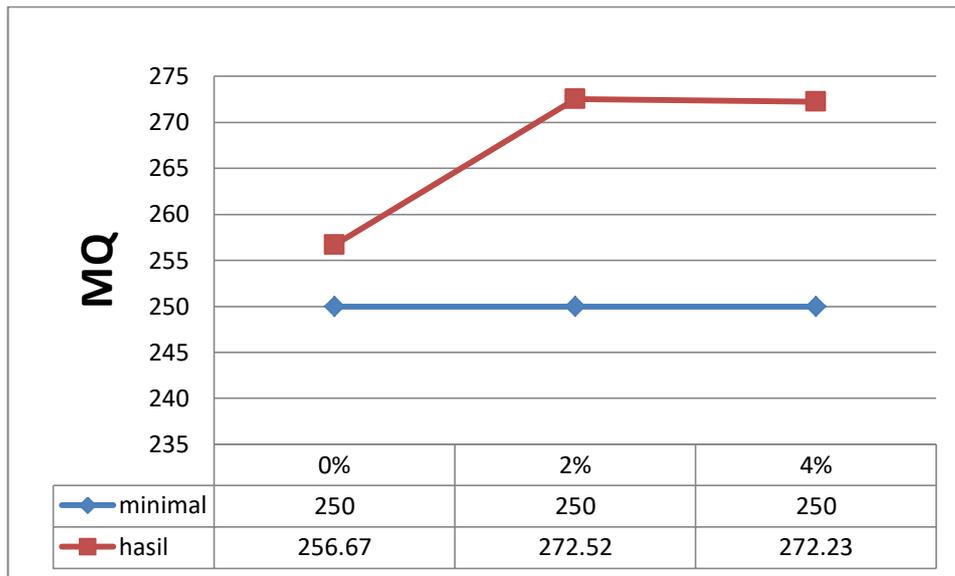


Gambar IV.4 Hubungan variasi limbah Strapping Band dengan *flow*

Dari Tabel IV.4 menunjukkan pada Gambar IV.4 hubungan antara variasi limbah Strapping Band (%) dengan Flow. Variasi limbah Strapping Band untuk variasi 0%, 2%, dan 4% adalah 3,20 mm, 3,27 mm dan 2,97 mm. Nilai flow yang diperoleh telah memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga, sehingga bahan variasi limbah Strapping Band dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-BC.

C. Marshall Qoutient (*MQ*)

Berdasarkan hasil pengujian nilai Marshall Quitient pada spesifikasi Bina Marga, dengan kadar aspal optimum sebesar 5,5% dan penambahan variasi filler limbah ampas tebu yaitu 0%, 2% dan 4% di lihat pada gambar IV.5



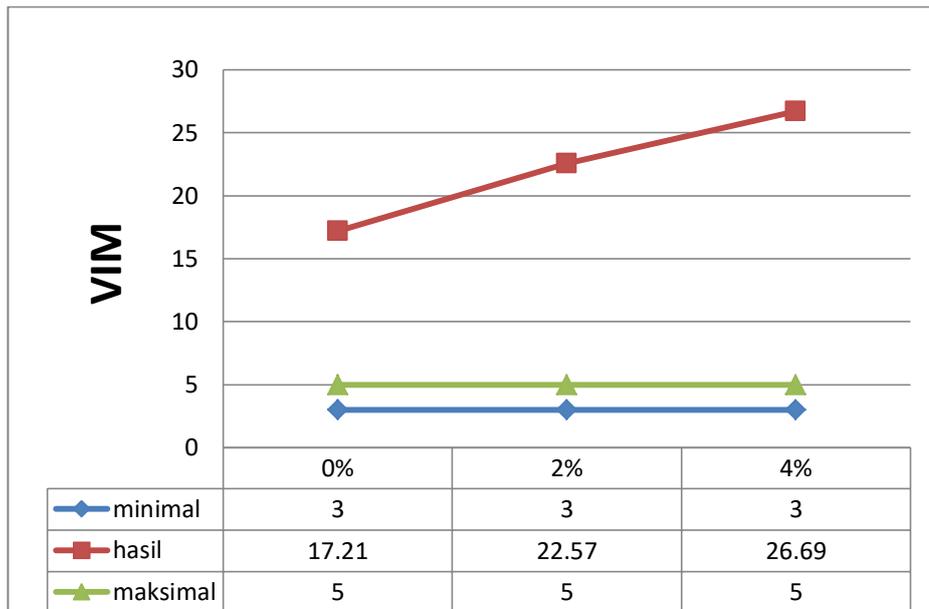
Gambar IV.5 Hubungan variasi limbah Strapping Band dengan (*MQ*)

Dari Tabel IV.4 dapat dilihat pada Gambar IV.5 hubungan antara nilai variasi Strapping Band (%) dengan variasi nilai Marshall Quotient. Variasi filler limbah Strapping Band untuk variasi 0%, 2%, dan 4% sebesar 256,67 kg, 272,52 kg dan 272,23 kg. Nilai Marshall Quotient yang diperoleh memenuhi standar spesifikasi bina marga, sehingga variasi filler limbah Strapping Band dapat digunakan pada aspal AC-BC.

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.

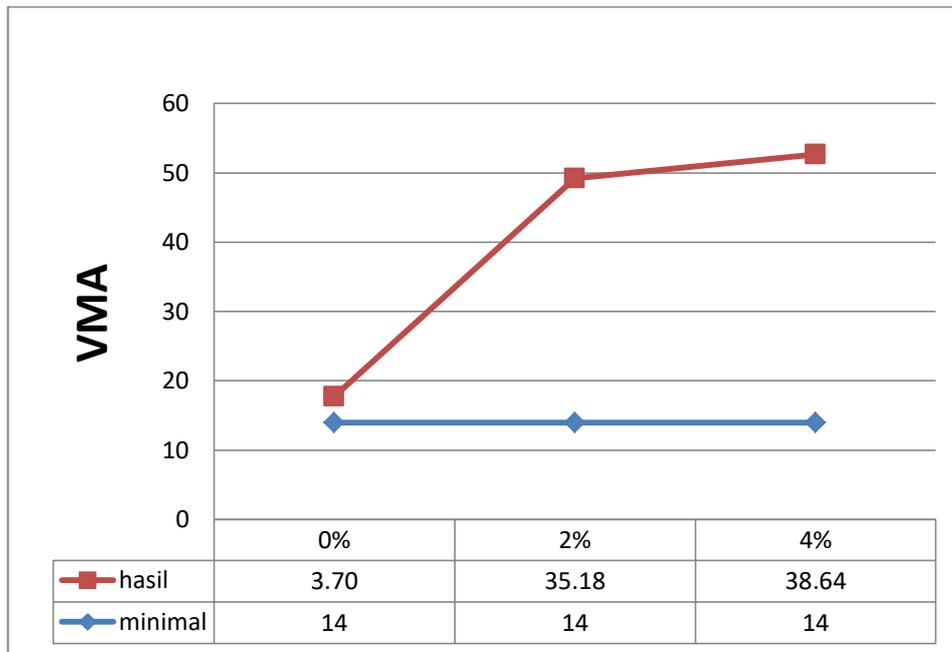


Gambar IV.6 Hubungan variasi limbah Strapping Band dengan VIM

Dari tabel IV.4 terlihat pada gambar IV.6 hubungan antara nilai variasi Limbah *Strapping Band* (%) dengan *Vim* %. Nilai variasi Limbah *Strapping Band* untuk variasi 0%, 2%, dan 4% sebesar 17,21%, 22,57%, dan 26,69% nilai *Vim* % yang di peroleh tidak memenuhi standar penentuan bina marga, sehingga *Strapping Band* tidak dapat dimanfaatkan pada kombinasi lapisan AC-BC.

E. VMA (*Void In Mineral Agregat*)

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%.



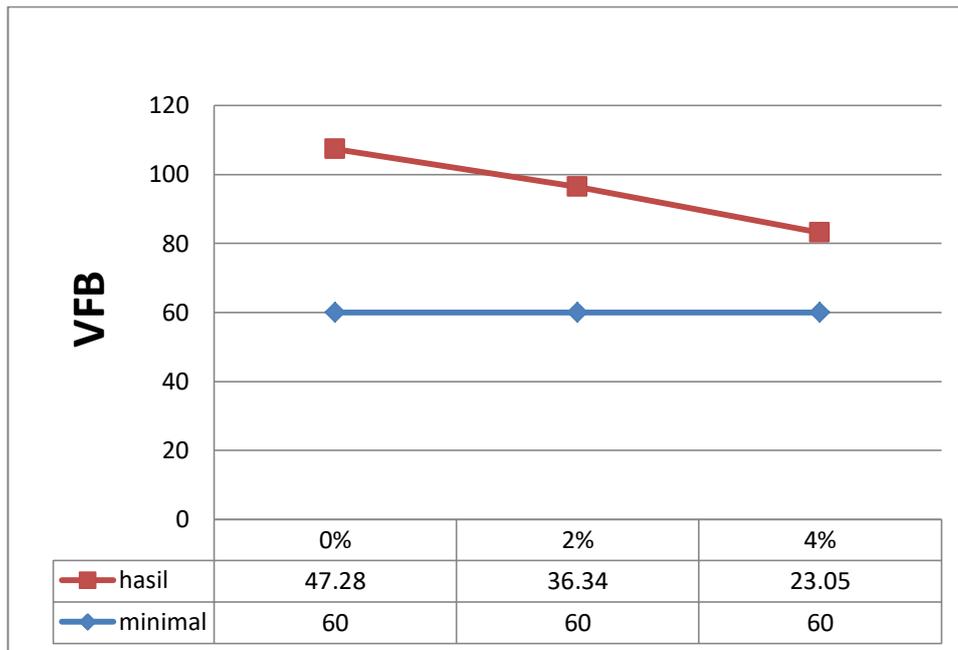
Gambar IV.7 Hubungan variasi limbah Strapping Band dengan VMA

Pada Tabel IV.4 menunjukkan pada Gambar IV.7 hubungan antara nilai variasi limbah Strapping Band(%) dan VMA (%). Nilai variasi limbah Strapping Band untuk variasi 0%, 2%, dan 4% adalah 3,70,%, 35,18% dan 38,64%. nilai VMA yang diperoleh telah memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga, sehingga variasi limbah Strapping Band dapat digunakan pada campuran lapisan aspal AC-BC.

F. VFB (*Void Filler In Bitume*)

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.



Gambar IV.8 Hubungan variasi limbah Strapping Band dengan VFB

Dari tabel IV.4 terlihat pada gambar IV.8 hubungan antara nilai variasi Limbah *Strapping Band* (%) dengan Vfb (%). variasi *Limbah Strapping Band* untuk variasi 0%, 2%, dan 4% sebesar 47.28%, 36.34% dan 23.05% Nilai Vfb (%) yang di peroleh tidak memenuhi standar penentuan bina marga, sehingga *Strapping Band* tidak dapat dimanfaatkan pada kombinasi lapisan AC-BC.

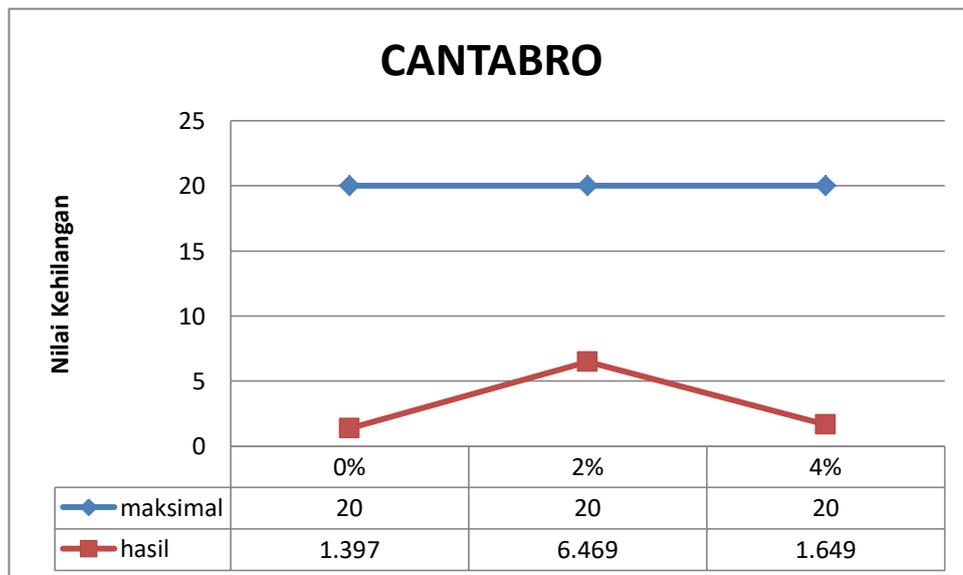
IV. 4. Pegujian Cantabro

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

Variasi Bottom Ash	No. Sample	Kadar Aspal	Berat Sebelum Pengujian (Mo)	Berat Setelah Pengujian (Mi)	Kehilangan Berat (Mo-Mi)	Rata-Rata Kehilangan Berat	Spesifikasi BINA MARGA
(%)		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)
0	1	5,5	1144	1124	20	1,748	Maks.20
	2		1146	1122	24	2,094	
	3		1151	1147	4	0,348	
	Rata-Rata		1147	1131	16	1,397	
2	1	5,5	1135	1125	10	0,881	
	2		1203	1056	147	12,219	
	3		1126	1055	71	6,306	
	Rata-Rata		1155	1079	76	6,469	
4	1	5,5	1190	1172	18	1,513	
	2		1200	1178	22	1,833	
	3		1187	1168	19	1,601	
	Rata-Rata		1192	1173	20	1,649	

Uji Cantabro menunjukkan hasil ketahanan benda uji. Semakin rendah nilai penurunan berat pada benda uji, maka benda uji tersebut semakin kuat



Gambar IV.9 Hubungan variasi limbah Strapping Band dan Cantabro

Dari tabel IV.4 terlihat pada gambar IV.9 hubungan antara variasi Limbah *Strapping Band* (%) dengan kehilangan berat (%). Nilai variasi Limbah *Strapping Band* untuk variasi 0%, 2%, dan 4% sebesar 1.397%, 6,469% dan 1.649%. Nilai Kehilangan berat yang di peroleh memnuhi standar spesifikasi bina marga, Limbah *Strapping Band* sehingga dapat digunakan pada campuran lapis AC-BC

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V. 1 Kesimpulan

1. Kinerja marshall dengan benda uji gradasi Bina Marga telah menunjukkan hasil pada nilai Stabilitas, *Flow*, Marshall Quotient (*MQ*), VMA, VIM pada variasi limbah *Strapping Band* yaitu pada variasi 0% 2% dan 4% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga, dan pada nilai VFB dengan variasi 0% 2% dan 4% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga karena disebabkan oleh kenaikan nilai VMA. Jika nilai rongga antara agregat VMA lebih besar, maka persentase rongga berisi aspal yang menutupi agregat akan lebih rendah
2. Tes Cantabro pada benda uji gradasi Bina Marga dengan nilai hasil rata-rata yaitu pada variasi 0%, 2%, dan 4% adalah sebesar 1.397%, 6,469% dan 1.649%. Nilai kehilangan yang diperoleh telah memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga yaitu max 20%.

V. 2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis aspal yang berbeda. Untuk mengetahui sejauh mana limbah *Strapping band* dapat digunakan pada campuran beraspal.
2. Melakukan penelitian tambahan dengan memanfaatkan berbagai macam jenis sampah plastik merupakan hal yang mendasar.
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan variasi yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga Pekerjaan Umum (2010) Spesifikasi Pengujian Test Marshall.
- Bahan, D. P., Untuk, A., Jalan, P., Bahan, M., Untuk, A., & Lentur, P. (n.d.). *Diklat Penggunaan Bahan & Alat Untuk Pekerjaan Jalan & Jembatan*. 1–84.
- Boedi, R., & Azizah, N. (2017). Kinerja campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course(Hrs-Wc) dengan filler abu ampas tebu. *Bangunan*, 22(2), 11–20.
- Kasan, M. (2013, Mei 2). Karakteristik Beton Aspal Lapis Pengikat (AC-BC) yang Menggunakan Bahan Pengisi (Filler) Abu Sekam Padi. *Majalah Ilmiah Mektek*, 94-100.
- Maronci, U. (2020). Analisis Tegangan Pada Struktur Perkerasan Kaku Yang Dilapisi Aspal Berongga Akibat Beban Statik. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 3(1), 44. <https://doi.org/10.32662/gojise.v3i1.863>
- Mau, M. Y., Hunggurami, E., & Sir, T. M. W. (2018). Kuat Tekan Beton Menggunakan Agregat Halus Sungai Benlelang Dan Sungai Lembur Serta Agregat Kasar Sungai Lembur. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 31–36.
- Prasetyo, W.H. 2018, Pengaru Rasio Ukuran Serat Polypropylene (PP) Strapping Band Pada Self Compacting Concrete (SCC) Terhadap Sifat Mekanis Beton
- Ratna, 2015, Penelitian Awal Tentang Pemanfaatan Polyethylene Strapping Band Sebagai Tulangan Pada Balok Beton Bertulang.
- Riauputra, P. V. (2018, February 5). *Perbedaan dari Aspal AC-WC dan AC-BC*. Dipetik 6 Kamis, 2022,dari Perbedaan dari Aspal AC-WC dan AC-BC: <https://virajayariauputra.com/blog/?p=355>
- Sugiyatno, 2020, Karakteristik Paving Block dengan Penambahan Filler Limbah Marmer dan Fiber Serat Strapping Band.
- Suryadi, A. 2019, Analisis Kuat Tarik Belah Terhadap Pemanfaatan Limbah Strapping Band Sebagai Substitusi Pasir Pada Beton Normal.

LAMPIRAN



LABORATORIUM JALAN RAYA & ASPAL
PRODI SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS FAJAR

Jl. Prof. Abdurrahman Basalamah No. 101 Makassar 90231

Lampiran 1 : Pemeriksaan Absorpsi dan Berat Jenis Agregat
Dikerjaan : Muh. Azfar Kais
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 2500gr Agregat Kasar
Agregat Kasar : Chipping

Jenis Penelitian		Hasil Perhitungan
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, 23 September 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

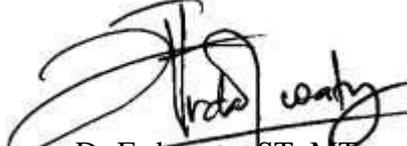
Lampiran 2 : Pemeriksaan Absorpsi dan Berat Jenis Agregat
 Dikerjaan : Muh. Azfar Kais
 Diperiksa :
 Pengujian : Karakteristik Agregat
 Penelitian : Tugas Akhir
 Berat Bahan : 500gr
 Agregatr Halus : Pasir

Jenis Penelitian		Hasil Perhitungan
Berat Contoh Kering Oven (gr)	A	487,50
Berat Botol + air Sampai Batas Kalibrasi (gr)	B	663,00
Berat Contoh + botol + air Sampai Batas Kalibrasi (gr)	C	878,50
Berat Jenis bulk (atas dasar kering oven)	$\frac{A}{B + 500 - C}$	2,02
Berat Jenis bulk (atas dasar kering permukaan)	$\frac{500}{B + 500 - C}$	2,06
Berat jenis Semu	$\frac{B}{B - C}$	$\frac{A}{B + A - C}$ 2,012
Penyerapan Air	$\frac{A}{A - C}$	$\frac{500-A}{A} \times 100\%$ 2,57

Makassar, 23 September 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
 Dikerjaan : Muh. Azfar Kais
 Diperiksa :
 Pengujian : Karakteristik Agregat
 Penelitian : Tugas Akhir
 Berat Bahan : 5000gr
 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, 23 September 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 : Muh. Azfar Kais
 Diperiksa :
 Pengujian : Karakteristik Agregat
 Penelitian : Tugas Akhir
 Berat Bahan : 1000gr
 Agregat Kasar : Chipping

Nomor	Gradasi Saringan		Ukuran Thickness Gauge		Berat Lolos Slot (Gram)	Berat Tertahan 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
Total					248	752	1000
Indeks Kepipihan = $\frac{\text{Total Berat A}}{\text{Total Berat C}} \times 100 \%$					$\frac{248}{1000} \times 100\% = 24.8\%$		

Makassar, 23 September 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
Dikerjaan : Muh. Azfar Kais
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Agregat Halus : Pasir

A. Volume Lumpur = 9 ml

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

$$\text{Kadar Lumpur} = \frac{(A)}{(B)} \times 100\% = 4,73 \text{ ml}$$

Makassar, 23 September 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 Analisis Saringan Agregat Kasar
Dikerjaan : Muh. Azfar Kais
Diperiksa :
Pengujian : Analisa Saringan
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 1500gr
Agregat Kasar : Chipping

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
1	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	300,00	300,00	20,00	80,00
1/2"	280,00	580,00	38,67	61,33
3/8"	275,00	855,00	57,00	43,00
4	250,00	1105,00	73,67	26,33
8	245,00	1350,00	90,00	10,00
16	150,00	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, 23 September 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 Analisis Saringan Agregat Halus
Dikerjaan : Muh. Azfar Kais
Diperiksa :
Pengujian : Analisa Saringan
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 1000gr
Agregat Halus : Pasir

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
1	0,00	0,00	0,00	100,00
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	0,00	0,00	0,00	100,00
16	0,00	0,00	0,00	100,00
30	300,00	300,00	30,00	70,00
50	240,00	540,00	54,00	46,00
100	250,00	790,00	79,00	21,00
200	120,00	910,00	91,00	9,00
PAN	90,00	1000,00	100,00	0,00

Makassar, 23 September 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 Analisis Saringan Agregat Halus
Dikerjakan : Muh. Azfar Kais
Diperiksa :
Pengujian : Analisa Saringan
Penelitian : Tugas Akhir
Berat Bahan : 1000gr
Agregat Halus : Abu Batu

No. Saringan	Berat Tertahan (gram)	Kumulatif Tertahan (gram)	Persen Total Tertahan (%)	Persen Lolos (%)
1	0,00	0,00	0,00	100,00
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	0,00	0,00	0,00	100,00
16	0,00	0,00	0,00	100,00
30	280,00	280,00	28,00	72,00
50	260,00	540,00	54,00	46,00
100	220,00	760,00	76,00	24,00
200	140,00	900,00	90,00	10,00
PAN	100,00	1000,00	100,00	0,00

Makassar, 23 September 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

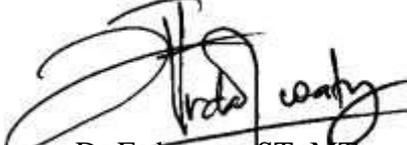
Lampiran 9 : Analisis Data Bricket Gradasi Bina Marga
Dikerjaan : Muh. Azfar Kais
Diperiksa :
Pengujian : Karakteristik Agregat
Penelitian : Tugas Akhir
Kadar Aspal : 5,5%

Material Chipping	=	(	100%	-	100%	)	x	907,2	=	0,00	gram
1	=	(	100%	-	100%	)	x	907,2	=	0,00	gram
3/4	=	(	100%	-	80,00%	)	x	907,2	=	181,44	gram
1/2	=	(	80,00%	-	61,33%	)	x	907,2	=	169,37	gram
3/8	=	(	61,33%	-	43,00%	)	x	907,2	=	166,29	gram
no. 4	=	(	43,00%	-	26,33%	)	x	907,2	=	151,23	gram
no. 8	=	(	26,33%	-	10,00%	)	x	907,2	=	148,15	gram
no. 16	=	(	10,00%	-	0,00%	)	x	907,2	=	90,72	gram
no. 30	=	(	0,00%	-	0,00%	)	x	907,2	=	0,00	gram
no. 50	=	(	0,00%	-	0,00%	)	x	907,2	=	0,00	gram
no. 100	=	(	0,00%	-	0,00%	)	x	907,2	=	0,00	gram
no. 200	=	(	0,00%	-	0,00%	)	x	907,2	=	0,00	gram
PAN	=	(	0,00%	-	0,00%	)	x	907,2	=	0,00	gram
1	=	(	100%	-	100%	)	x	170,1	=	0,00	gram
3/4	=	(	100%	-	100%	)	x	170,1	=	0,00	gram
1/2	=	(	100%	-	100%	)	x	170,1	=	0,00	gram
3/8	=	(	100%	-	100%	)	x	170,1	=	0,00	gram
no. 4	=	(	100%	-	100%	)	x	170,1	=	0,00	gram
no. 8	=	(	100%	-	100%	)	x	170,1	=	0,00	gram
no. 16	=	(	100%	-	100%	)	x	170,1	=	0,00	gram
no. 30	=	(	100%	-	70,00%	)	x	170,1	=	51,03	gram
no. 50	=	(	70,00%	-	46,00%	)	x	170,1	=	40,82	gram
no. 100	=	(	46,00%	-	21,00%	)	x	170,1	=	42,53	gram
no. 200	=	(	21,00%	-	9,00%	)	x	170,1	=	20,41	gram
PAN	=	(	9,00%	-	0,00%	)	x	170,1	=	15,31	gram
1	=	(	100%	-	100%	)	x	56,7	=	0,00	gram
3/4	=	(	100%	-	100%	)	x	56,7	=	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%	-	72,00%	)	x	56,7	=	15,88	gram
no. 50	=	(	72,00%	-	46,00%	)	x	56,7	=	14,74	gram
no. 100	=	(	46,00%	-	24,00%	)	x	56,7	=	12,47	gram
no. 200	=	(	24,00%	-	10,00%	)	x	56,7	=	7,94	gram
PAN	=	(	10,00%	-	0,00%	)	x	56,7	=	5,67	gram

Makassar, 23 September 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 10 : Analisa Data Pengujian Marshall
Dikerjakan : Muh. Azfar Kais

Varasi Subtitusi Bottom ash	No. Sampel	Nilai Hasil Pengujian Marshall					
		VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
0%	1	6,54	21,77	69,96	930,00	3,30	281,82
	2	21,14	33,99	37,81	775,00	3,20	242,91
	3	23,97	36,36	34,08	762,60	3,10	246,00
Rata-rata		17,21	30,7	47,28	822,53	3,20	256,67
2%	1	26,36	38,36	31,28	762,60	3,10	246,00
	2	23,97	36,36	34,08	1085,00	2,60	417,31
	3	17,37	30,83	43,67	632,40	4,10	154,24
Rata-rata		22,57	35,18	36,34	826,67	3,27	272,52
4%	1	27,87	39,62	29,66	744,00	3,00	248,00
	2	26,31	38,31	31,34	930,00	2,90	320,69
	3	25,91	37,98	8,14	744,00	3,00	248,00
Rata-rata		26,69	38,64	23,05	806,00	2,97	272,23

Makassar, 23 September 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 11 : Analisa Data Pengujian Cantabro
Dikerjaan : Muh. Azfar Kais

Variasi Bottom Ash	No. Sample	Kadar Aspal	Berat Sebelum Pengujian (Mo)	Berat Setelah Pengujian (Mi)	Kehilangan Berat (Mo-Mi)	Rata-Rata Kehilangan Berat	Spesifikasi BINA MARGA
(%)		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(%)	(%)
0	1	5,5	1144	1124	20	1,748	Maks.20
	2		1146	1122	24	2,094	
	3		1151	1147	4	0,348	
Rata-Rata			1147	1131	16	1,397	
2	1	5,5	1135	1125	10	0,881	
	2		1203	1056	147	12,219	
	3		1126	1055	71	6,306	
Rata-Rata			1155	1079	76	6,469	
4	1	5,5	1190	1172	18	1,513	
	2		1200	1178	22	1,833	
	3		1187	1168	19	1,601	
Rata-Rata			1192	1173	20	1,649	

Makassar, 23 September 2022
Mengetahui
Kordinator Laboratorium

DOKUMENTASI



Limbah Tali Strapping Band





Penggorengan Pencampuran Agregar



Penimbangan Benda Uji dalam Air



Perendaman Benda uji dalam bak perendam (*water bath*)



Pengujian Marshall Test



Pengujian Cantabro



Sebelum di Cantabro



Setelah di Cantabro



Sebelum di Marshall



Setelah di Marshall