

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-  
WC) DENGAN PENGGUNAAN TIMBUNAN PILIHAN  
SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI PASIR**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Farul Rizal**

**NIM : 30201900086**

**Muhamad Asruri**

**NIM : 30201900125**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2023**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE DENGAN  
PENGUNAAN TIMBUNAN PILIHAN SEBAGAI MATERIAL  
SUBSTITUSI PASIR**



**Farul Rizal**

**NIM : 30201900080**



**Muhamad Asruri**

**NIM : 30201900125**

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Juli 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. Lisa Fitriyana, ST., MT  
NIDN : 0631128901
2. Juny Andry Sulisty, ST., MT  
NIDN : 0611118903
3. Ir. Rachmat Mudiyono, M.T., Ph. D  
NIDN : 0605016802

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng.

NIDN : 0625059102

## BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 26/A2/SA-T/III/2023.

Pada hari ini tanggal Juli 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Lisa Fitriyana, ST., MT  
Jabatan Akademik : Wakil Dekan II  
Jabatan : Dosen Pembimbing

2. Nama : Juny Andry Sulisty, ST., MT  
Jabatan Akademik : Asisten Ahli  
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut dibawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Farul Rizal

Muhamad Asruri

NIM : 30201900080

NIM : 30201900125

Judul : ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN PENGGUNAAN TIMBUNAN PILIHAN SEBAGAI MATERIAL SUBSTITUSI PASIR

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen Pembimbing	08 Maret 2023	-
2	Seminar Proposal	25 Mei 2023	ACC
3	Pengumpulan Data	23 Juni 2023	-
4	Analisis Data	06 Juli 2023	-
5	Penyusunan Laporan	14 Juli 2023	-
6	Selesai Laporan	23 Juli 2023	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

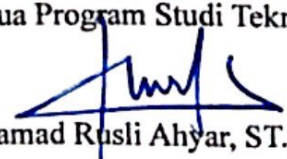
Dosen Pembimbing Pendamping

  
Lisa Fitriyana, ST., MT.

  
Juny Andry Sulisty, ST., MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

  
Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

1. NAMA : Farul Rizal  
NIM : 30201900080
2. NAMA : Muhamad Asruri  
NIM : 30201900125

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

*Analisis Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Penambahan Timbunan Pilihan Sebagai Material Substitusi Pasir*

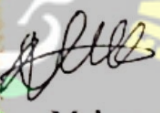
Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, /Juli/2023  
Yang membuat Pernyataan,

  
Farul Rizal

NIM : 30201900080

  
Muhamad Asruri

NIM : 30201900125




## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : Farul Rizal  
NIM : 30201900080
  2. NAMA : Muhamad Asruri  
NIM : 30201900125
- JUDUL TUGAS AKHIR : Analisis *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) Dengan Penambahan Timbunan Pilihan Sebagai Material Substitusi Pasir

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat. 


Semarang, /Juli/2023

Yang membuat pernyataan,

Farul Rizal 

NIM : 30201900080



Muhamad Asruri 

NIM : 30201900125

## MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ ۗ  
وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَّهُمْ ۗ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ ۝ ۱۱۰

Artinya :

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karena kamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik.” (QS. Ali Imran: 110)

تَعْلَمُوا وَعِلْمُوا وَتَوَاضَعُوا لِمُعَلِّمِكُمْ وَلِيَلْزَمُوا لِمُعَلِّمِكُمْ زَوَاهِ الطَّبْرَانِي

Artinya:

“Belajarlh kamu semua, dan mengajarlh kamu semua, dan hormatilah guru-gurumu, serta berlaku baiklah terhadap orang yang mengajarkanmu.” (HR Thabrani)

وَمَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَأَلَ اللَّهُ لَهُ بِهِ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ  
UNISSULA  
جامعة سلطان أبي جعفر الإسلامية

Artinya:

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga.” (HR Muslim)

مَنْ خَرَجَ جَفِطَ إِلَى الْعِلْمِ فَيُؤْتَى فَسَيَبْتَغِيهِ اللَّهُ حَتَّى يَرُدَّهُ جِع

Artinya:

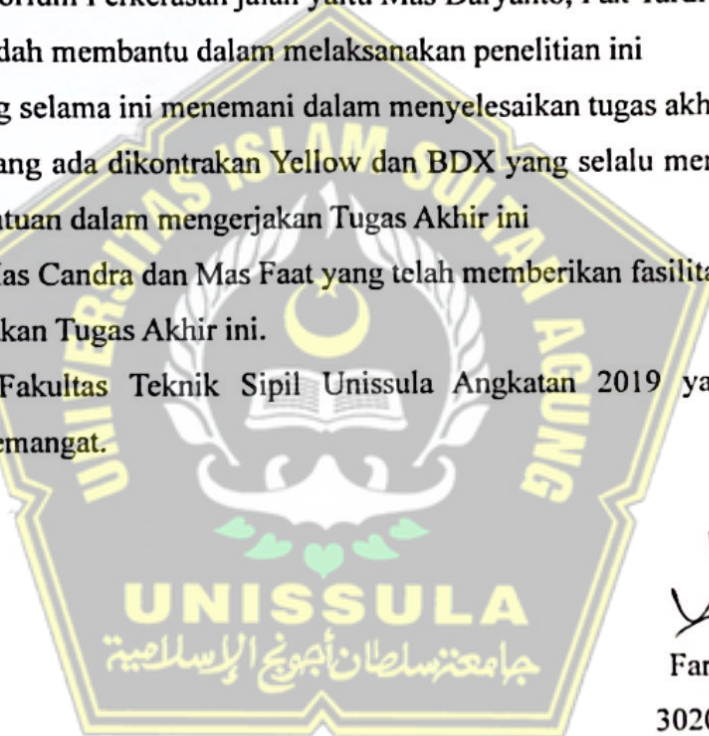
“Barangsiapa yang keluar untuk menuntut ilmu, maka ia berada di jalan Allah hingga ia pulang.” (HR Tirmidzi).

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya yang saya sayangi yaitu Bapak Suparmo dan Ibu Siti Jaryati yang telah memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, nasihat, dan tak lupa do'a nya untuk kelancaran dan kemudahan dalam mencari ilmu yang bermanfaat untuk mengejar cita-cita.
2. Asisten Laboratorium Perkerasan jalan yaitu Mas Daryanto, Pak Tardi dan juga teman” yang sudah membantu dalam melaksanakan penelitian ini
3. Farul Rizal yang selama ini menemani dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Sahabat saya yang ada dikontrakan Yellow dan BDX yang selalu memberikan support dan bantuan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini
5. Terima kasih Mas Candra dan Mas Faat yang telah memberikan fasilitas tempat untuk mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Fakultas Teknik Sipil Unissula Angkatan 2019 yang turut memberukan semangat.



Farul Rizal

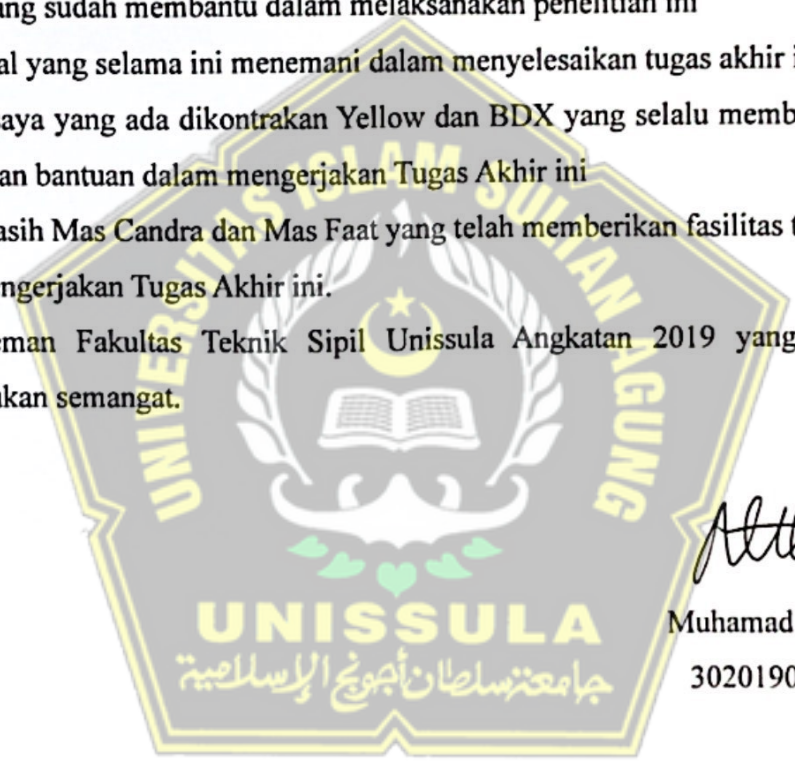
30201900080

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya yang saya sayangi yaitu Bapak Sukirman dan Ibu Sarpuji yang telah memberikan kasih sayang, motivasi, semangat, nasihat, dan tak lupa do'a nya untuk kelancaran dan kemudahan dalam mencari ilmu yang bermanfaat untuk mengejar cita-cita.
2. Asisten Laboratorium Perkerasan jalan yaitu Mas Daryanto, Pak Tardi dan juga teman” yang sudah membantu dalam melaksanakan penelitian ini
3. Farul Rizal yang selama ini menemani dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Sahabat saya yang ada dikontrakan Yellow dan BDX yang selalu memberikan support dan bantuan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini
5. Terima kasih Mas Candra dan Mas Faat yang telah memberikan fasilitas tempat untuk mengerjakan Tugas Akhir ini.
6. Teman-teman Fakultas Teknik Sipil Unissula Angkatan 2019 yang turut memberukan semangat.



Muhamad Asruri

30201900080



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan Penambahan Timbunan Pilihan Sebagai Material Substitusi Pasir” guna untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M. Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan pelayanan dalam urusan akademik.
3. Ibu Lisa Fitriyana, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu untuk memberikan waktu bimbingan selama penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Juny Andry Sulisty, ST., MT., selaku Dosen Pendamping yang selalu menyempatkan waktu untuk memberikan dan arahan selama proses penyusunan skripsi ini berlangsung.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung yang telah memberikan ilmu kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis dan juga akan manfaat bagi pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Juli 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR .....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO .....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR GRAFIK.....	xvi
Abstrak.....	xvii
Abstract.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II STUDI PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum .....	5
2.2 Penyusunan Perkerasan Jalan.....	5
2.2.1 Pengertian Agregat.....	5
2.2.2 Persyaratan Agregat.....	6
2.2.3 Gradasi Agregat.....	8
2.2.4 Karakteristik Campuran Aspal Beton.....	8
2.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	10
2.4 Pengujian Untuk Mengevaluasi Pengaruh Air Pada Campuran Aspal Panas .....	10
2.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Lapis AC-WC .....	12
2.5.1 Aspal.....	13
2.5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode Marshall .....	13
2.5.3 Pengikat Bitumen (Aspal).....	14

2.5.4 Timbunan Pilihan .....	15
2.6 Peneliti Terdahulu yang Sejenis .....	17
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>23</b>
3.1 Tipe Penelitian.....	23
3.2 Lokasi Penelitian.....	23
3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian.....	24
3.3.1 Bahan Penelitian.....	24
3.3.2 Peralatan Penelitian.....	24
3.4 Tahapan-Tahapan Rencana Penelitian.....	25
3.5 Bagan Tahapan Penelitian 3.1 .....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1 Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design).....	32
4.2 Hasil Pengujian Bahan.....	34
4.2.1 Pengujian Timbunan Pilihan .....	34
4.3 Pembuatan Benda Uji .....	36
4.4 Pemeriksaan Berat Jenis Campuran GMM.....	37
4.5 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test.....	38
4.5.1 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 1% TP. Brown Canyon dan 2% Pasir.....	38
4.5.2 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 2% TP Brown Canyon dan 1% Pasir.....	40
4.5.3 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 3% TP Brown Canyon dan 0% Pasir.....	43
4.5.4 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 1% TP. Toroh dan 2% Pasir .....	45
4.5.5 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 2% TP. Toroh dan 1% Pasir .....	47
4.5.6 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 3% TP. Toroh dan 0% Pasir .....	49
4.5.7 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 1% TP. Brati dan 2% Pasir .....	51
4.5.8 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 2% TP. Brati dan 1% Pasir .....	53
4.5.9 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 2% TP. Brati dan 1% Pasir .....	55

BAB V_KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 Kesimpulan .....	58
5.2 Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	58
LAMPIRAN.....	57



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Agregat Kasar .....	6
Tabel 2.2 Persyaratan Agregat Halus .....	7
Tabel 2.3 Spesifikasi Pengujian Aspal .....	13
Tabel 2.4 Peneliti Terdahulu yang Sejenis .....	17
Tabel 3.1 Jadwal Pengerjaan Ujian Akhir.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Tabel 4.1. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brown Canyon 1% dan 2% pasir.....	32
Tabel 4.2. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brown Canyon 2% dan 1% pasir.....	32
Tabel 4.3. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brown Canyon 3% dan 0% pasir.....	32
Tabel 4.4. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Toroh 1% dan 2% Pasir .....	33
Tabel 4.5. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Toroh 2% dan 1% Pasir .....	33
Tabel 4.6. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Toroh 3% dan 0% Pasir .....	33
Tabel 4.7. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brati 1% dan 2% Pasir .....	34
Tabel 4.8. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brati 2% dan 1% Pasir .....	34
Tabel 4.9. Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brati 3% dan 0% Pasir .....	34
Tabel 4.10. Hasil Pemeriksaan Timbunan Pilihan Brown canyon, Toroh dan Brati .....	35
Tabel 4.11 Rincian Benda Uji .....	36
Tabel 4.12 Pemeriksaan berat jenis campuran maksimum GMM (AASHTO-T.209-90). 37	
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Marshall .....	38
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Marshall .....	39
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Marshall .....	40
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Marshall .....	41
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Marsall .....	43
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Marshall .....	44
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Marshall .....	45
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Marshall .....	46
Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Marshall .....	47
Tabel 4.22 Hasil Pengujian Marshall .....	48
Tabel 4.23 Hasil Pengujian Marshall .....	49
Tabel 4.24 Hasil Pengujian Marshall .....	50
Tabel 4. 25 Hasil Pengujian Marshall .....	51
Tabel 4.26 Hasil Pengujian Marshall .....	52

Tabel 4.27 Hasil Pengujian Marshall .....	53
Tabel 4.28 Hasil Pengujian Marshall .....	54
Tabel 4.29 Hasil Pengujian Marshall .....	55
Tabel 4. 30 Hasil Pengujian Marshall .....	56



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Marshall Compaction Hammer &amp; Alat Marshall Test</i> .....	14
Gambar 4.1 Sampel Benda Uji .....	37



## DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1. Skema Kurva Keawetan .....	12
Grafik 4.1. Hasil Pemeriksaan Timbunan Pilihan.....	35
Grafik 4.2 Hasil Pengujian Marshall.....	40
Grafik 4.3 Hasil Pengujian Marshall.....	42
Grafik 4.4 Hasil Pengujian Marshall.....	45
Grafik 4.5 Hasil Pengujian Marshall.....	47
Grafik 4.6 Hasil Pengujian Marshall.....	49
Grafik 4.7 Hasil Pengujian Marshall.....	51
Grafik 4.8 Hasil Pengujian Marshall.....	53
Grafik 4.9 Hasil Pengujian Marshall.....	55
Grafik 4.10 Hasil Pengujian Marshall.....	57





## **Analisis *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* Dengan Penggunaan Timbunan Pilihan Sebagai Material Substitusi Pasir**

### **Abstrak**

Aspal merupakan material berwarna hitam yang digunakan untuk pembuatan perkerasan jalan. Aspal mempunyai sifat viksionitas yaitu akan membeku apabila dalam suhu ruang dan akan mencair apabila dipanaskan. Oleh karena itu penggunaan aspal untuk pembangunan perkerasan jalan saat ini sudah banyak dilakukan di luar jawa. Akan tetapi permasalahan komposisi pada material pasir yang sulit didapatkan untuk itu penelitian ini tujuan mendapatkan *Job Mix Design* dan pengaruh kekuatan terhadap modifikasi timbunan pilihan sebagai material substitusi pasir. Ketersediaan timbunan pilihan yang mudah didapatkan disuatu daerah yaitu pada timbunan pilihan Brown Canyon, timbunan pilihan Toroh, dan timbunan pilihan Brati.

Pada eksperimen yang dilaksanakan dilaboratorium menggunakan timbunan pilihan sebagai substitusi pasir dengan komposisi 1%, 2%, dan 3% setiap pembuatan benda uji timbunan pilihan Brown Canyon, timbunan pilihan Toroh dan timbunan pilihan Brati. Ada beberapa pengujian bahan yang akan dilakukan seperti pengujian analisa saringan, kadar air, berat jenis, kadar lumpur, dan pengujian marshall.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, koposisi terbaik pada *Asphalt Concrete Wearing Course* Modifikasi dengan campuran timbunan Brown Canyon 1% dan 2% pasir dan untuk pengaruh kekuatan untuk *Asphalt Concrete Wearing Couse* Modifikasi dengan nilai *Stabilitas* 1128,96 kg dan nilai *Flow* 3,30 mm.

**Kata Kunci:** Aspal; Timbunan Pilihan; Pasir; *Marshall*; *Flow*



**UNISSULA**  
جامعة سلطان أبجوع الإسلامية

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangunan perkerasan jalan di negara Indonesia setiap tahun selalu mengalami kenaikan sangat cepat. Pembangunan bertujuan untuk memperlancar sarana transportasi masyarakat untuk meningkatkan segi ekonomi masyarakat. Namun permasalahan akibat pembangunan secara terus-menerus akan mengakibatkan berkurangnya ketersediaan bahan material pasir di suatu daerah.

Dengan adanya permasalahan ketersediaan material yang semakin sedikit maka untuk mengatasi terjadinya kelangkaan ketersediaan pasir (alami) perlu dicarikan bahan pengganti dengan tetap menjamin mutu yang akan dihasilkan. Bahan substitusi yang akan digunakan pada penelitian adalah bahan timbunan pilihan.

Timbunan pilihan di Indonesia pada umumnya digunakan sebagai kontruksi untuk pekerjaan pengurugan tanah untuk mencapai suatu elevasi yang diinginkan. Timbunan pilihan berfungsi sebagai lapisan penopang untuk meningkatkan daya dukung dan stabilitas tanah dasar.

Ketersediaan timbunan pilihan yang mudah ditemukan di daerah Brown Canyon, Toroh dan Brati menjadi alternatif penelitian dalam mencari bahan campuran yang akan digunakan dalam proses pembuatan lapisan perkerasan jalan sebagai material substitusi pasir.

Dalam penelitian ini, *substitusi* bahan material pasir pada perkerasan jalan dengan timbunan pilihan diharapkan mampu mengurangi Penggunaan material pasir agar ketersediaannya tetap ada hingga beberapa tahun kedepan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) modifikasi telah diterapkan diluar pulau Jawa dalam pembangunan perkerasan jalan. *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dimodifikasi menggunakan Aspal Pen 60/70 menggunakan metode pelaksanaan pengujian yang memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

Permasalahan yang terjadi pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaiman pengaruh kekuatan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan modifikasi urugan tanah sebagai substitusi material pasir pada aspal?
2. Bagaimana pengaruh kualitas material *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan modifikasi urugan tanah sebagai substitusi pasir pada aspal?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan *Job Mix Formula* terbaik dari pencampuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan modifikasi urugan tanah untuk material substitusi pasir.
2. Mengetahui perbandingan kekuatan pencampuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan modifikasi urugan tanah untuk material substitusi pasir.

## 1.4 Batasan Masalah

Pelaksanaan penelitian ini harus diberikan batasan agar sesuai dengan tujuan penelitian yang akan dilakukan. Berikut ini adalah ketentuan-ketentuan penelitian yang digunakan sebagai batasan dalam melaksanakan penelitian antara lain :

1. Fraksi material agregat kasar dan agregat halus yang diambil dari AMP PT Delta Marga Kudus.
2. Bahan aspal yang akan digunakan untuk proses pembuatan benda uji adalah Aspal Penetrasi 60/70
3. Pencampuran komposisi aspal menggunakan pedoman Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6revisi 2 (2018) dan bahan campuran aspal yang akan digunakan yaitu *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) modifikasi.

4. Untuk menentukan kadar aspal yang akan digunakan diperlukan mencari campuran dengan variasi kadar aspal 4; 4,5; 5; 5,5; 6.
5. Uji *Marshall* dan Uji Durabilitas Modifikasi dengan durasi perendaman 1 hari.
6. Gradasi campuran aspal yang digunakan adalah berdasarkan pada gradasi agregat gabungan seperti ditunjukkan pada Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Revisi 2.
7. Timbunan pilihan adalah urugan yang digunakan sebagai lapis penopang untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dasar.
8. Sampel Timbunan Pilihan yang akan digunakan untuk campuran material pasir diambil dari tiga titik yang berbeda yaitu di daerah Brown Canyon Kab. Mranggen, Brati Kab. Grobogan, dan Toroh Kab. Grobogan.
9. Bahan urugan tanah menjadi objek penelitian diambil dari galian C kemudian dianalisa saringan no 200 mm.
10. Penelitian ini hanya dilakukan pada pengujian laboratorium.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan untuk membuat penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### **BAB I : PENDAHULUAN**

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan penelitian.

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Menguraikan tentang penjelasan cara yang digunakan sebagai bahan dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam penelitian.

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Menjelaskan cara melaksanakan penelitian mulai dari langkah penelitian, lokasi penelitian, alat dan bahan, serta tata cara dalam proses pengumpulan data lapangan.

**BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Menguraikan tentang hasil penelitian dan pembahasan tentang penelitian yang telah dilakukan.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Memberikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan serta memberikan beberapa saran untuk mendukung penelitian yang selanjutnya.



## BAB II STUDI PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum

Aspal dapat diartikan sebagai material pengikat yang berwarna hitam, dengan kandungan utama yaitu bitumen. Aspal dapat ditemukan di alam atau melalui proses pengilangan minyak bumi. Aspal akan meleleh pada saat suhu dipanaskan dan akan membeku pada suhu ruangan. Aspal adalah campuran bahan yang digunakan dalam pengaspalan jalan, bersama dengan agregat. Presentase aspal untuk campuran perkerasan jalan berkisar antara 4-10% sedangkan berdasarkan berat campuran, atau volume dapat berkisar antara 10-15%. Sukirman, (2007)

### 2.2 Penyusunan Perkerasan Jalan

#### 2.2.1 Pengertian Agregat

Sukirman (1995), menyatakan bahwa bahan yang digunakan pada lapisan perkerasan jalan yaitu agregat kasar yang merupakan komponen untuk menyusun pembuatan perkerasan jalan yang terdapat campuran antara 90- 95% agregat berdasarkan persentase berat atau volume antara 75-80%. Dengan demikian, karakteristik agregat sangat berpengaruh pada keawetan dan mutu perkerasan jalan.

Aspek yang dapat mempengaruhi dalam pembuatan perkerasan jalan adalah kualitas agregat. Faktor yang mempengaruhi mutu agregat yang digunakan sebagai material dalam pembuatan perkerasan jalan yaitu kadar air, gradasi, kadar lumpur, keausan/ketahanan agregat, daya serap air, dan berat jenis agregat. Selain itu adanya kandungan pori-pori didalam agregat. Penentuan banyak pori dalam agregat berdasarkan daya serap air agregat.

Penyerapan Agregat Kasar

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 10 \% \dots\dots\dots (2.1)$$

Penyerapan Agregat Halus

$$= \frac{B_s}{B + B_s - B_t} \times 10 \% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

B = Berat botol piknometer + air (gr)

Bt = Berat botol piknometer + sampel + air (gr)

Bs = Berat sampel (gr)

Bj = Berat sampel kering permukaan jenuh (gr)

Bk = Berat sampel kering oven (gr)

### 2.2.2 Persyaratan Agregat

Berikut ini adalah macam-macam agregat berdasarkan jenis dan ukurannya meliputi agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

#### a. Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu butiran yang tertahan pada saringan No. 4 (4,75 mm) dan agregat kasar yang akan dipergunakan dalam pembuatan benda uji harus terhindar dari kotoran, keras, dan bebas dari kandungan lempung atau bahan yang tidak diinginkan. Agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan sesuai dengan ukuran campuran yang diinginkan. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti ketentuan yang diberikan dalam **Tabel 2.1**. Angularitas agregat kasar dijelaskan dalam persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 4,75 mm berdasarkan SNI 7619:2021. Agregat kasar harus disimpan tersendiri untuk persediaan kedalam campuran aspal dengan menggunakan penampungan dingin (*cold bin feeds*) sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

**Tabel 2. 1.** Persyaratan 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 <sup>1)</sup>	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	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 <sup>*)</sup>
	Lainnya		95/90 <sup>**)</sup>
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 : Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) Divisi 6 Perkerasan Aspal

**b. Agregat Halus**

Fraksi agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm). Agregat halus berfungsi mengisi celah-celah pada diantara butiran. Agregat halus yaitu pasir dari alam, batu pecah maupun buatan. Ketentuan agregat halus harus sesuai dengan ketentuan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Divisi 6.

**Tabel 2.2.** Persyaratan Agregat Halus

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117: 2012	Maks. 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) Divisi 6 Perkerasan Aspal

**c. Bahan Pengisi (Filler)**

*Filler* merupakan bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). *Filler* berfungsi untuk mengisi rongga udara untuk membuat campuran pada perkerasan aspal menjadi lebih kaku. Abu batu dan semen *Portland* bahan pengisi yang digunakan pada campuran aspal.



### 2.2.3 Gradasi Agregat

Gradasi adalah jenis butiran agregat sesuai dengan jenis ukurannya untuk menentukan *stabilitas* perkerasan jalan dan berpengaruh pada besarnya volume rongga (Void), *Workability* dan *Stabilitas* dalam campuran. Gradasi agregat dibedakan menjadi 3 yaitu :

#### a. Gradasi Menerus (*Dense Graded*)

Gradasi menerus adalah agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Agregat bergradasi menerus disebut juga agregat bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi menerus mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan, dan mempunyai stabilitas tinggi. Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada.

$$P = 100 \left( \frac{d}{D} \right)^{0,45} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

P = Persentase lolos saringan dengan bukaan d mm (%)

d = Ukuran agregat yang sedang diperhitungkan (%)

D = Ukuran maksimum partikel dalam gradasi terbuka (%)

#### b. Gradasi Seragam (*Uniform Graded*)

Gradasi seragam adalah agregat yang hanya terdiri dari butir-butir agregat berukuran hampir sama. Campuran beton aspal yang dibuat dari agregat bergradasi seragam akan memiliki kelenturan yang baik, tetapi stabilitasnya kecil.

#### c. Gradasi Senjang (*Gab Graded*)

Agregat gradasi senjang merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori diatas. Agregat bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur yaitu gradasi celah (*gap graded*), merupakan campuran agregat dengan 1 fraksi hilang atau 1 fraksi sedikit sekali. Sering disebut juga gradasi senjang. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis diatas.

### 2.2.4 Karakteristik Campuran Aspal Beton

Sukirman (2003), terdapat tujuh karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal adalah stabilitas, keawetan, kelenturan atau fleksibilitas, ketahanan

terhadap kelelahan (*fatigue resistance*), kekesatan permukaan atau ketahanan geser (*skid resistance*), kedap air dan kemudahan pelaksanaan (*workability*). Berikut ini adalah perhitungan digunakan pada campuran aspal beton sebagai berikut:

1. Berat Jenis *Bulk* Beton Aspal Padat (Gmb)

Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat (Gmb) dapat diukur dengan menggunakan hukum *Archimedes*, yaitu :

$$Gmb = \frac{\text{Berat Uji Kering}}{\text{Berat Uji Kering Permukaan}-\text{Berat Uji dalam Air}} \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Berat Jenis Maksimum Beton Aspal yang Belum Dipadatkan (Gmm)

Berat jenis maksimum dari campuran beton aspal yang belum dipadatkan (Gmm) adalah berat jenis campuran beton aspal tanpa ada udara, yang diperoleh dari pemeriksaan di laboratorium.

$$Gmm = \frac{100}{\frac{Ps}{Gse} + \frac{Pb}{Gb}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

Gmm = Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/cc)

Pb = Jumlah Aspal, % terhadap Total Berat Campuran

Ps = Jumlah Agregat, % terhadap Total Berat Campuran

GSe = Berat Jenis Efektif Agregat

Gb = Berat Jenis Aspal (gr/cc)

3. Rongga diantara Mineral Agregat (*Void in mineral aggregates*, VMA)

VMA adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, yaitu rongga udara dan volume kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji.

$$VMA=100 - \frac{Gmb \times PS}{Gsb} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Gmb = Berat Jenis Bulk Campuran (gr)

Gsb = Berat Jenis Efektif Agregat (gr)

Ps = Jumlah Agregat, % terhadap Total Berat Campuran (%)

4. Rongga Udara (*Void in the Mix*, VIM)

VIM merupakan volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang diselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dinyatakan dengan persen terhadap volume total benda uji.

$$VIM = 100 - \frac{100 \times (G_{mm} - G_{mb})}{G_{mm}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara dalam campuran, terhadap volume campuran (%)

G<sub>mm</sub> = Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/gc)

G<sub>mb</sub> = Berat Jenis Bulk Campuran (gr/gc)

5. Rongga terisi aspal (*Void Filled With Bitumen*, VFB)

VFB merupakan bagian rongga yang berada di antara mineral agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat, dinyatakan dalam persen terhadap VMA.

$$VFB = \frac{100 \cdot (VMA - P)}{VMA} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

P = Rongga udara dalam campuran, terhadap volume campuran (%)

VMA = Pori Butir agregat didalam beton aspal padat (%)

VFB = Pori antar butir Agregat yang terisi Aspal % dari VMA (%)

**2.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum**

Menurut SNI-06-2490-1991 kadar aspal dapat dinyatakan dengan rumus :

$$B = \frac{(W_1 - W_2) - (W_3 + W_4)}{VMA \cdot W_1 - W_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

B = Kadar Aspal (%)

W<sub>1</sub> = Berat benda uji (gr)

W<sub>2</sub> = Berat air dalam benda uji (gr)

W<sub>3</sub> = Berat mineral hasil ekstraksi (gr)

W<sub>4</sub> = Berat mineral halus yang tertinggal dalam filtrat (gr)

**2.4 Pengujian Untuk Mengevaluasi Pengaruh Air Pada Campuran Aspal**

**Panas**

Potensi keawetan campuran aspal dapat didefinisikan sebagai ketahanan campuran terhadap kelanjutan dan pengaruh dari kerusakan kombinasi akibat air dan suhu (CRAUS, J.et al, 1981).

Penyebab dari rusak dan gagalnya pelayanan jalan fleksibel adalah rendahnya keawetan lapis permukaan dan lapisan aspal. Tingginya keawetan biasanya memenuhi sifat-sifat mekanik dari campuran dan akan memberikan umur pelayanan yang lebih lama. Berikut merupakan beberapa metode yang digunakan dalam mengevaluasi pengaruh air terhadap campuran aspal.

**a. Metode Pengujian Perendaman Standar**

Metode yang digunakan dalam mengevaluasi pengaruh air terhadap campuran perkerasan aspal adalah pengujian Perendaman Marshall. Metode ini melakukan perendaman selama 24 jam di dalam air pada suhu 60 °C dan nilai stabilitas ditentukan setelah perendaman dilakukan.

Perbandingan stabilitas yang direndam dengan stabilitas standar, dinyatakan sebagai persen, dan disebut Indeks Stabilitas Sisa (IRS), dan dihitung sebagai berikut :

$$IRS = \frac{MSi}{MSs} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

- IRS = Indeks Stabilitas Sisa (%)
- MSi = Stabilitas Marshall Satandard (kg)
- MSs = Stabilitas Marshall Perendaman (kg)

Spesifikasi Baru Beton Aspal Campuran Panas mensyaratkan IRS harus lebih besar dari 80 %.

**b. Metode Pengujian Perendaman Modifikasi**

Kriteria Perendaman 24 Jam (satu hari) tidak selalu menggambarkan sifat keawetan campuran setelah masa perendaman yang lebih lama (CRAUS, J. et al, 1981).

- **Indeks Durabilitas Pertama**

Indeks pertama didefinisikan sebagai jumlah kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan. Berikut merupakan indek (r) dinyatakan dalam rumus sebagai berikut.

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{Si-Si+1}{ti+1-1} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

- So = Nilai absolut dari kekuatan awal
- Si = Persen Kekuatan yang tersisa pada waktu ti (%)

$S_{i+1}$  = Persen kekuatan yang tersisa pada waktu  $t_i + 1$  (%)  
 $t_i, t_{i+1}$  = Waktu perendaman ( mulai dari awal waktu pengujian )

Sebagai contoh, kalau pengukuran diambil setelah 1, 3, 5 dan 7 hari perendaman, maka indeks kekuatan menjadi :

$$r = \frac{S_0 - S_1}{1} + \frac{S_0 - S_3}{2} + \frac{S_3 - S_5}{2} + \frac{S_5 - S_7}{2} \dots\dots\dots(2.12)$$

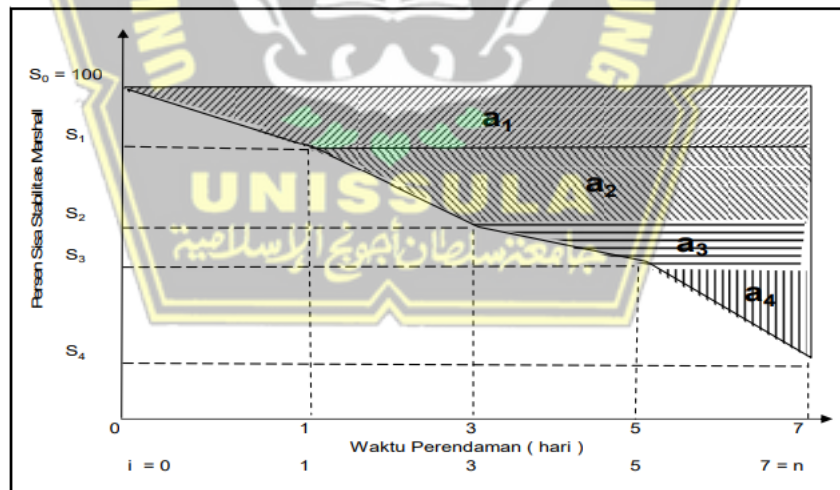
• **Indeks Durabilitas Kedua**

Indeks kekuatan kedua didefinisikan sebagai luas kehilangan kekuatan rata-rata antara kurva keawetan dengan garis  $S_0 = 100$  %. Berikut merupakan indek (a) dinyatakan dalam rumus sebagai berikut.

$$a = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n a_i = \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots\dots\dots(2.13)$$

Indeks keawetan kedua juga dinyatakan sebagai suatu kehilangan kekuatan satu hari. Nilai positif dari (a) menunjukkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai negatif sebagai peningkatan kekuatan. Menurut definisinya,  $a < 100$ . Karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentase kekuatan sisa satu hari ( $S_a$ ) sebagai berikut :

$$S_a = (100 - a) \dots\dots\dots(2.14)$$



**Grafik 2.1.** Skema Kurva Keawetan

(Sumber : CRAUS, J. dkk., 1981)

**2.5 Spesifikasi Gradasi Agregat Lapis AC-WC**

Agregat merupakan bahan material utama dalam pembuatan perkerasan jalan. Agregat yang berkualitas sangat mempengaruhi pada pembuatan perkerasan jalan

yang kuat karena berfungsi sebagai pemikul beban dan menyalurkan ke lapisan dasar.

### 2.5.1 Aspal

Aspal atau bitumen adalah suatu bahan yang berwarna hitam yang bersifat viskoelastis yang akan bersifat padat pada suhu ruang dan bersifat cair bila dipanaskan. Aspal digunakan sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis. Aspal mempunyai kandungan senyawa hidrokarbon dan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor yang disebut bitumen. Aspal yang digunakan harus memenuhi persyaratan yang telah ditentukan sesuai **tabel 2.3**

**Tabel 2.3.** Spesifikasi Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25 °C, (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2.	Titik lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48
3.	Indek penetrasi	SNI 2456:2011	≥ 54
4.	Daktilitas pada 25° C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
5.	Titik nyala	SNI 2433:2011	≥ 232
6.	Berat Jenis 25° C	SNI 2441:2011	≥ 1,0
7.	Berat yang hilang	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

(Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.5)

### 2.5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum dengan Metode Marshall

Metode Pengujian Marshall adalah metode yang digunakan dalam pengujian marshall berdasarkan RSNI M-01- 2003, yang telah standar dalam American Society for Testing and Material 1993 (ASTM D 1553). Metode ini bertujuan untuk mengetahui workability dengan membandingkan dan menganalisis stabilitas Marshall dan ketahanan deformasi menggunakan campuran beraspal panas (hot mix) dan hangat (warm mix) dengan pengujian laboratorium menggunakan alat Marshall.

Alat yang digunakan untuk pemadatan aspal adalah *Marshall Compaction Hammer*. Benda uji yang dihasilkan berbentuk silinder dengan tinggi 64 mm (2,5 inch) dan diameter 101,6 mm (4 inch) dan saat melakukan pengujian pada suhu 60°C. Metode pengujian yang dilakukan untuk mengukur beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur disebut (Marshall Stability), sedangkan

deformasi permanen dari suatu benda uji sebelum hancur disebut (Marshall Flow), serta turunannya yang merupakan perbandingan diantara keduanya yang disebut dengan Marshall Quotient (MQ).

Berikut Nilai *Marshall Quotient* dinyatakan dalam rumus:

*Marshall Quotient* (MQ)

$$MQ = \frac{S}{R} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan :

S = Nilai Stabilitas

R = Nilai kelelahan (flow)

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



**Gambar 2.1.** *Marshall Compaction Hammer & Alat Marshall Test*

Hasil yang diperoleh saat pengujian menggunakan alat Marshall adalah kepadatan (*density*), stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *Marshall Quotient* (MQ), persentase rongga dalam campuran (VIM), persentase rongga yang diisi dengan aspal (VFA), dan persentase rongga (VMA) dalam agregat berasal dari uji Marshall.

### 2.5.3 Pengikat Bitumen (Aspal)

Aspal merupakan material yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana pada suhu ruangan akan berbentuk padat. Jika temperatur tinggi aspal akan mencair dan pada saat temperatur menurun aspal akan kembali menjadi keras (padat) sehingga aspal merupakan material yang termoplastis (Mashuri, 2010).

Aspal adalah material yang pada suhu ruangan berbentuk padat, dan bersifat termoplastis, Sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan akan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2003).

Aspal terbuat dari minyak mentah, dari hasil proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti *Asphaltenese, Resins* dan *Oils*. Aspal mempunyai sifat *viscoelastis* dan tergantung dari waktu pembebanan (*The Blue Book–Building & Construction*, 2009).

Aspal berfungsi sebagai perekat agregat dalam campuran aspal beton, sehingga menjadikannya sangat penting dipertahankan kemampuannya terhadap kelekatan, titik lembek dan kelenturannya. Penambahan aditif pada aspal menjadi alternatif yang dapat digunakan untuk mempertahankan maupun meningkatkan daya rekatnya, titik lembek, maupun kelenturannya (Rianung, 2007).

#### **2.5.4 Timbunan Pilihan**

Timbunan pilihan merupakan timbunan atau urugan yang digunakan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah pada lapisan penopang (*capping layer*). Jenis timbunan pilihan harus memenuhi persyaratan yaitu terdiri dari bahan tanah berpasir (*sand clay*) atau padas yang berwarna putih kecoklatan, mempunyai nilai CBR kurang dari 10 %. Berdasarkan AASHTO T 193.

Sebelum melakukan pembuatan perkerasan jalan menggunakan modifikasi timbunan pilihan sebagai material substitusi pasir, ada beberapa pengujian dengan mengacu pada prosedur ASTM (American Society for Testing and Materials) yang harus dilakukan pengujian dilaboratorium yaitu:



## 1. Pengujian Sifat Fisik Timbunan Tanah

### a. Kadar Air ASTM D 2216-98

Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah terhadap berat butiran padat (tanah kering) yang dinyatakan dalam persen. Nilai kadar air pada umumnya besar dari 0% dan kecil dari 100%. Namun pada tipe tanah tertentu, kadar air tanah bisa lebih dari 100%. Berikut merupakan perhitungan yang digunakan untuk mencari nilai Kadar air (W):

$$W = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

- Gs = Kadar Air
- W1 = Berat Cawan Kosong (gr)
- W2 = Berat Cawan + Tanah Basah (gr)
- W3 = Berat Cawan + Tanah Kering (gr)

### b. Berat Jenis ASTM D 854-02

Berat Jenis (Gs) adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air pada volume yang sama pada temperature tertentu. Berat Spesifik Tanah diperlukan untuk menghitung indeks propertis tanah (misalnya : angka pori, berat isi tanah, derajat kejenuhan, karakteristik pemampatan) dan sifat sifat penting lainnya. Berikut merupakan perhitungan yang digunakan untuk mencari nilai GS:

$$GS = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

- Gs = *Specific Gravity* (GS)
- W1 = Berat Pikno Kosong (gr)
- W2 = Berat Pikno + Tanah (gr)
- W3 = Berat Pikno + Tanah + Air (gr)
- W4 = Berat Pikno + Air pada Suhu °C (gr)

### c. Berat Volume ASTM D 2937-00

Berat volume tanah ( $\gamma$ ) (berat satuan = Unit Weight) adalah besarnya satuan berat tanah tiap satuan volume. Berat satuan tanah ditentukan dengan membandingkan berat tanah dengan volume yang diisinya. Berat volume dipengaruhi oleh berat butiran padat, kadar air, dan volume total.

**d. Analisa Saringan ASTM D 6913- 04**

Analisa Saringan adalah pengujian untuk mengetahui gradasi pemabagian butiran dari suatu sampel tanah berbutir kasar yang tertahan saringan No. 200 dan untuk mengklasifikasikan jenis tanah untuk mengetahui koefisien keseragaman (Cu) dan Koefisien Gradasi (Cc)

**e. Hidrometer**

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah dan distribusi ukuran butiran tanah yang lolos saringan No. 200 dan lengkung gradasinya didasarkan kepada prinsip sedimentasi (pengendapan), Berikut merupakan rumus perhitungan hydrometer sebagai berikut :

$$V = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18 \eta} d^2 \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

- V = Kecepatan mengendap butir-butir tanah (cm/det)
- $\gamma_s$  = Berat volume butir-butir tanah (gr/cm<sup>3</sup>)
- $\gamma_w$  = Berat volume air (gr/cm<sup>3</sup>)
- $\eta$  = Kekentalan air (gr-detik/cm<sup>2</sup>)
- d = Diameter butir tanah (mm)

Parameter hidrometer berfungsi untuk menentukan kecepatan pengendapan dari butiran tanah didalam air digunakan hukum Stoke. Butiran tanah dianggap berbentuk bulat.

**2.6 Peneliti Terdahulu yang Sejenis**

Penelitian ini di lakukan dengan melihat tinjaun penelitian sebelumnya yang digunakan untuk perbandingan pada penelitian ini. **Tabel 2.4** Menjelaskan penjelasan mengenai penelitian terdahulu.

**Tabel 2.4.** Peneliti Terdahulu yang Sejenis

<b>Peneliti</b>	<b>Tahun</b>	<b>Judul</b>	<b>Variabel</b>	<b>Hasil</b>
Desi Ariyanti, Widarto Sutrisno, Zainul Faizien Haza		Pengaruh Komposisi Agregat Kasar Terhadap Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC)	Aspal, Agregat, <i>Marshall</i>	Pengaruh proporsi agregat mengakibatkan mengubah karakteristik marshall naik tetap baik dari kondisi awal. Campuran terbaik didapat dari variasi campuran (agregat kasar + kadar aspal 42% + 5,8%) campuran ini mampu menurunkan rongga didalam agregat (VMA).
Herwin Widya Wardana, Purwo Mahardi, S.T., M.Sc., Yogie Risdianto, S.T., M.T.		Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Dalam Campuran <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i> (AC-WC) Dengan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat	AC-WC, Pen 60/70, KAO, Limbah Beton, <i>Marshall</i>	Niali KAO yaitu 6,17% dan nilai VIM dan VMA yaitu 4,8% dan 17,71%, sedangkan untuk nilai VFA sebesar 72,9%. nilai stabilitas sebesar 1627 kg, untuk Flow sebesar 4,5 mm dan nilai MQ sebesar 361,6 Kg/mm.
Suprayitno, Sri Wiwoho Mudjanaro, Koespiadi, dan Arthur Daniel Limantara	2019	Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis <i>High Density Polyethylee</i> (HDPE) Pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus (AC-WC) ( <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i> )	Aspal, <i>HDPE</i> , <i>Plastic</i>	komposisi aspal optimal campuran plastik <i>hdpe</i> 0%, 4%, 8% dan 12% yang memenuhi VIM dan stabilitas diperoleh campuran plastik <i>hdpe</i> 8% optimal dengan kadar aspal optimal 4.45%.

<b>Peneliti</b>	<b>Tahun</b>	<b>Judul</b>	<b>Variabel</b>	<b>Hasil</b>
Hery Awan Susanto	2020	Pengaruh Penggunaan Filler Pasir Besi Dan Semen Dalam Campuran <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i> (AC-WC)	<i>Filler</i> Semen Pasir Besi Pengujian <i>Marshall</i> AC-WC	Bahwa pasir besi dapat digunakan sebagai filler dalam campuran AC-WC. Stabilitas tertinggi diperoleh dalam campuran AC-WC dengan filler semen dan stabilitas terendah dari filler 50% pasir besi+50% semen
Muhammad Iqbal, Amiwarti, Agus Setiobudi	2020	Analisis Penambahan Limbah Las Karbit Sebagai Filler Campuran Aspal Ac-Wc	Limbah, Las Karbit, <i>Filler</i>	Penambahan limbah las karbit sebagai <i>filler</i> pada campuran <i>asphalt concrete wearing course</i> (AC-WC) dengan variasi 1% 2% 3% untuk nilai karakteristik tidak bisa digunakan dalam pengganti <i>filler</i> abu batu.
Juny Andry Sulistyono	2021	Analisis Pengaruh Rendaman Air Pasang (ROB) Terhadap Aspal Wearing Course	Banjir Pasang, Perendaman, Daya Tahan, <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i>	Nilai Kemampuan (Stability) campuran aspal pada rendaman dengan air pasang lebih kecil dibandingkan campuran aspal yang direndam dengan air standar laboratorium
M. Fatih Al madani, Kusumadi, Yulfalento	2022	Pengaruh Penggunaan Kulit Kerang Sebagai Pengganti <i>Filler</i> Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i> Pada Campuran Aspal AC-WC	AC-WC, <i>Filler</i> , Karakteristik <i>Marshall</i>	Nilai maksimum pada variasi 15% dengan nilai stabilitas sebesar 1627,29 kg, nilai flow sebesar 2,7 mm, nilai VIM sebesar 4,681%, dan nilai VFA sebesar 74,318 %. Nilai optimum campuran abu kulit kerang yaitu 12,5%.

Peneliti	Tahun	Judul	Variabel	Hasil
Riyan Nur Sasongko, Mudjiastuti Handajani, Agus Muldiyanto	2023	Perbandingan Penggunaan <i>Filler</i> Dengan <i>Filler</i> Kapur Pada Karakteristik Campuran AC-WC Akibat Pengaruh Masa Peredaman Air	Infrastruktur, <i>Filler</i> , Semen, Kapur, Perendaman.	Aspal dengan tambahan <i>filler</i> semen masih masuk dalam spesifikasi sedangkan untuk perendaman aspal dengan <i>filler</i> kapur mengalami kekakuan yang tinggi dan mudah retak.
Lambang Basri Said, Mysdely	2023	Kajian Pengaruh Penambahan Variasi Kadar Asbuton <i>Lawele</i> Dan Aspal <i>Pen 60/70</i> Dalam Pemanfaatan Batu Gamping Sebagai Agregat Kasar Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Campuran AC-WC	Laston Lapis Aus (AC-WC), <i>Granular</i> Asbuton, Karakteristik <i>Marshall</i> , Stabilitas Dan Durabilitas.	Semakin besar persentase penambahan aspal emulsi, semakin besar pula nilai kohesi dan sudut geser langsung pada masing-masing sampel.
Muslimin, Eding Iskak Imananto, dan Munasih	2023	Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Material Pengisi Pada Campuran <i>Asphalt Treated Base</i> (Atb) Ditinjau Dari Uji <i>Marshall</i>	<i>Asphalt Treated Base</i> , Limbah Serbuk Kayu Jati, Stabilitas <i>Marshall</i>	Hasil parameter <i>marshall test</i> tersebut masih berada pada syarat minimum dan maksimum yang ditentukan pada Spesifikasi Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jatim Tahun 2018.

1. Dei Arianti, Widarto Sutrisno, Zainul Faizien Haza yang berjudul “Pengaruh Komposisi Agregat Kasar Terhadap Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC)” Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh proporsi agregat mengakibatkan mengubah karakteristik marshall naik tetap baik dari kondisi awal. Campuran terbaik didapat dai variasi campuran (agregat kasar + kadar aspal 42% + 5,8%) campuran ini mampu menurunkan rongga didalam agregat (VMA).
2. Herwin Widya Wardana, Purwo Mahardi, S.T., M.Sc., Yogie Risdianto, S.T., M.T. yang berjudul “Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Dalam Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) Dengan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat” Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada penggunaan limbah beton sebesar 35% dari total berat campuran dengan kadar aspal 5%; 5,5%; 6%; 6,5%; dan 7%. Hasil dari kadar aspal tersebut didapatkan nilai KAO yaitu 6,17% dan nilai VIM dan VMA yaitu 4,8% dan 17,71%, sedangkan untuk nilai VFA sebesar 72,9%. nilai stabilitas sebesar 1627 kg, untuk Flow sebesar 4,5 mm dan nilai MQ sebesar 361,6 Kg/mm.
3. Suprayitno, Sri Wiwoho Mudjanarko, Koespiadi, Arthur Daniel Limantara (2019) yang berjudul “Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) Pada Campuran Beraspal Untuk Lapis Aus (AC-WC) *Asphalt Concrete Wearing Course*” Hasil penelitian dengan 4 komposisi berbeda diperoleh komposisi kadar aspal optimal campuran plastik HDPE 0%, 4%, 8% dan 12% yang memenuhi VIM dan Stabilitas diperoleh campuran plastik HDPE 8% optimal dengan kadar aspal optimal 4.45%
4. Hery Awan Susanto (2020) yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Filler Pasir Besi Dan Semen Dalam Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC)” Hasil pengujian menunjukkan bahwa pasir besi dapat digunakan sebagai filler dalam campuran AC-WC. Stabilitas tertinggi diperoleh dalam campuran AC-WC dengan filler semen dan stabilitas terendah dari filler 50% pasir besi+50% semen.
5. Muhamad Iqbal, Amiwarti, Agus Setiobudi (2020) yang berjudul “Analisis Penambahan Limbah Las Karbit Sebagai *Filler* Campuran Aspal (AC-WC)” Hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk penambahan limbah

las karbit sebagai filler pada campuran *asphalt concrete wearing course* (AC-WC) dengan variasi 1% 2% 3% untuk nilai karakteristik tidak bisa digunakan dalam pengganti filler abu batu.

6. Juny Andry Sulistyو (2021) yang berjudul “Analisis pengaruh Rendaman Air Pasang (ROB) Terhadap Aspal *Wearing Course*” Nilai Kemampuan (Stability) campuran aspal pada rendaman dengan air pasang lebih kecil dibandingkan campuran aspal yang direndam dengan air standar laboratorium.
7. M. Fatih Al Madani, Kusumadi, Yulfalentino (2022) yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Kulit Kerang Sebagai Pengganti *Filler* Terhadap Karakteristik *Marshall* Pada Campuran Aspal (AC-WC)” Hasil dari pengujian marshall terhadap setiap variasi campuran abu kulit kerang 0%, 5%, 10%, dan 15% seluruhnya memenuhi spesifikasi Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2018 revisi 2 yaitu nilai stabilitas minimal adalah 800 kg. Adapun diperoleh Nilai stabilitas 2007,80 kg, 1412,31 kg, 1486,38 kg, dan 1627,38 kg. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai maksimum pada variasi 15% dengan nilai stabilitas sebesar 1627,29 kg, nilai flow sebesar 2,7 mm, nilai VIM sebesar 4,681%, dan nilai VFA sebesar 74,318 %. Nilai optimum campura abu kulit kerang yaitu 12,5%.
8. Riyan Nur Sasongko, Mudjiastuti Handajani, Agus Muldiyanto (2023) yang berjudul “Perbandingan Penggunaan Filler Semen Dengan Filler Kapur Pada Karakteristik Campuran (AC-WC) Akibat Pengaruh Masa Perendaman Air” Hasil yang diperoleh bahwa aspal dengan tambahan *filler* semen masih masuk dalam spesifikasi sedangkan untuk perendaman aspal dengan *filler* kapur mengalami kekakuan yang tinggi dan mudah retak.
9. Lambang B Asri Said, Mysdelty yang berjudul “Kajian Pengaruh Penambahan Variasi Kadar Asbuton *Lawele* Dan Aspal *Pen 60/70* Dalam Pemanfaatan Batu Gamping Sebagai Agregat Kasar Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Campuran (AC-WC)”
10. Muslimin, Eding Iskak Imananto, Munasih (2023) yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Asphalt Treated Base (ATB) Ditinjau Dari Uji Marshall” Hasil parameter marshall test tersebut masih berada pada syarat minimum dan maksimum yang ditentukan

pada Spesifikasi Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jatim Tahun 2018. Indeks perendaman serbuk kayu optimum sebesar 76,08% sehingga dalam hal ini campuran ATB memenuhi syarat Spesifikasi Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jatim Tahun 2018 yang mengisyaratkan nilai stabilitas marshall minimal 800 kg dan indeks perendaman minimal 75%





## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tipe Penelian

Penelitian eksperimen yang dilakukan hanya dilaboratorium dengan mengkaji pengaruh campuran material pasir terhadap *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Modifikasi yang dilakukan yaitu memberikan campuran material pasir dengan menggunakan timbunan pilihan sebagai material substitusi.

Dalam melakukan penelitian diperlukan adanya sebuah rencana yang menjadi pedoman dalam proses pembuatannya, dalam penelitian ini sebagai pedoman menggunakan *American Society for Testing Material* (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Metode penelitian harus memberikan deskripsi tentang rencana penelitian. Cara yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya Universitas Islam Sultan Agung Semarang, meliputi :

1. Mempersiapkan peralatan dan bahan
2. Melakukan pengujian pada Bahan yang akan digunakan, ada beberapa pengujian yang akan dilakukan diantaranya :
  - Agregat Kasar
  - Agregat Halus
  - Aspal
  - Timbunan Pilihan
3. Perencanaan benda uji pada campuran aspal (*Mix Design*)
4. Pembuatan benda uji
5. Perendaman 1 hari menggunakan air Lab. Unissula
6. Pengujian *Marshall Test*

### 3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini hanya dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang, yang meliputi tahap pembuatan sampel benda uji, pegujian pada sampel, perendaman, dan pengujian Marshall.

### 3.3 Bahan dan Peralatan Penelitian

#### 3.3.1 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain;

- a. Timbunan pilihan yang digunakan diambil dari 3 titik yang berbeda yaitu Brown Canyon, Kab. Semarang, Brati, Kab. Grobogan dan Toroh, Kab. Grobogan.
- b. Agregat kasar, halus, *filler* diperoleh dari hasil pemecahan batu (stone crusher) di AMP (*Asphalt Mixing Plant*) PT. Delta Marga Kudus.
- c. Bahan aspal menggunakan aspal Pen 60/70

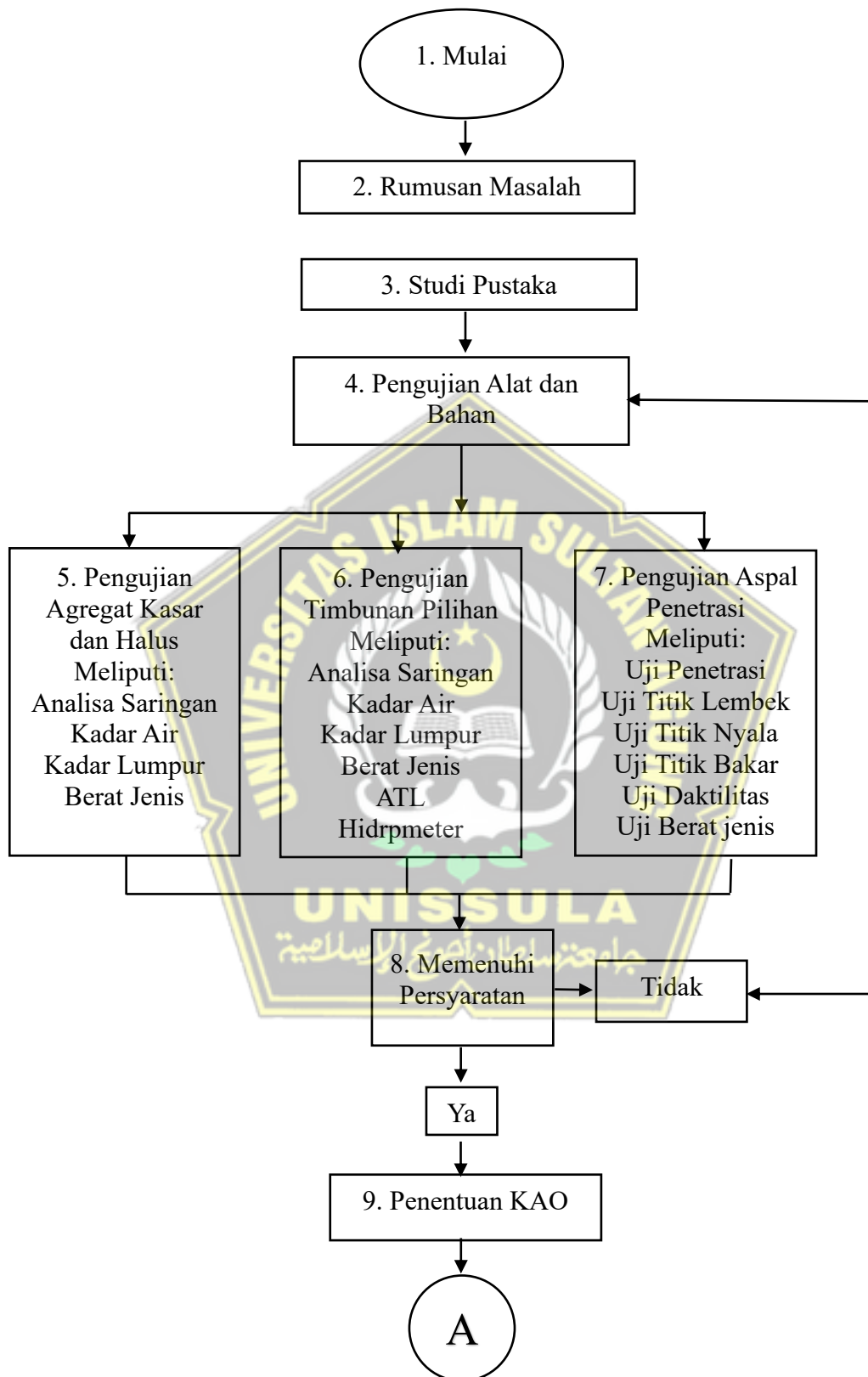
#### 3.3.2 Peralatan Penelitian

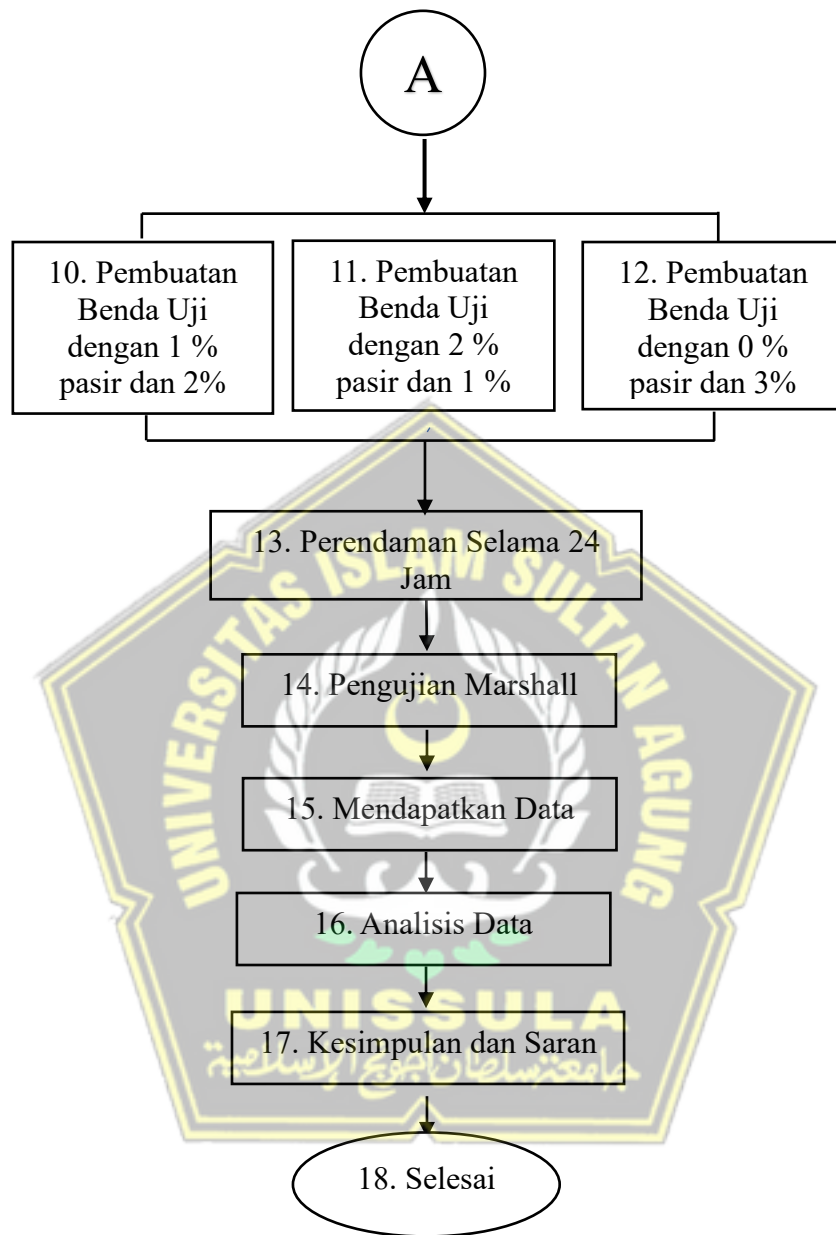
- a. Alat penguji agregat dan *filler* meliputi :
  - Analisa Saringan  
Mengetahui ukuran agregat berdasarkan material yang terhanan pada nomor saringan.
  - Mesin *Los Angeles*  
Pengujian keausan atau abrasi agregat kasar, dan untuk memaksimalkan kemampuan agregat menahan gesekan.
  - Oven  
Oven berfungsi untuk mengeringkan/ menghilangkan kandungan air pada agregat.
  - Timbangan berat  
Untuk mengetahui berat agegrat yang akan digunakan.
  - Piknometer  
Piknometer berfungsi untuk mengetahui berat jenis agregat.
  - Bak perendaman  
Bak Perendaman Berfungsi untuk tempat perendaman benda uji.
- b. Alat penguji aspal  
Peralatan pengujian aspal yang digunakan adalah :
  - Alat uji kelarutan
  - Alat uji berat jenis
  - Alat uji daktilitas

- Alat uji titik nyala
  - Alat uji titik bakar
  - Alat uji titik lembek
  - Alat uji kelarutan.
- c. Alat pengujian campuran metode *Marshall*
- Alat uji yang digunakan untuk metode *Marshall*, meliputi;
- Alat tekan *Marshall Test*  
Menguji Stabilitas mencapai 3000 kg (6000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji untuk mengukur kelelahan (*flow*).
  - Alat cetak benda uji  
Berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm (4 inci) dan tinggi 7,5 cm (3 inci) untuk *Marshall* standar dan diameter 15,24 cm (6 inci) dengan tinggi 9,52 cm untuk *Marshall* modifikasi dan dilengkapi dengan plat dan leher sambung.
  - Penumbuk Otomatis  
Berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3,86 inci), berat 4,5 kg (10 lbs), dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inci).
  - *Ejektor*  
Melepaskan benda uji setelah dipadatkan.
  - Bak perendaman  
Untuk perendaman benda uji.
  - Alat-alat yang digunakan lainnya meliputi panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaus tangan anti panas, sarung tangan karet, kain lap, kaliper, spatula, timbangan dan spidol untuk menandai benda uji.

### 3.4 Tahapan-Tahapan Rencana Penelitian

Berikut ini adalah bagan tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian berlangsung, mulai dari awal persiapan sampai hasil akhir penelitian





**Bagan 3.1** Bagan Tahapan Penelitian

### 3.5 Bagan Tahapan Penelitian 3.1

Peleitian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil Unissula bersifat eksperimen dengan cara mensubstitusikan agegrat pasir dengan timbunan pilihan. Tahapan-tahapan penelitian ini antara lain sebagai berikut.

## 1. Mulai

Pada saat awal penelitian, yaitu melakukan persiapan alat dan bahan yang akan digunakan. Sebelum melanjutkan tahapan penelitian semua peralatan harus di cek kondisi dan fungsinya agar proses selama penelitian berjalan dengan lancar.

## 2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yaitu penyajian permasalahan yang akan diteliti dalam suatu penelitian yang dilakukan. Yang bertujuan untuk menentukan arah atau memecahkan permasalahan yang timbul dalam suatu penelitian.

## 3. Studi Pustaka

Studi Pustaka adalah metode pengumpulan data dengan mencari sumber-sumber yang ada didalam buku, catatan, internet, serta penelitian yang berkaitan dengan masalah yang ingin dipecahkan.

## 4. Pengujian Alat dan Bahan

Alat dan bahan yaitu pengujian material campuran aspal untuk memastikan syarat yang telah ditentukan telah terpenuhi sesuai dengan standar yang telah ditentukan American Society for Testing Material (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

## 5. Pengujian Agregat Halus dan Agregat Kasar

Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus meliputi :

- Berat Jenis Agregat Kasar (berdasarkan SNI 1969:2008).
- Penyerapan Air Agregat Kasar (berdasarkan SNI 1969:2008).
- Tingkat Keausan atau Abrasi Agregat Kasar (berdasarkan SNI 2417:2008).
- Partikel Pipih Lonjong (ASTM D 4791-95).
- Berat Jenis Agregat Halus (berdasarkan SNI 1970:2008).
- Penyerapan Air Agregat Halus (berdasarkan SNI 1970:2008).
- Kadar Lumpur atau *Sand Equivalent Test* (berdasarkan SNI 3423:2008).
- Analisa Saringan (berdasarkan SNI-M-02-1992-03).

## 6. Pengujian Timbunan Pilihan

Pengujian yang dilakukan pada agregat timbunan pilihan meliputi :

- Cara uji penentuan batas plastis dan indeks platisitas tanah (berdasarkan SNI 1966:2008)
- Cara Uji penentuan batas cair tanah (berdasarkan SNI 1967:2008)
- Cara uji analisis ukuran butiran tanah (berdasarkan SNI 3423:2008)

#### 7. Pengujian Aspal Pen 60/70

Pengujian aspal yang dilakukan yaitu melakukan pemeriksaan sifat fisik aspal antara lain :

- Pemeriksaan penetrasi (berdasarkan SNI 06-2456-1991).
- Pemeriksaan titik lembek (berdasarkan SNI 06-2434-1991).
- Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar (berdasarkan SNI 2433-1991)
- Pemeriksaan penurunan minyak dan aspal berdasarkan SNI 06-2240-1991)
- Pemeriksaan kelarutan aspal dalam karbon tetraklorida/CCl<sub>4</sub> (berdasarkan ASTM D5546)
- Pemeriksaan daktilitas (berdasarkan SNI 06-2432-1991).
- Pemeriksaan berat jenis aspal ( berdasarkan SNI 06-2441-1991).
- Penetrasi setelah RTOFOT (berdasarkan SNI 06-2456-1991)

#### 8. Memenuhi Persyaratan

Apabila pengujian agregat telah memenuhi persyaratan maka langkah selanjutnya yaitu pembuatan benda uji yang akan digunakan penelitian.

#### 9. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji yang akan dilakukan peneliti berpedoman pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Berikut ini merupakan tahapan pembuatan benda uji sebagai berikut.

- a. Menimbang agregat sesuai komposisi yang telah dibuat, setelah itu membuat tiga benda uji untuk setiap variasi kadar aspal.
- b. Memanaskan aspal pada oven untuk proses pencampuran aspal kedalam agregat yang telah ditimbang.
- c. Pastikan bahwa suhu campuran aspal mencapai 140 °C sebelum memindahkan campuran aspal ke dalam cetakan yang telah disiapkan dan berikan pelumas / oil / vaselin pada cetakan.
- d. Sebelum melakukan proses pemadatan, dilakukan penusukan sebanyak 15 kali dibagian tepi cetakan dan 10 kali bagian tengah, lalu dilakukan

pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali bagian atas dan 75 kali bagian bawah dengan tinggi jatuh sebesar  $\pm 45$  cm

- e. Setelah proses pemadatan selesai, benda uji dibiarkan selama  $\pm 1$  jam agar suhu menurun. Selanjutnya lepaskan benda uji dari cetakan dengan alat bantu *ejector* dan beri label pada benda uji. Kemudian benda uji dibiarkan selama  $\pm 24$  jam pada suhu ruangan.

#### 10. Peredaman Benda Uji Selama 24 Jam

- a. Sebelum melakukan proses perendaman, Langkah pertama yaitu memastikan benda uji dalam keadaan bersih.
- b. Ukur tinggi benda uji menggunakan jangka sorong dan hitung berat benda uji menggunakan timbangan.
- c. Setelah itu, lakukan perendaman benda uji didalam bak/ember yang berisi air pada suhu ruang selama  $\pm 24$  jam untuk memastikan benda uji jenuh.
- d. Timbang benda uji dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air. Kemudian benda uji dikeluarkan dari bak perendam dan keringkan benda uji, setelah kering timbang Kembali untuk mendapatkan berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD).

#### 11. Pengujian *Marshall*

Pengujian Marshall dilakukan menggunakan alat Marshall Test yang berfungsi untuk menentukan ketahanan dan kekuatan (Stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow). Berikut ini tahapan proses pengujian Marshall Test antara lain :

- a. Membersihkan bagian dalam permukaan kepala penekan dan memberikan pelumas agar benda uji mudah untuk diambil setelah selesai pengujian.
- b. Menempatkan cetakan stabilitas dan dial flow pada mesin tekan, kemudian meletakkan benda uji pada cetakan stabilitas dan mengatur dial pada angka nol.
- c. Menempatkan posisi piston pada tengah cetakan stabilitas.
- d. Mulai lakukan pembebanan dengan menekan tombol up, kemudian menghentikan tekanan dengan menekan tombol off setelah mencapai kelelahan maksimum, dan mencatat hasil dari pengujian yang didapat.
- e. Mencatat nilai pembebanan pada proving ring.



f. Setelah pengujian selesai, menurunkan pembebanan dengan menekan tombol down, mengeluarkan benda uji, dan membuka bagian atas cetakan.

#### 12. Mendapatkan Data

Setelah melakukan pengujian pada benda uji selanjutnya adalah menghitung parameter Marshall yaitu VIM, VMA, VFA, dan MQ.

#### 13. Analisis Data

Setelah hasil penelitian di Laboratorium selanjutnya membandingkan nilai *Stabilitas* dan karakteristik campuran dari variasi kadar aspal. Selanjutnya menampilkan hasil tersebut dalam bentuk grafik yang menunjukkan hubungan kadar aspal dengan perhitungan Marshal seperti *Stabilitas*, *Flow*, VIM, VMA, VFA, dan MQ.

#### 14. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran yaitu memberikan masukan dan saran pada penelitian yang sudah dilakukan yang bertujuan agar dapat mengetahui kelebihan dan kekuarangan yang kedepan nanti bisa dikembangkan kembali

#### 15. Selesai



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)

Komposisi aspal yang direncanakan yaitu material pasir dengan kadar 1%, 2%, dan 3% sedangkan kombinasi timbunan pilihan yang digunakan dengan kadar 1%, 2%, dan 3%.

**Tabel 4.1.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brown Canyon 1% dan 2% pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,8	69,6
5.	Filler/Semen	1,2	14,4
6.	Pasir	2	24
		100	1200
7.	TP. Brown Canyon	1	12

**Tabel 4.2.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brown Canyon 2% dan 1% pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,8	69,6
5.	Filler/Semen	1,2	14,4
6.	Pasir	1	12
		100	1200
7.	TP. Brown Canyon	2	24

**Tabel 4.3.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brown Canyon 3% dan 0% pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,8	69,6
5.	Filler/Semen	1,2	14,4
6.	Pasir	0	0
		100	1200
7.	TP. Brown Canyon	3	36

**Tabel 4.4.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Toroh 1% dan 2% Pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,8	69,6
5.	Filler/Semen	1,2	14,4
6.	Pasir	2	24
		100	1200
7.	TP. Toroh	1	12

**Tabel 4.5.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Toroh 2% dan 1% Pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,8	69,6
5.	Filler/Semen	1,2	14,4
6.	Pasir	1	12
		100	1200
7.	TP. Toroh	2	24

**Tabel 4.6.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Toroh 3% dan 0% Pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,6	67,2
5.	Filler/Semen	1,4	16,8
6.	Pasir	0	0
		100	1200
7.	TP. Toroh	3	36

**Tabel 4.7.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brati 1% dan 2% Pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,8	69,6
5.	Filler/Semen	1,2	14,4
6.	Pasir	2	24
		100	1200
7.	TP. Brati	1	12

**Tabel 4.8.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brati 2% dan 1% Pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,6	67,2
5.	Filler/Semen	1,4	16,8
6.	Pasir	1	12
		100	1200
7.	TP. Brati	2	24

**Tabel 4 9.** Rancangan JMD dengan campuran material TP. Brati 3% dan 0% Pasir

No.	Komposisi	Kadar (%)	Hasil (gr)
1.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
2.	<i>Coarse Agregat</i>	25	300
3.	Abu Batu	40	480
4.	Aspal	5,8	69,6
5.	Filler/Semen	1,2	14,4
6.	Pasir	0	0
		100	1200
7.	TP. Brati	3	36

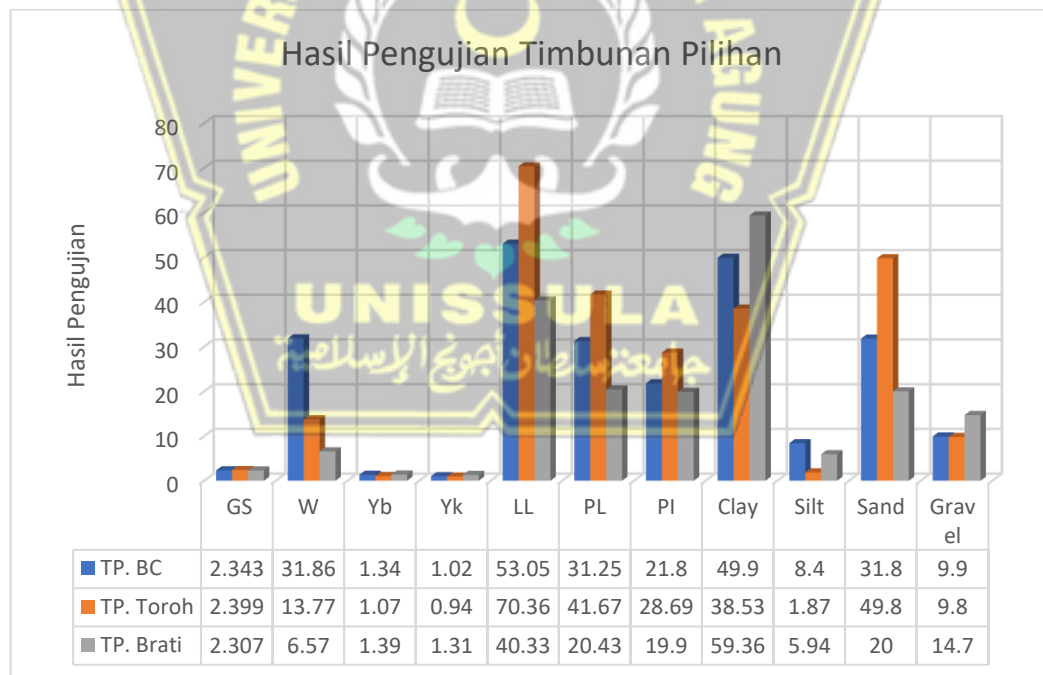
## 4.2 Hasil Pengujian Bahan

### 4.2.1 Pengujian Timbunan Pilihan

Lokasi Pengambilan Timbunan Pilihan berada ditiga titik yang berbeda dalam pengambilan sampel yang pertama yaitu Rowosari, Kec. Tembalang, Kab. Semarang, Desa Katekan, Kec. Brati, Kab. Grobogan, dan Desa Sindurejo, Kec, Toroh Kab. Grobogan. Berikut ini merupakan tabel hasil pengujian timbunan pilihan.

**Tabel 4.10.** Hasil Pemeriksaan Timbunan Pilihan Brown canyon, Toroh dan Brati

No	Parameter Pengujian	Satuan	Hasil Pengujian		
			TP. Brown Canyon	TP. Toroh	TP. Brati
1.	Berat Jenis (GS)	gram	2,343	2,399	2,307
2.	Soil Properties				
	Kadar Air (W)	%	31,86	13,77	6,57
	Berat Volume Basah (Yb)	gr/cm <sup>2</sup>	1,34	1,07	1,39
	Berat Volume Kering (Yk)	gr/cm <sup>2</sup>	1,02	0,94	1,31
3.	ATL (Atterbag Limits)	Catatan : Kondisi tanah keadaan asli dan disaring #40			
	LL	%	53,05	70,36	40,33
	PL	%	31,25	41,67	20,43
	PI	%	21,8	28,69	19,9
4.	Hidrometer				
	Clay	%	49,9	38,53	59,36
	Silt	%	8,4	1,87	5,94
	Sand	%	31,8	49,8	20
	Gravel	%	9,9	9,8	14,7



**Grafik 4.1.** Hasil Pemeriksaan Timbunan Pilihan

Dari **Grafik 4.1** Menunjukkan bahwa terdapat perbedaan berat jenis pada setiap timbunan yaitu 2,343; 2,399; dan 2,307 gram. Dan hasil pengujian kandungan kadar air timbunan pilihan pucang gading lebih banyak mengandung air dibandingkan

dengan timbunan yang lain. Sedangkan pengujian berat volume basah dan volume kering timbunan Brati mempunyai nilai tertinggi dengan hasil yb 1,39 gr/cm<sup>2</sup> dan nilai yk 1,31 gr/cm<sup>2</sup>. Hasil pengujian Atterbag Limit diperoleh nilai tertinggi pada timbunan pilihan Toroh dengan nilai LL 70,36; PI 41,67; dan PI 28,69. Timbunan Brati mempunyai kandungan Caly dan Gravel tertinggi dengan hasil 59,36 dan 14,7; sedangkan kandungan Silt tertinggi terdapat pada timbunan pilihan Brown Canyon dengan hasil 8,4; dan kandungan Sand tertinggi terdapat pada timbunan toroh 49,8.

#### 4.3 Pembuatan Benda Uji

Dalam proses pembuatan benda uji, kadar aspal yang digunakan adalah 5,8% dan kadar Timbunan Pilihan yaitu 1%, 2%, dan 3%. Setiap variasi kadar Timbunan Pilihan menghasilkan 3 buah benda uji, sehingga benda yang dihasilkan adalah 36 sampel.

**Tabel 4.11 Rincian Benda Uji**

No.	Jenis	Masing-masing	Total (Buah)
1.	Variasi Kadar Aspal (4,5;5;5,5;6)	3	15
2.	TP. Brown Canyon 1% dan 2% Pasir	3	3
3.	TP. Brown Canyon 2% dan 1% Pasir	3	3
4.	TP. Brown Canyon 3% dan 0% Pasir	3	3
5.	TP. Toroh 1% dan 2% Pasir	3	3
6.	TP. Toroh 2% dan 1% Pasir	3	3
7.	TP. Toroh 3% dan 0% Pasir	3	3
8.	TP. Brati 1% dan 2% Pasir	3	3
9.	TP. Brati 2% dan 1% Pasir	3	3
	TP. Brati 3% dan 0% Pasir	3	3
		Total Jumlah Benda Uji	42



**Gambar 4.1** Sampel Benda Uji

Pada pembuatan benda uji disiapkan timbunan membuat (3 buah) untuk melakukan perbandingan dimana untuk salah satu ada yang tidak sesuai dengan spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi 2 dan 2 benda uji lainnya sesuai dengan spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi 2 maka dapat dibandingkan hasilnya.

#### 4.4 Pemeriksaan Berat Jenis Campuran GMM

**Tabel 4.12** Pemeriksaan berat jenis campuran maksimum GMM (AASHTO-T.209-90)

No.	Contoh No :	Satuan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Berat Botol	gr	766,8	766,8	766,8	766,8	766,8	766,8	766,8	766,8	766,8	766,8
2.	Berat Air	gr	1107,8	1107,8	1107,8	1107,8	1107,8	1107,8	1107,8	1107,8	1107,8	1107,8
3.	Berat Sampel	gr	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
4.	Berat Botol + Air	gr	1874,6	1874,6	1874,6	1874,6	1874,6	1874,6	1874,6	1874,6	1874,6	1874,6
5.	Berat Botol + Air + Sampel	gr	2230,5	2228,2	2227,4	2221,2	2220,8	2220,3	2222,2	2221,8	2221,3	2493,8
6.	Berat Botol + Air + Sampel + Sudah Di Uji	gr	2158,3	2157,7	2157,2	2153,6	2153,1	2152,8	2157,6	2153,6	2153,6	2153,8
7.	Berat air	gr	72,2	70,5	70,2	67,6	67,7	67,5	64,6	68,2	67,7	340
8.	Volume Contoh	gr	527,8	529,5	529,8	532,4	532,3	532,5	535,4	531,8	532,3	260
9.	Max Specific Gravity (Gmm)	gr/cc	1,137	1,133	1,133	1,127	1,127	1,127	1,121	1,128	1,127	2,308
10.	Temperatur air (T)	°C	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
11.	Koreksi Suhu	°C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12.	Max Specific Gravity (Gmm)	gr/cc	1,137	1,133	1,133	1,127	1,127	1,127	1,121	1,128	1,127	2,308
		Rata-Rata		1,135		1,130		1,127		1,124		1,676
		Variasi Kadar Aspal		4,5%		5,0%		5,5%		6,0%		6,5%

Pada pemeriksaan berat jenis campuran aspal dengan 5 variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6 %. Dengan berat jenis maksimum 1,135 gr/cc.

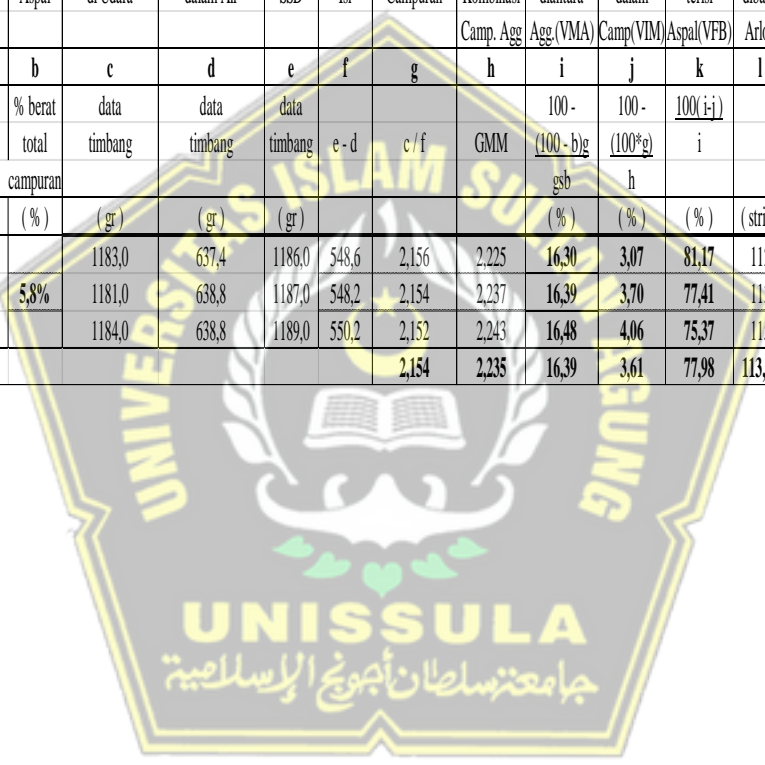
#### 4.5 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test

##### 4.5.1 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 1% TP. Brown Canyon dan 2% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 1% timbunan pilihan Brown Canyon dan 2% Pasir.

**Tabel 4.13** Hasil Pengujian Marshall

Pengujian ( Brown Canyon 1 % dan 2% Pasir )																	
BJ Aspal ( T ) :		1,034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,236		Total Agg (Gsb) :			2,575		Kalibrasi Proving Ring :		9,817 Kg	
No benda uji	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/ Isi	Berat Jenis Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga diantara	% Rongga dalam	% Rongga terisi	Stabilitas dibaca	Kelelahan di	hasil bagi Marshall			
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o			
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g	100 - (100%g)h	100(i-j)i			m / n			
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)		
B.U1			1183,0	637,4	1186,0	548,6	2,156	2,225	16,30	3,07	81,17	112	1099,50	3,10	354,68		
B.U2	1%	5,8%	1181,0	638,8	1187,0	548,2	2,154	2,237	16,39	3,70	77,41	113	1109,32	3,20	346,66		
B.U3			1184,0	638,8	1189,0	550,2	2,152	2,243	16,48	4,06	75,37	115	1128,96	3,30	342,11		
							2,154	2,235	16,39	3,61	77,98	113,33	1112,59	3,20	347,69		



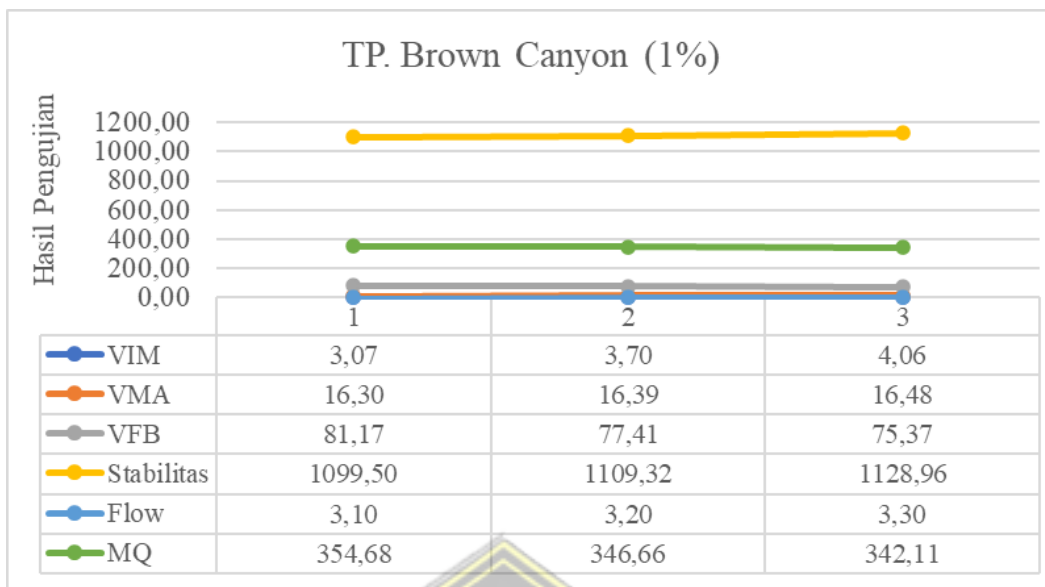


**Tabel 4.14** Rekap Hasil Pengujian Marshall

<b>Uraian 1% TP. Brown Canyon</b>	<b>Sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Agregat TP. Brown Canyon</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Memenuhi/Tidak Memenuhi</b>
VIM	3,07	1%	3.0 -5.0 %	Memenuhi
VMA	16,30	1%	Min 15 %	Memenuhi
VFB	81,17	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	1099,50	1%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	3,10	1%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	354,68	1%	-	Memenuhi
VIM	3,70	1%	3.0 -5.0 %	Memenuhi
VMA	16,39	1%	Min 15 %	Memenuhi
VFB	77,41	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	1109,32	1%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	3,20	1%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	346,66	1%	-	Memenuhi
VIM	4,06	1%	3.0 -5.0 %	Memenuhi
VMA	16,48	1%	Min 15 %	Memenuhi
VFB	75,37	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	1128,96	1%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	3,30	1%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	342,11	1%	-	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 1% timbunan pilihan Brown Canyon dan 2% Pasir memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.



**Grafik 4.2 Hasil Pengujian Marshall**

Pada perbandingan diatas bahwa untuk timbunan pilihan Brown Canyon 1% dan 2% Pasir dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memenuhi semua spesifikasi yang sesuai dengan Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

#### 4.5.2 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 2% TP Brown Canyon dan 1% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 2% timbunan pilihan Brown Canyon dan 1% Pasir.

**Tabel 4.15 Hasil Pengujian Marshall**

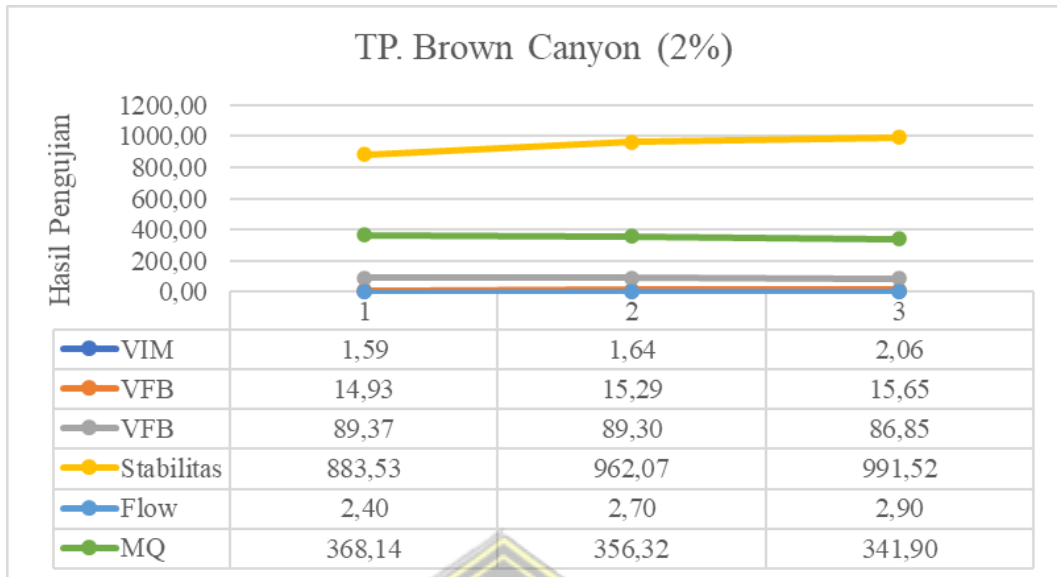
Pengujian ( Brown Canyon 2 % dan 1% Pasir )																
BJ Aspal ( T ) : 1,034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) :		2,184		Total Agg (Gsb) :		2,575		Kalibrasi Proving Ring :		9,817 Kg				
No	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/ Isi	Berat Jenis Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga diantara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp(VIM)	% Rongga terisi Aspal(VFB)	Stabilitas dibaca Arloji	Kelelahan di Plastis ( Flow )	hasil bagi Marshall (MQ)		
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g	100 - (100*g)h	100(i-j) i				m / n	
		( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )	
B.U1			1170,0	639,2	1173,0	533,8	2,192	2,227	14,93	1,59	89,37	90	883,53	2,40	368,14	
B.U2	2%	5,8%	1176,0	640,2	1179,0	538,8	2,183	2,219	15,29	1,64	89,30	98	962,07	2,70	356,32	
B.U3			1179,0	640,5	1183,0	542,5	2,173	2,219	15,65	2,06	86,85	101	991,52	2,90	341,90	
							2,183	2,222	15,29	1,76	88,51	96,33	945,70	2,67	354,64	

**Tabel 4.16** Rekap Hasil Pengujian Marshall

<b>Uraian 2% TP. Brown Canyon</b>	<b>Sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Agregat TP. Brown Canyon</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Memenuhi/Tidak Memenuhi</b>
VIM	1,59	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	14,93	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	89,37	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	883,53	2%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,40	2%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	368,14	2%	-	Memenuhi
VIM	1,64	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	15,29	2%	Min 15 %	Memenuhi
VFB	89,30	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	962,07	2%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,70	2%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	356,32	2%	-	Memenuhi
VIM	2,06	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	15,65	2%	Min 15 %	Memenuhi
VFB	86,65	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	991,52	2%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,90	2%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	341,90	2%	-	Memenuhi

Sumber: Hasil Percobaan di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (Tahun 2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 2% timbunan pilihan Brown Canyon dan 1% Pasir tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.



**Grafik 4.3** Hasil Pengujian Marshall

Pada perbandingan VIM diatas bahwa untuk timbunan pilihan Brown Canyon 2% dan 1% Pasir memiliki nilai VIM kurang dari 3-5% sedangkan pengujian pada VMA memiliki nilai kurang dari 15% maka komposisi ini tidak bisa digunakan untuk perkerasan jalan karena tidak memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

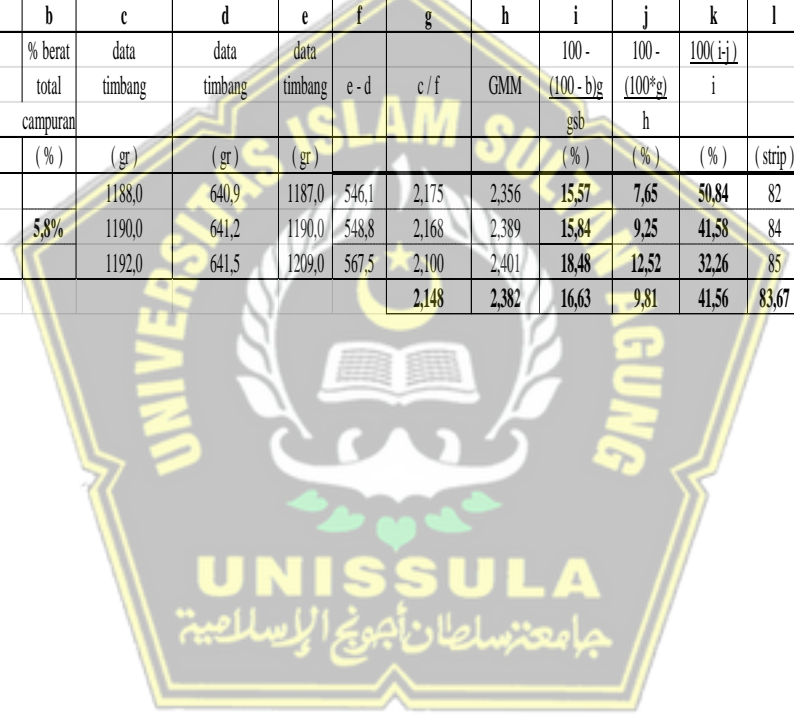


### 4.5.3 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 3% TP Brown Canyon dan 0% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 3% timbunan pilihan Brown Canyon dan 0% Pasir.

**Tabel 4.17 Hasil Pengujian Marsall**

Pengujian ( Brown Canyon 3 % dan 0% Pasir )																
BJ Aspal ( T ) : 1,034			BJ Efektif Total Agregat (Gse) :			2,149		Total Agg (Gsb) :			2,575		Kalibrasi Proving Ring :		9,817 Kg	
No benda uji	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/ Isi	Berat Jenis Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga diantara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp.(VIM)	% Rongga terisi Aspal.(VFB)	Stabilitas Arloji	Kelelahan di Plastis ( Flow )	hasil bagi Marshall ( MQ)		
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o		
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g	100 - (100*g)h	100(i-j) i			m / n		
		( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )	
B.U1			1188,0	640,9	1187,0	546,1	2,175	2,356	15,57	7,65	50,84	82	804,99	2,1	383,33	
B.U2	3%	5,8%	1190,0	641,2	1190,0	548,8	2,168	2,389	15,84	9,25	41,58	84	824,63	2,2	374,83	
B.U3			1192,0	641,5	1209,0	567,5	2,100	2,401	18,48	12,52	32,26	85	834,45	2,3	362,80	
							2,148	2,382	16,63	9,81	41,56	83,67	821,36	2,20	373,34	

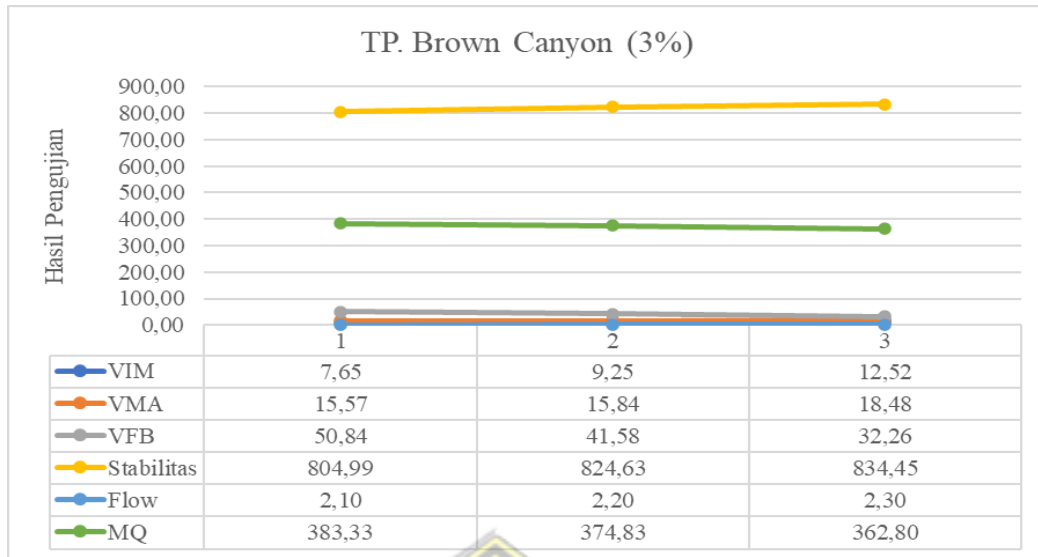


**Tabel 4.18** Rekap Hasil Pengujian Marshall

<b>Uraian 3% TP. Brown Canyon</b>	<b>Sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Agregat TP. Brown Canyon</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Memenuhi/Tidak Memenuhi</b>
VIM	7,65	3%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	15,57	3%	Min 15 %	Memenuhi
VFB	50,84	3%	Min 65 %	Tidak Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	804,99	3%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,10	3%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	383,33	3%	-	Memenuhi
VIM	9,25	3%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	15,84	3%	Min 15 %	Memenuhi
VFB	41,58	3%	Min 65 %	Tidak Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	824,63	3%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,20	3%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	374,83	3%	-	Memenuhi
VIM	12,52	3%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	18,48	3%	Min 15 %	Memenuhi
VFB	32,26	3%	Min 65 %	Tidak Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	834,45	3%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,30	3%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	362,80	3%	-	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 3% timbunan pilihan Brown Canyon dan 0% Pasir tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.



**Grafik 4.4 Hasil Pengujian Marshall**

Pada perbandingan VIM diatas bahwa untuk timbunan pilihan Brown Canyon 3% dan 0% Pasir nilai VIM lebih dari 3-5% dan nilai VFB kurang dari 65 % maka komposisi ini tidak bisa digunakan dalam perkerasan jalan karena tidak sesuai persyaratan dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

#### 4.5.4 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 1% TP. Toroh dan 2% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 1% timbunan pilihan Toroh dan 2% Pasir.

**Tabel 4.19 Hasil Pengujian Marshall**

Pengujian (Toroh 1% dan 2% Pasir)															
BJ Aspal (T) : 1,034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,105				BJ Total Agg (Gsb) : 2,575			Kalibrasi Proving Ring : 9,817 Kg						
No benda uji	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/ Isi	Berat Jenis Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% R onga diantara Agg.(VMA)	% R onga dalam Camp(VIM)	% R onga tensi Aspal(VFB)	Stabilitas dibaca Arloji	Kelelahan di sesuaikan (Flow)	hasil bagi Marshall (MQ)	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b) / gsb (%)	100 - (100 * g) / h (%)	100(i - j) / i (%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
B.U1			1172,0	671,2	1173,0	501,8	2,336	2,098	9,35	-11,33	221,18	83	814,81	2,14	380,75
B.U2	1%	5,8%	1173,0	671,7	1174,0	502,3	2,335	2,106	9,36	-10,89	216,26	83	814,81	2,29	355,81
B.U3			1173,0	672,0	1174,0	502,0	2,337	2,107	9,31	-10,91	217,23	87	854,08	2,32	368,14
							2,336	2,104	9,34	-11,04	218,22	84,33	827,90	2,25	367,96

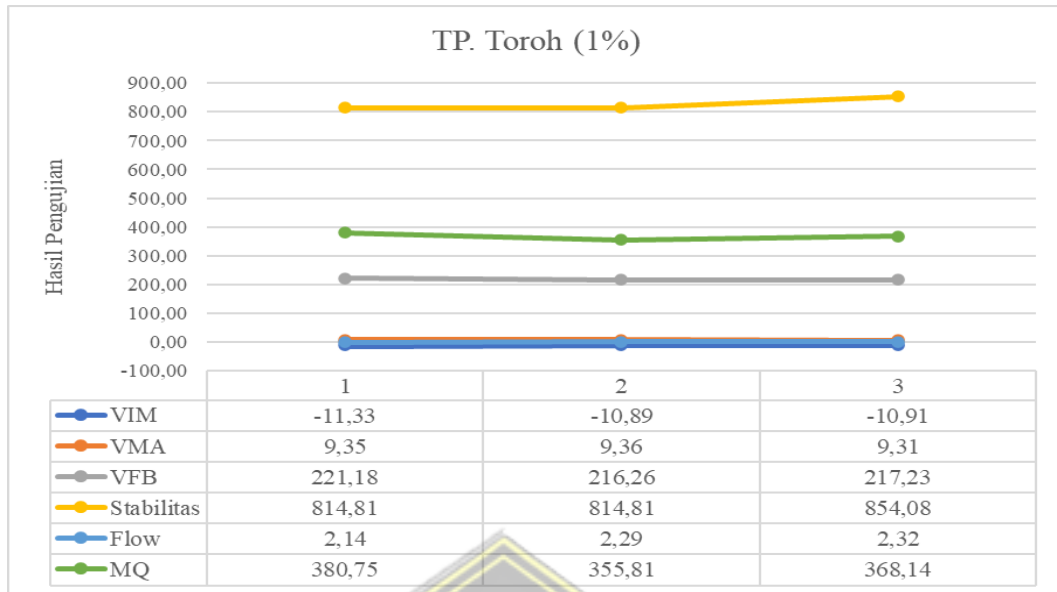
**Tabel 4.20** Rekap Hasil Pengujian Marshall

<b>Uraian 1% TP. Toroh</b>	<b>Sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Agregat TP. Toroh</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Memenuhi/Tidak Memenuhi</b>
VIM	-11,33	1%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	9,35	1%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	221,18	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	814,81	1%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,14	1%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	380,75	1%	-	Memenuhi
VIM	-10,89	1%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	9,36	1%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	216,26	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	814,81	1%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,29	1%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	355,81	1%	-	Memenuhi
VIM	-10,91	1%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	9,31	1%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	217,23	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	854,08	1%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,32	1%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	368,14	1%	-	Memenuhi

Sumber: Hasil Percobaan di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (Tahun 2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 1% timbunan pilihan Toroh dan 0% Pasir tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.





**Grafik 4.5 Hasil Pengujian Marshall**

Pada perbandingan VIM dan VMA diatas bahwa untuk timbunan pilihan Toroh 1% dan 2% memiliki nilai VIM kurang dari 3-5% dan nilai VMA kurang dari 15% maka komposisi ini tidak bisa digunakan untuk perkerasan jalan karena tidak sesuai persyaratan dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

#### 4.5.5 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 2% TP. Toroh dan 1% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 2% timbunan pilihan Toroh dan 1% Pasir.

**Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Marshall**

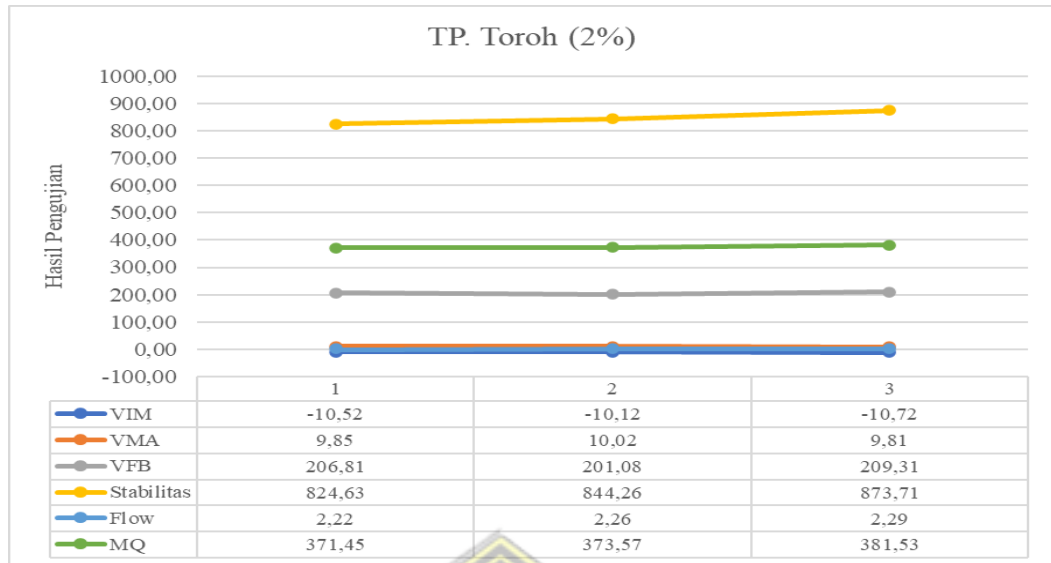
Pengujian ( Toroh 2 % dan 1% Pasir )															
BJ Aspal ( T ) : 1,034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,323				BJ Total Agg (Gsb) :		2,575		Kalibrasi Proving Ring :			9,817 Kg		
No benda uji	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/ Isi	Berat Jenis Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga diantara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp(VIM)	% Rongga terisi Aspal(VFB)	Stabilitas dibaca Arloji	Kelelahan di sesuaikan	hasil bagi Marshall ( Flow ) (MQ)	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
	% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g	100 - (100*g) h	100(i - j) i	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)	
B.U1		1179,0	672,4	1180,0	507,6	2,323	2,102	9,85	-10,52	206,81	84	824,63	2,22	371,45	
B.U2	2%	5,8%	1181,0	672,6	1182,0	509,4	2,318	2,105	10,02	-10,12	201,08	86	844,26	2,26	373,57
B.U3		1183,0	672,9	1182,0	509,1	2,324	2,099	9,81	-10,72	209,31	89	873,71	2,29	381,53	
						2,322	2,102	9,89	-10,46	205,73	86,33	847,53	2,26	375,57	

**Tabel 4.22** Rekap Hasil Pengujian Marshall

Uraian 2% TP. Toroh	Sifat Campuran Pengujian Laboratorium	Agregat TP. Toroh	Spesifikasi	Memenuhi/Tidak Memenuhi
VIM	-10,52	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	9,85	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	206,81	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	824,63	2%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,22	2%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	371,45	2%	-	Memenuhi
VIM	-10,12	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	10,02	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	201,08	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	844,26	2%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,26	2%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	373,57	2%	-	Memenuhi
VIM	-10,72	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	9,81	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	209,31	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	873,71	2%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,29	2%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	381,53	2%	-	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 2% timbunan pilihan Toroh dan 1% Pasir tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.



**Grafik 4.6 Hasil Pengujian Marshall**

Pada perbandingan VIM dan VMA diatas bahwa untuk timbunan pilihan Toroh 2% dan 1% Pasir memiliki nilai VIM kurang dari 3-5% dan nilai VMA kurang dari 15% maka komposisi ini tidak bisa digunakan dalam perkerasan dikarenakan tidak memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

#### 4.5.6 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 3% TP. Toroh dan 0% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 3% timbunan pilihan Toroh dan 0% Pasir.

**Tabel 4.23 Hasil Pengujian Marshall**

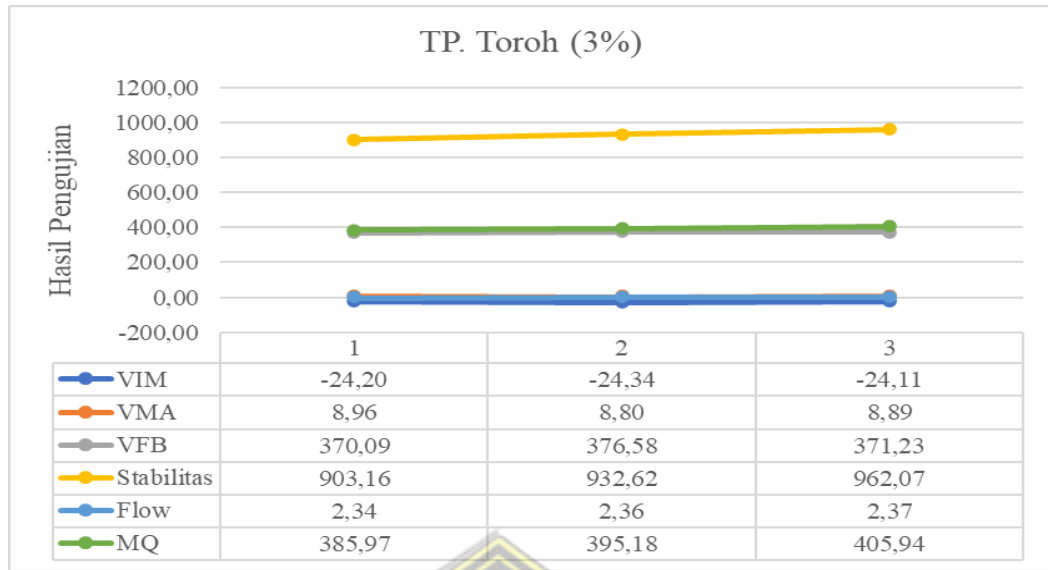
Pengujian ( Toroh 3 % dan 0% Pasir )															
BJ Aspal ( T ) : 1,034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,349				BJ Total Agg (Gsb) : 2,575			Kalibrasi Proving Ring : 9,817 Kg						
No benda uji	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/Isi	Berat Jenis Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga diantara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp.(VIM)	% Rongga terisi Aspal.(VFB)	Stabilitas dibaca Arloji	Kelelahan di sesuaikan ( Flow )	hasil bagi Marshall ( MQ )	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gsb (%)	100 - (100 <sup>g</sup> ) / h (%)	100(i - j) / i (%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
B.U1			1170,0	673,2	1172,0	498,8	2,346	1,889	8,96	-24,20	370,09	92	903,16	2,3	385,97
B.U2	3%	5,8%	1169,0	673,5	1171,0	497,5	2,350	1,890	8,80	-24,34	376,58	95	932,62	2,4	395,18
B.U3			1170,0	673,6	1172,0	498,4	2,348	1,892	8,89	-24,11	371,23	98	962,07	2,4	405,94
							2,348	1,890	8,88	-24,22	372,63	95,00	932,62	2,36	395,73

**Tabel 4.24** Rekap Hasil Pengujian Marshall

<b>Uraian 3% TP. Toroh</b>	<b>Sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Agregat TP. Toroh</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Memenuhi/Tidak Memenuhi</b>
VIM	-24,20	3%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	8,96	3%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	370,09	3%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	903,16	3%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,34	3%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	385,97	3%	-	Memenuhi
VIM	-24,34	3%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	8,80	3%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	376,58	3%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	932,62	3%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,36	3%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	395,18	3%	-	Memenuhi
VIM	-24,11	3%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	8,89	3%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	371,23	3%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	962,07	3%	Min 800 kg	Memenuhi
FLOW	2,37	3%	2.0 -4.0	Memenuhi
<i>MQ</i>	405,94	3%	-	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 3% timbunan pilihan Toroh dan 0% Pasir tidak memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.



**Grafik 4.7** Hasil Pengujian Marshall

Pada perbandingan VIM dan VMA diatas bahwa untuk timbunan pilihan Toroh 3% dan 0% Pasir memiliki nilai VIM kurang dari 3-5% dan nilai VMA kurang dari 15% maka komposisi ini tidak dapat digunakan dalam perkerasan jalan dikarenakan tidak memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

#### 4.5.7 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 1% TP. Brati dan 2% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 1% timbunan pilihan Brati dan 2% Pasir.

**Tabel 4. 25** Hasil Pengujian Marshall

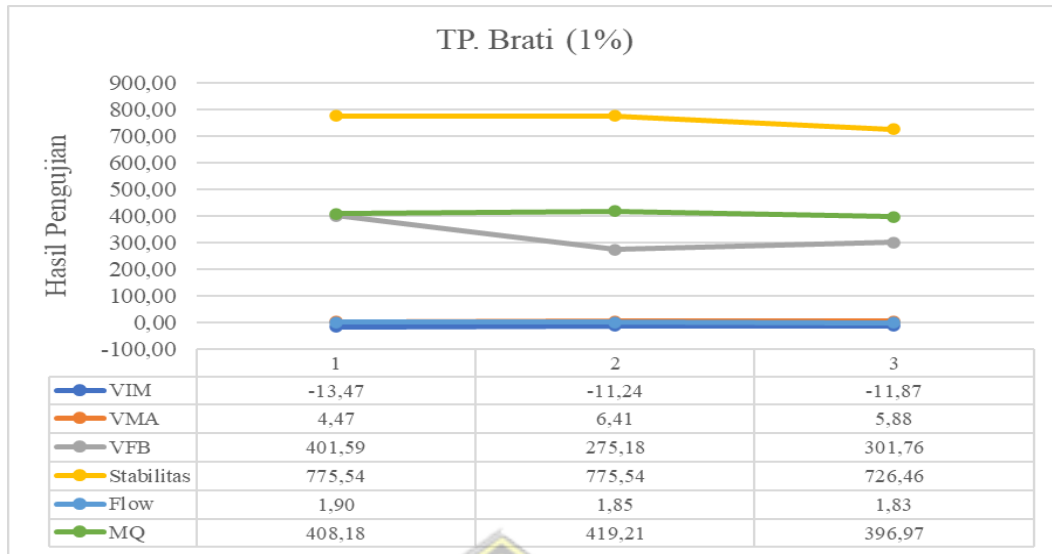
Pengujian ( Brati 1 % dan 2% Pasir )															
BJ Aspal ( T ) : 1,034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,170				BJ Total Agg (Gsb) : 2,575			Kalibrasi Proving Ring :			9,817 Kg			
No benda uji	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/Isi	erat Jenis Bu Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga diantara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp(VIM)	% Rongga terisi Aspal(VFB)	Stabilitas dibaca Arloji	Kelelahan di sesuaikan (Flow)	hasil bagi Marshall (MQ)	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gsb (%)	100 - (100*g) / h (%)	100(i-j) / i (%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)										
B.U1			1180,0	704,6	1184,0	479,4	2,461	2,169	4,47	-13,47	401,59	79	775,54	1,90	408,18
B.U2	1%	5,8%	1195,0	702,4	1198,0	495,6	2,411	2,168	6,41	-11,24	275,18	79	775,54	1,85	419,21
B.U3			1195,0	707,2	1200,0	492,8	2,425	2,168	5,88	-11,87	301,76	74	726,46	1,83	396,97
							2,433	2,168	5,59	-12,19	326,18	77,33	759,18	1,86	408,16

**Tabel 4.26** Rekap Hasil Pengujian Marshall

<b>Uraian 1% TP. Brati</b>	<b>Sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Agregat TP. Brati</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Memenuhi/Tidak Memenuhi</b>
VIM	-13,47	1%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	4,47	1%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	401,59	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	775,54	1%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,90	1%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	480,18	1%	-	Memenuhi
VIM	-11,24	1%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	6,41	1%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	275,18	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	775,54	1%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,85	1%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	419,21	1%	-	Memenuhi
VIM	-11,87	1%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	5,88	1%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	301,76	1%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	726,46	1%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,83	1%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	396,97	1%	-	Memenuhi

Sumber: Hasil Percobaan di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (Tahun 2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 1% timbunan pilihan Brati dan 2% Pasir memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.



**Grafik 4.8 Hasil Pengujian Marshall**

Pada perbandingan VIM dan VMA diatas bahwa untuk timbunan pilihan Toroh 3% dan 0% Pasir tidak dapat digunakan sebagai perkerasan jalan dikarenakan memiliki nilai VIM kurang dari 3% dan nilai VMA kurang dari 15% dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi 2.

#### 4.5.8 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 2% TP. Brati dan 1% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 2% timbunan pilihan Brati dan 1% Pasir.

**Tabel 4.27 Hasil Pengujian Marshall**

Pengujian ( Brati 2 % dan 1% Pasir )															
BJ Aspal ( T ) : 1,034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,394				BJ Total Agg (Gsb) : 2,575		Kalibrasi Proving Ring : 9,817 Kg							
No benda uji	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/ Isi	erat Jenis Bu Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga diantara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp(VIM)	% Rongga terisi Aspal(VFB)	Stabilitas dibaca Arloji	Kelelahan di Plastis ( Flow )	hasil bagi Marshall ( MQ )	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	$\frac{100 - b}{100}g$	$\frac{100 - j}{100}g$	$\frac{100(i - k)}{i}$			m / n	
		( % )	( gr )	( gr )	( gr )				( % )	( % )	( % )	( strip )	( kg )	( mm )	( kg/mm )
B.U1			1175,0	688,0	1181,0	493,0	2,383	1,970	7,50	-21,00	380,10	72	706,82	1,79	394,87
B.U2	2%	5,8%	1185,0	697,2	1194,0	496,8	2,385	1,978	7,42	-20,61	377,75	74	726,46	1,82	399,15
B.U3			1173,0	695,6	1183,0	487,4	2,407	1,976	6,59	-21,82	430,95	77	755,91	1,85	408,60
							2,392	1,974	7,17	-21,14	396,27	74,33	729,73	1,82	400,95

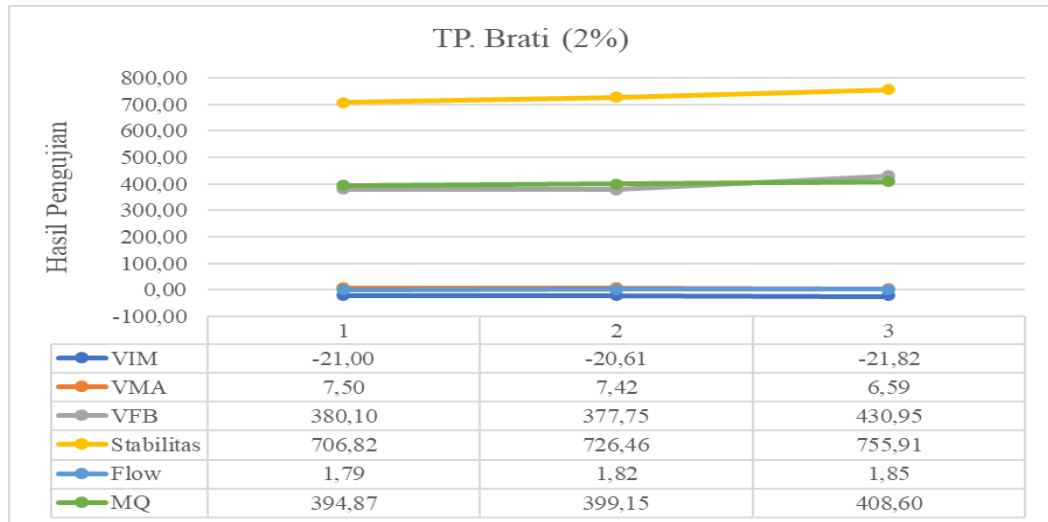
**Tabel 4.28** Rekap Hasil Pengujian Marshall

<b>Uraian 2% TP. Brati</b>	<b>Sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Agregat TP. Brati</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Memenuhi/Tidak Memenuhi</b>
VIM	-21,00	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	7,50	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	380,10	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	706,82	2%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,79	2%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	394,87	2%	-	Memenuhi
VIM	-20,61	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	7,42	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	377,75	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	726,46	2%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,82	2%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	399,15	2%	-	Memenuhi
VIM	-21,82	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	6,59	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	430,95	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	755,91	2%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,85	2%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	408,60	2%	-	Memenuhi

Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 2% timbunan pilihan Brati dan 1% Pasir memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.





**Grafik 4.9** Hasil Pengujian Marshall

Pada perbandingan VIM dan VMA diatas bahwa untuk timbunan pilihan Toroh 3% dan 0% memiliki nilai VIM kurang dari 3-5%, nilai VMA kurang dari 15% dan nilai *Flow* kurang dari 2-4 %, nilai Stabilitas kurang dari 800 kg dan nilai Flow kurang dari 2-4 %maka komposisi ini tidak dapat digunakan dalam perkerasan jalan dikarenakan tidak memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.

#### 4.5.9 Hasil Pengujian Aspal dengan Metode Marshall Test # 2% TP. Brati dan 1% Pasir

Hasil pengujian dengan menggunakan alat Marshall Test dengan bahan campuran aspal substitusi bahan agregat 2% timbunan pilihan Brati dan 1% Pasir.

**Tabel 4.29** Hasil Pengujian Marshall

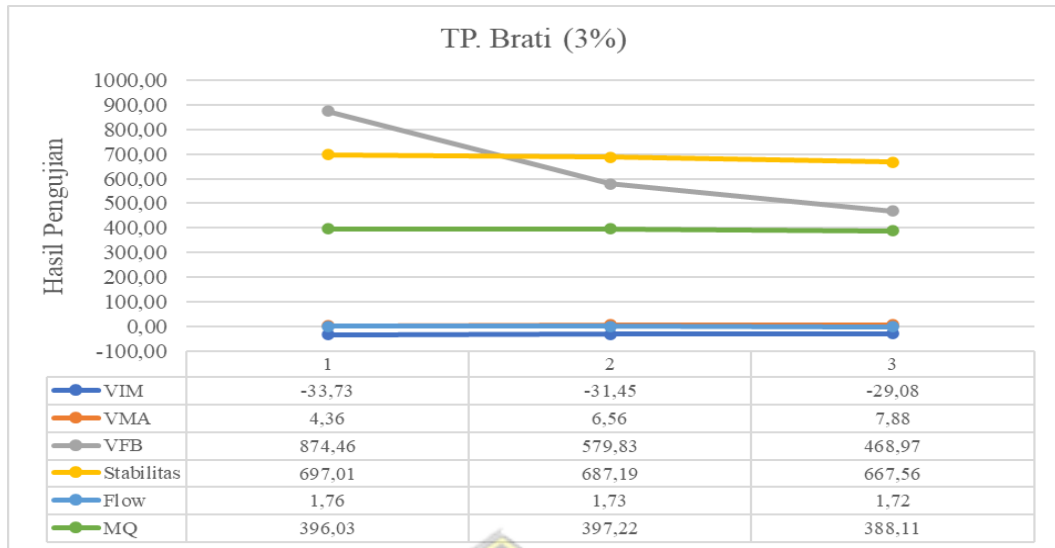
Pengujian ( Brati 3 % dan 0% Pasir )															
BJ Aspal ( T ) : 1,034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2,417				BJ Total Agg (Gsb) :			Kalibrasi Proving Ring :			9,817 Kg			
No benda uji	TP. Brown Canyon (%)	kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dalam Air	Berat SSD	Volume/ Is	erat Jenis Bu Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga diantara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp(VIM)	% Rongga terisi Aspal(VFB)	Stabilitas dibaca Arloji	Kelelahan di Plastis ( Flow )	hasil bagi Marshall (MQ)	
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
		% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g gsb (%)	100 - (100*g) h (%)	100(i-j) i (%)				m / n
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
B.U1			1173,0	705,0	1181,0	476,0	2,464	1,843	4,36	-33,73	874,46	71	697,01	1,8	396,03
B.U2	3%	5,8%	1179,0	696,3	1186,0	489,7	2,408	1,832	6,56	-31,45	579,83	70	687,19	1,7	397,22
B.U3			1191,0	697,2	1199,0	501,8	2,373	1,839	7,88	-29,08	468,97	68	667,56	1,7	388,11
							2,415	1,838	6,26	-31,42	641,09	69,67	683,92	1,74	393,81

**Tabel 4. 30** Rekap Hasil Pengujian Marshall

<b>Uraian 2% TP. Brati</b>	<b>Sifat Campuran Pengujian Laboratorium</b>	<b>Agregat TP. Brati</b>	<b>Spesifikasi</b>	<b>Memenuhi/Tidak Memenuhi</b>
VIM	-33,73	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	4,36	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	874,46	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	697,01	2%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,76	2%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	396,03	2%	-	Memenuhi
VIM	-31,45	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	6,56	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	579,83	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	687,19	2%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,73	2%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	397,22	2%	-	Memenuhi
VIM	-29,08	2%	3.0 -5.0 %	Tidak Memenuhi
VMA	7,88	2%	Min 15 %	Tidak Memenuhi
VFB	468,97	2%	Min 65 %	Memenuhi
<i>Stabilitas</i>	667,56	2%	Min 800 kg	Tidak Memenuhi
FLOW	1,72	2%	2.0 -4.0	Tidak Memenuhi
<i>MQ</i>	388,11	2%	-	Memenuhi

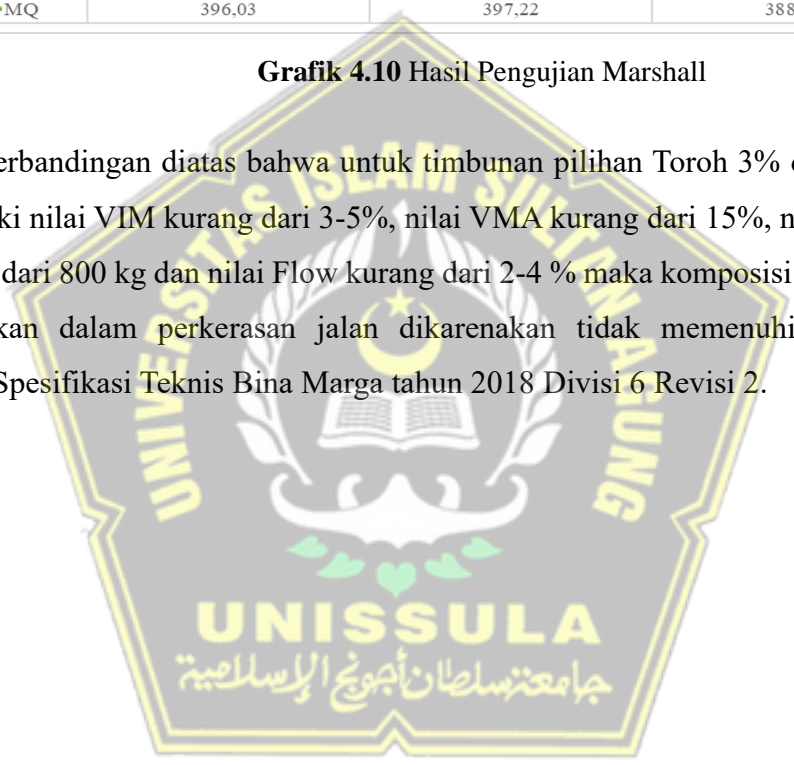
Sumber: Hasil Penelitian di Laboratorium Perkerasan Jalan Unissula (2023)

Hasil Pengujian Marshall dengan kadar komposisi 3% timbunan pilihan Brati dan 0% Pasir memenuhi persyaratan sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.



**Grafik 4.10** Hasil Pengujian Marshall

Pada perbandingan diatas bahwa untuk timbunan pilihan Toroh 3% dan 0% Pasir memiliki nilai VIM kurang dari 3-5%, nilai VMA kurang dari 15%, nilai Stabilitas kurang dari 800 kg dan nilai Flow kurang dari 2-4 % maka komposisi ini tidak bisa digunakan dalam perkerasan jalan dikarenakan tidak memenuhi persyaratan dalam Spesifikasi Teknis Bina Marga tahun 2018 Divisi 6 Revisi 2.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah:

1. Job Mix Formula terbaik yang dapat digunakan pada *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) Modifikasi dengan kombinasi timbunan pilihan Brown Canyon 1% dan 2% pasir sedangkan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) Modifikasi timbunan pilihan Brati dan Toroh tidak dapat digunakan sebagai pembuatan perkerasan jalan disebabkan tidak memenuhi persyaratan spesifikasi teknis Bina Marga tahun 2018 Revisi.
2. Pengaruh kekuatan pencampuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) Modifikasi menggunakan kombinasi timbunan pilihan Brown Canyon 1% dan 2% pasir dapat digunakan sebagai material substitusi pasir karena memiliki nilai Stabilitas 1128,96 dan Flow 3,30.

#### 5.2 Saran

Agar penelitian mendapatkan hasil sesuai apa yang diinginkan serta merekomendasikan untuk penelitian selanjutnya, ada beberapa hal yang harus diperhatikan :

1. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk modifikasi pasir 100% terhadap pencampuran aspal.
2. Perlu dilakukan tentang penghamparan dilapangan untuk menyesuaikan komposisi yang telah dibuat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arianti, D., Sutrisno, W., & Haza, Z. F. (n.d.). Pengaruh Komposisi Agregat Kasar Terhadap Campuran Asphalt Wearing Concrete-Wearing Course (Ac-Wc). *Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta*, 58-65.
- Hamzah, R. A., Kaseke, O. H., & Manopo, M. M. (2016, Juli). Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Material Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Aspal Beton-Lapis Aus Gradasi Senjang. *Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado, Vol. 4, No 7*.
- Iqbal, M., Amiwarti, & Setiobudi, A. (2020, Juni). Analisis Penambahan Limbah Las Karbit Sebagai Filler Campuran Aspal (Ac-Wc). *Fakultas Teknik, Universitas PGRI Palembang*, 5-1, 43-47.
- Maddani, M. A., Kusumadi, & Yulfalento. (2022). Pengaruh Penggunaan Kulit Kurang Kerang Sebagai Pengganti Filler Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal (Ac-Wc). *Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan*, 1166-1176.
- Muslimin, Imananto, E. I., & Munasih. (2023, Januari). Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Jati Sebagai Material Pengisi Pada Campuran Aspal Treated Base (ATB) Ditinjau Dari Uji Marshall. *Institut Teknologi Nasional Malang. Malang – Jawa Timur, Vol. 8 No.1*, 22-29.
- Puranto, I. G., Nugraha, I. N., & Thanaya, I. N. (2016, Desember). Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 Dengan Penambahan Lateks. *Fakultas Teknik Universitas Udayana, Denpasar, Volume 22, No 2*, 77-86.
- Said, L. B., & Mysdely. (2023). Kajian Pengaruh Penambahan Variasi Kadar Asbuton Lawele dan Aspal Pen 60/70 Dalam Pemanfaatan Batu Gamping Sebagai Agregat Kasar Terhadap Stabilitas Dan Durabilitas Campuran (Ac-Wc). *Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia (UMI)*, 73-84.
- Sasongko, R. N., Handajani, M., & Muldiyanto, A. (2023, Maret). Perbandingan Penggunaan Filler Dengan Filler Kapur Pada Karakteristik Campuran (Ac-Wc) Akibat Pengaruh Masa Perendaman Air. *Fakultas Teknik Universitas Semarang, Volume 03, Nomor 1*, 103-114.
- Sulistyo, J. A. (2021). Analisis Pengaruh Rendaman Air Pasang (ROB) Terhadap Aspal Wearing Course Dengan Bahan Additiv Polyethylene Dan Fine Agregat Slag.

- Suprayitno, Mudjanaro, S. W., Koespiadi, & Limantara, A. D. (2019, Desember 02). Studi Penggunaan Variasi Campuran Material Plastik Jenis High Density Polyethylene (HPDE) Pada Campuran Beraspal Untuk lapis Aus (Ac-Wc) Asphalt Concrete Wearing Course. *Universitas Narotama, Surabaya, Jawa Timur*, 8, 222-233.
- Susanto, H. A. (2020, April). Pengaruh Penggunaan Filler Pasir Besi dan Semen Dalam Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc). *Universitas Jenderal Soedirman*, 21, No1, 37-46.
- Wardana, H. W., Mahardi, S.T., M. Sc., P., & Risdianto, S.T., M.T., Y. (n.d.). Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Dalam Campuran Asphalt Concret Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat. *Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya*, 1-7.

