

TUGAS AKHIR

**ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE (AC-
WC) MODIFIKASI RESIN EPOXY DAN SERAT BAJA
DRAMIX PADA ASPAL KARET ALAM PADAT PG-70 UNTUK
PERKERASAN JALAN**

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



Disusun Oleh:

Zahra Ridhatillah Salsabil

NIM: 30202100223

Vieka Halwa Daniya

NIM: 30202100255

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

2025

TUGAS AKHIR

ANALISIS *ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE* (AC-WC) MODIFIKASI RESIN *EPOXY* DAN SERAT BAJA *DRAMIX* PADA ASPAL KARET ALAM PADAT PG-70 UNTUK PERKERASAN JALAN

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan

Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Islam Sultam Agung



Disusun Oleh:

Zahra Ridhatillah Salsabil

NIM: 30202100223

Vieka Halwa Daniya

NIM: 30202100255

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

2025

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE* (AC-WC)
MODIFIKASI RESIN *EPOXY* DAN SERAT BAJA *DRAMIX* PADA ASPAL
KARET ALAM PADAT PG-70 UNTUK PERKERASAN JALAN



Zahra Ridhatillah Salsabil
NIM: 30202100223



Vieka Halwa Daniya
NIM: 30202100255

Telah disetujui dan disahkan di Semarang,

2025

Tim Penguji

1. **Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST., MT.**
NIDN: 0611118903
2. **Ir. Lisa Fitriyana, ST., M.Eng**
NIDN: 0631128901

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.
NIDN: 0625059 F02



BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 44 / A.2 / SA - T / X / 2024

Pada hari ini tanggal 08 Oktober 2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, ST., MT.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama

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

Zahra Ridhatillah Salsabil
NIM: 30202100223

Vieka Halwa Daniya
NIM: 30202100255

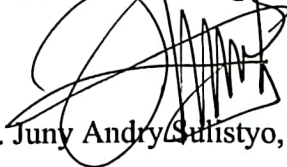
Judul: Analisis *Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC)* Modifikasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* Pada Aspal Karet Alam Padat PG-70 Untuk Perkerasan Jalan

Dengan tahapan sebagai berikut :

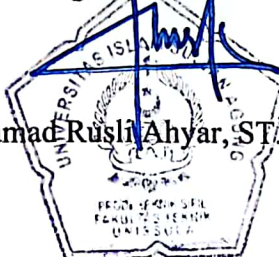
No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	08/10/2024	ACC
2	Seminar Proposal	21/11/2024	ACC
3	Pengumpulan data	25/11/2024	ACC
4	Analisis data	02/12/2024	ACC
5	Penyusunan laporan	03/12/2024	ACC
6	Selesai laporan	12/12/2024	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama


Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.


PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

1. NAMA : Zahra Ridhatillah Salsabil
NIM : 30202100223
2. NAMA : Vieka Halwa Daniya
NIM : 30202100255

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul:
ANALISIS ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE (AC-WC) MODIFIKASI RESIN EPOXY DAN SERAT BAJA DRAMIX PADA ASPAL KARET ALAM PADAT PG-70 UNTUK PERKERASAN JALAN

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, 24 / 01 / 2025

Yang membuat pernyataan 1

Yang membuat pernyataan 2

Zahra Ridhatillah Salsabil
NIM: 30202100223



Vieka Halwa Daniya
NIM: 30202100255

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : Zahra Ridhatillah Salsabil
NIM : 30202100223
2. NAMA : Vieka Halwa Daniya
NIM : 30202100255

JUDUL TUGAS AKHIR: ANALISIS *ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE* (AC-WC) MODIFIKASI RESIN *EPOXY* DAN SERAT BAJA *DRAMIX* PADA ASPAL KARET ALAM PADAT PG-70 UNTUK PERKERASAN JALAN

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, 24 / 01 / 2025

Yang membuat pernyataan 1

Yang membuat pernyataan 2

Zahra Ridhatillah Salsabil
NIM: 30202100223

Vieka Halwa Daniya
NIM: 30202100255

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ وَلَوْ
أَمَّنْ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

“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)

وَالْبَلَدُ الطَّيِّبُ يَخْرِجُ نَبَاتَهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبُثَ لَا يَخْرِجُ إِلَّا نَكِدًا كَذَلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ لِقَوْمٍ
يَشْكُرُونَ

“Dan tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.” (QS. Al A’raf : 58)

مِنْهَا خَلَقْنَاكُمْ وَفِيهَا نُعِيدُكُمْ وَمِنْهَا نُخْرِجُكُمْ تَارَةً أُخْرَى

“ Dari bumilah Kami ciptakan kamu, dan ke dalamnya Kami akan mengembalikan kamu, dan daripadanya pula Kami akan mengeluarkan kamu sekali lagi.” (QS. At Taha : 55)

"Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan Bersama kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan". (HR Tirmidzi)

“Waktu itu bagaikan pedang. Jika kamu tidak memanfaatkannya dengan baik, maka ia akan memanfaatkanmu”. (HR. Muslim)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, kita memuji-Nya dan meminta pertolongan, pengampunan serta petunjuk kepada-Nya. Saya persembahkan laporan skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tua saya yang saya cintai, Tri Endar Wahyudi, SE., MM dan Eni Yuni Hastuti, A.Md yang senantiasa memberikan, doa, dukungan, kasih sayang, serta motivasi baik secara moril maupun materil.
2. Adik-adikku tersayang, Glegar Ahmad Sultan Rafikasyah, Rizkya Kharisma Maharani, Muhammad Rafael Annashr, yang memberikan dukungan serta semangat agar terus menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST., MT selaku dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Partner Skripsi saya sekaligus sahabat Vieka Halwa Daniya, yang selalu menemani dan memahami kondisi saya, terimakasih selalu ada dan mendukung saya.
5. Asisten Laboratorium Perkerasan Jalan yaitu Mas Daryanto, Mas Yogi, dan juga teman-teman yang sudah membantu dalam melaksanakan penelitian ini.
6. Nuril Wafa Ahmad yang selalu menjadi tempat keluh kesah saya dan selalu memberikan dukungan, motivasi, pengingat dan menemani saya hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Bella Nantania Marshela, Ratna Amelia Sari, Nuzulia Nur Kurniawati, Alwi Hapsari dan Teman-teman Fakultas Teknik Sipil Unissula Angkatan 2021 yang turut memberikan semangat.
8. Terakhir, untuk diri saya sendiri, Zahra Ridhatillah Salsabil terimakasih sudah berjuang sejauh ini dan mampu mengendalikan diri dari tekanan diluar keadaan dalam proses skripsi ini dan menyelesaikannya dengan baik.

Zahra Ridhatillah Salsabil

30202100223

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, kita memuji-Nya dan meminta pertolongan, pengampunan serta petunjuk kepada-Nya. Saya persembahkan laporan skripsi ini kepada:

1. Orang tua saya yang saya cintai, Bapak Nur Yazid dan Ibu Zumrotun Abidah, yang senantiasa memberikan, doa, dukungan, kasih sayang, serta motivasi baik secara moril maupun materil.
2. Kakak-kakakku tersayang, Muhammad Zaini Habib, Muhammad A'vian Shidqi, dan Neila Arinal Haq, yang memberikan dukungan serta semangat agar terus menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Dr. Ir. Juny Andry Sulisty, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang tidak pernah lelah memberikan ilmunya serta memberikan arahan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Partner Tugas Akhir sekaligus sahabat saya, Zahra Ridhatillah Salsabil, yang selalu menemani dan memahami kondisi saya, terima kasih selalu ada dan mendukung saya.
5. Asisten Laboratorium Perkerasan Jalan yaitu Mas Daryanto, Mas Yogi, dan juga teman-teman yang sudah membantu dalam melaksanakan penelitian ini.
6. Pasangan saya, Muhammad Azri Shaputra, yang senantiasa mendukung, menemani, dan menjadi tempat melepaskan segala keluh kesah saya semasa perkuliahan hingga proses penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Sahabat saya, Aulia Umma Agasie, dan teman-teman Fakultas Teknik Sipil Unissula Angkatan 2021 yang turut memberikan dukungan dan semangat.
8. Terakhir, untuk diri saya sendiri, Vieka Halwa Daniya, terima kasih telah bertahan dan berjuang sejauh ini meski pernah akan menyerah. Mampu mengendalikan diri dari tekanan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini dan menyelesaikannya dengan baik dengan semaksimal mungkin. Semoga bertemu hal baik dan pencapaian baru di depan sana.

Vieka Halwa Daniya

30202100255

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum 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 Coarse* (AC-WC) Modifikasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* Pada Aspal Karet Alam Padat PG-70 Untuk Perkerasan Jalan” guna untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Prpgram Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini penulis memperoleh bantuan dari beberapa pihak, dalam kesempatan kali ini kami ucapan terimakasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST.,M.T. selaku Dekan Fakultas Tenik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST.,M.Eng. selaku Ketua Program Studi Fakultas Tenik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah membantu dalam urusan akademik.
3. Bapak Dr. Ir. Juny Andry Sulistyo, ST.,MT. selaku Dosen Pendamping yang selalu memberikan waktu dalam memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Fakultas Tenik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberikan wawasan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh Program Studi S-1 Teknik Sipil.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat baik bagi penulis maupun para pembaca.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Semarang, November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR GRAFIK.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
ABSTRAK.....	xxi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	 5
2.1. Perkerasan Jalan.....	5
2.2. Perkerasan Lentur / Aspal	6
2.3. Lapis Aspal Beton (AC-WC).....	6
2.4. Aspal	7
2.5. Aspal Karet Alam Padat.....	7
2.6. Agregat.....	10
2.3.1. Agregat Halus	11
2.3.2. Agregat Kasar	11
2.7. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	13
2.8. Resin <i>Epoxy</i>	14

2.9. Serat Baja (<i>Dramix</i>)	15
2.10. <i>Marshall Test</i>	16
2.11. Uji Karakteristik <i>Marshall</i>	16
2.12. Penelitian Terdahulu yang Sejenis	20
 BAB III METODOLOGI.....	22
3.1. Kerangka Pemikiran.....	22
3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian.....	22
3.2.1. Bahan Penelitian	22
3.2.2. Alat Penelitian	23
3.3. Pengumpulan Data	24
3.4. Pemeriksaan Karakteristik Material.....	25
3.4.1. Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus.....	25
3.4.2. Pemeriksaan Karakteristik Fisik Aspal Karet Alam Padat PG-70.....	26
3.5. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>).....	26
3.5.1. Campuran Kadar Aspal Normal	26
3.5.2. Campuran Kadar Aspal Variasi Resin <i>Epoxy</i> dan Serat Baja <i>Dramix</i>	28
3.6. Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian	35
3.7. Metode Analisis	36
3.8. Prosedur Kerja	38
3.8.1. Perancangan Campuran Aspal (<i>Mix Design</i>).....	38
3.8.2. Pembuatan Benda Uji	38
3.8.3. Pengujian <i>Marshall</i>	39
3.8.4. Pengujian Stabilitas dan Kelelahan (<i>Flow</i>)	40
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1. Pendahuluan.....	41
4.2. Pembuatan Benda Uji Kadar Aspal Normal	42
4.3. Pengujian Laboratorium.....	44
4.3.1. Pengujian Material.....	44
4.3.1.1. Pengujian Abrasi	44
4.3.1.2. Pengujian Analisa Saringan	45
4.3.1.3. Pengujian Berat Jenis	52
4.3.1.4. Pengujian Kelekatan Agregat.....	55
4.3.2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Material	55
4.3.3. Pengujian Aspal Karet Alam Padat PG-70.....	56

4.3.2.1. Pengujian Penetrasi	56
4.3.2.2. Pengujian Titik Lembek.....	57
4.3.2.3. Pengujian Berat Jenis	58
4.3.2.4. Pengujian Titik Bakar dan Titik Nyala	59
4.3.2.5. Pengujian Daktilitas	60
4.3.4. Rekapitulasi Pengujian Aspal	61
4.4. Hasil Pengujian Kadar Aspal Normal.....	61
4.4.1. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM)	61
4.4.2. Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	62
4.4.3. Ringkasan Hasil Pengujian AC-WC.....	65
4.5. Pembuatan Benda Uji	65
4.6. Hasil Pengujian Kadar Aspal Variasi Resin <i>Epoxy</i> dan Serat Baja <i>Dramix</i> ..	71
4.6.1. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%.....	71
4.6.2. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%.....	72
4.6.3. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%.....	72
4.6.4. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%.....	73
4.6.5. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%.....	76
4.6.6. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%.....	78
4.6.7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan <i>Marshall</i>	81
4.6.8. Pengujian Ekstraksi Kadar Aspal	87
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 88
5.1. Kesimpulan	88
5.2. Saran	89
 DAFTAR PUSTAKA	 xxii
LAMPIRAN.....	90

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi Pengujian Aspal	7
Tabel 2.2. Spesifikasi Aspal Karet Alam Padat	9
Tabel 2.3. Spesifikasi Agregat Halus untuk AC-WC.....	11
Tabel 2.4. Spesifikasi Agregat Kasar untuk AC-WC.....	12
Tabel 2.5. Spesifikasi Amplop Gradasi Agregat Campuran untuk AC-WC.....	13
Tabel 2.6. Keaslian Tugas Akhir.....	20
Tabel 3.1. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 4%	26
Tabel 3.2. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 4,5%	26
Tabel 3.3. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 5%	27
Tabel 3.4. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 5,5%.....	27
Tabel 3.5. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 6%.....	27
Tabel 3.6. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 0% dan Serat Baja Dramix 0%	28
Tabel 3.7. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 2% dan Serat Baja Dramix 0%	28
Tabel 3.8. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 4% dan Serat Baja Dramix 0%	29
Tabel 3.9. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 6% dan Serat Baja Dramix 0%	29
Tabel 3.10. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 8% dan Serat Baja Dramix 0%	29
Tabel 3.11. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 0% dan Serat Baja Dramix 2%	30
Tabel 3.12. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 2% dan Serat Baja Dramix 2%	30

Tabel 3.13. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 4% dan Serat Baja Dramix 2%	30
Tabel 3.14. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 6% dan Serat Baja Dramix 2%	31
Tabel 3.15. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 8% dan Serat Baja Dramix 2%	31
Tabel 3.16. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 0% dan Serat Baja Dramix 4%	31
Tabel 3.17. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 2% dan Serat Baja Dramix 4%	32
Tabel 3.18. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 4% dan Serat Baja Dramix 4%	32
Tabel 3.19. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 6% dan Serat Baja Dramix 4%	32
Tabel 3.20. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 8% dan Serat Baja Dramix 4%	33
Tabel 3.21. Perhitungan Jumlah Sampel Variasi Resin Epoxy dan Serat Baja Dramix	34
Tabel 4.1. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 4%	42
Tabel 4.2. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 4,5%	42
Tabel 4.3. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 5%	43
Tabel 4.4. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 5,5%	43
Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar Aspal 6%	43
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Abrasi	44
Tabel 4.7. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar 3/4"	46
Tabel 4.8. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar 1/2"	47
Tabel 4.9. Hasil Analisa Saringan Abu Batu	48

Tabel 4.10. Hasil Analisa Saringan Pasir	49
Tabel 4.11. Hasil Analisa Saringan <i>Filler</i> (Semen)	50
Tabel 4.12. Rekapitulasi Analisa Saringan.....	51
Tabel 4.13. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 3/4”	52
Tabel 4.14. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 1/2”	53
Tabel 4.15. Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu	54
Tabel 4.16. Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir	54
Tabel 4.17. Hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat.....	55
Tabel 4.18. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Karet Alam Padat PG-70	56
Tabel 4.19. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Karet Alam Padat PG-70	57
Tabel 4.20. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Karet Alam Padat PG-70	58
Tabel 4.21. Hasil Titik Bakar dan Titik Nyala	59
Tabel 4.22. Hasil Pengujian Daktilitas	60
Tabel 4.23. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Pen 60/70.....	61
Tabel 4.24. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Maksimum Campuran Aspal Normal	62
Tabel 4.25. Data Hasil Pemeriksaan <i>Marshall</i> Kadar Normal.....	63
Tabel 4.26. Komposisi Material AC-WC.....	65
Tabel 4.27 Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin <i>Epoxy</i> 0% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	66
Tabel 4.28. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin <i>Epoxy</i> 2% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	66
Tabel 4.29. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin <i>Epoxy</i> 4% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	66
Tabel 4.30.. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin <i>Epoxy</i> 6% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	67
Tabel 4.31. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin <i>Epoxy</i> 8% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	67
Tabel 4.32. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin <i>Epoxy</i> 0% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	67
Tabel 4.33. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin <i>Epoxy</i> 2% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	68

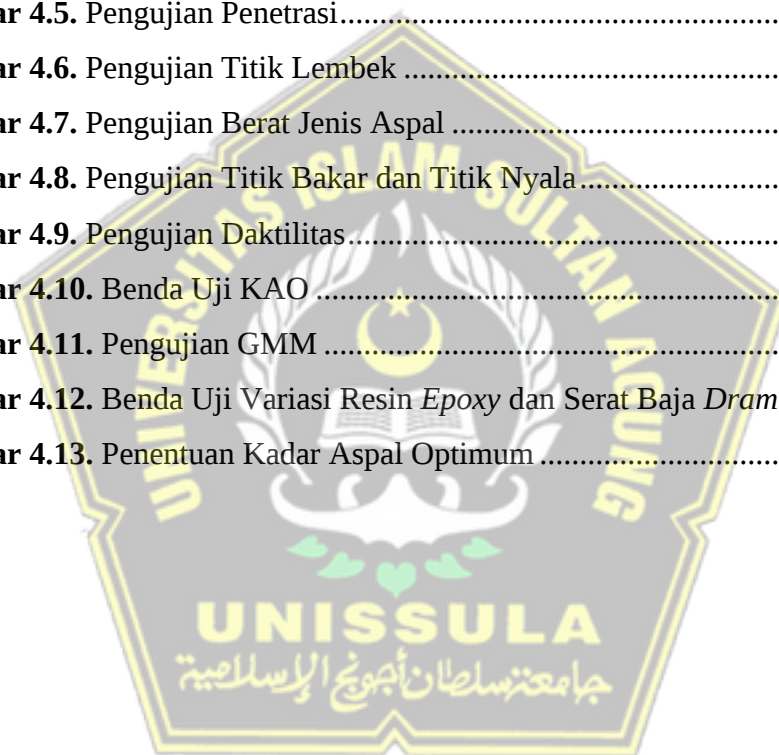
Tabel 4.34. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 4% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	68
Tabel 4.35. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 6% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	68
Tabel 4.36. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 8% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	69
Tabel 4.37. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 0% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	69
Tabel 4.38. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 2% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	69
Tabel 4.39. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 4% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	70
Tabel 4.40. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 6% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	70
Tabel 4.41. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 8% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	70
Tabel 4.42. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%.....	71
Tabel 4.43. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%.....	72
Tabel 4.44. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%.....	73
Tabel 4.45. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	74
Tabel 4.46. Rekapitulasi Parameter <i>Marshall</i>	74
Tabel 4.47. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	76
Tabel 4.48. Rekapitulasi Parameter <i>Marshall</i>	77
Tabel 4.49. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	79

Tabel 4.50. Rekapitulasi Parameter <i>Marshall</i>	79
Tabel 4.51. Rekapitulasi Nilai <i>Void In the Mix</i> (VIM).....	81
Tabel 4.52. Rekapitulasi Nilai Stabilitas	83
Tabel 4.53. Rekapitulasi Nilai <i>Flow</i>	85
Tabel 4.54. Hasil Pengujian Ekstraksi.....	87



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kategori Serat Baja (<i>Dramix</i>).....	15
Gambar 2.2. <i>Marshall Compactor</i> dan Alat <i>Marshall Test</i>	16
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian.....	35
Gambar 4.1. <i>Asphalt Mixing Plant</i> (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Batang..	41
Gambar 4.2. Pengambilan Aspal Karet Alam Padat PG-70	41
Gambar 4.3. Pengujian Abrasi.....	45
Gambar 4.4. Pengujian Analisa Saringan.....	51
Gambar 4.5. Pengujian Penetrasi.....	57
Gambar 4.6. Pengujian Titik Lembek	58
Gambar 4.7. Pengujian Berat Jenis Aspal	59
Gambar 4.8. Pengujian Titik Bakar dan Titik Nyala.....	59
Gambar 4.9. Pengujian Daktilitas.....	60
Gambar 4.10. Benda Uji KAO	61
Gambar 4.11. Pengujian GMM	63
Gambar 4.12. Benda Uji Variasi Resin <i>Epoxy</i> dan Serat Baja <i>Dramix</i>	64
Gambar 4.13. Penentuan Kadar Aspal Optimum	64



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Kombinasi Agregat.....	52
Grafik 4.2. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	64
Grafik 4.3. Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%.....	75
Grafik 4.4. Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 2%.....	78
Grafik 4.5. Pengujian <i>Marshall</i> Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 4%.....	80
Grafik 4.6. Nilai VIM Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%, 2%, dan 4%.....	82
Grafik 4.7. Nilai Stabilitas Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%, 2%, dan 4%.....	84
Grafik 4.8. Nilai Flow Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%, 2%, dan 4%.....	86



DAFTAR LAMPIRAN

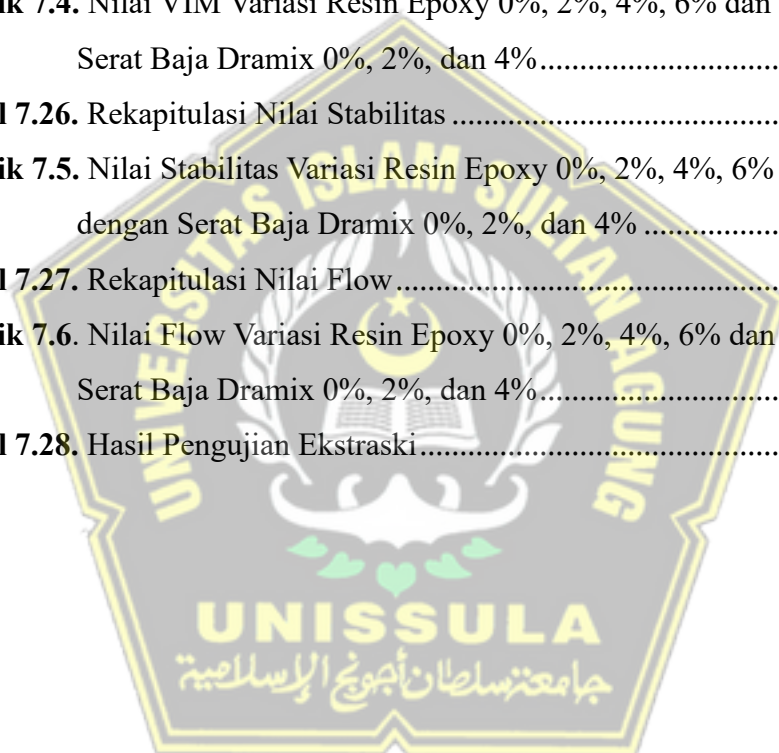
LAMPIRAN I DOKUMENTASI ALAT PENELITIAN	90
Gambar 1.1. Cawan	90
Gambar 1.2. Ember.....	90
Gambar 1.3. Oven.....	90
Gambar 1.4. Timbangan	91
Gambar 1.5. Wajan	91
Gambar 1.6. Kompor.....	91
Gambar 1.7. Mold Benda Uji	92
Gambar 1.8. Mesin Los Angeles	92
Gambar 1.9. Saringan.....	92
Gambar 1.10. Alat Uji Penetrasi.....	93
Gambar 1.11. Alat Uji Titik Lembek.....	93
Gambar 1.12. Alat Pemadat Benda Uji	93
Gambar 1.13 Dongkrak Hidrolik.....	94
Gambar 1. 14. Alat Uji Marshall.....	94
Gambar 1.15. Alat Specific Gravity Vacum.....	95
Gambar 1.16. Alat Uji Ekstraksi	95
LAMPIRAN II DOKUMENTASI BAHAN PENELITIAN.....	96
Gambar 2.1. Agregat 3/4	96
Gambar 2.2. Agregat 1/2	96
Gambar 2.3. Abu Batu.....	96
Gambar 2.4. Pasir	97
Gambar 2.5. Filler	97
Gambar 2.6. Serat Baja Dramix	97
Gambar 2.7. AKAP PG-70	98
Gambar 2.8. Resin Epoxy.....	98
LAMPIRAN III DOKUMENTASI PENELITIAN.....	99
Gambar 3.1. Pengujian Abrasi.....	99
Gambar 3.2. Pengujian Analisa Saringan.....	99

Gambar 3.3. Pengujian Berat Jenis Agregat.....	100
Gambar 3.4. Pengujian Penetrasi	100
Gambar 3.5. Pengujian Titik Lembek (Softening Point).....	100
Gambar 3.6. Pengujian Berat Jenis Aspal Karet Alam Padat PG-70	101
Gambar 3.7. Pengujian Titik Bakar dan Titik Nyala	101
Gambar 3.8. Pengujian Daktalitas	101
Gambar 3.9. Pencampuran Benda Uji	102
Gambar 3.10. Proses Pencampuran Benda Uji.....	102
Gambar 3.11. Pemadatan Benda Uji	103
Gambar 3.12. Mengeluarkan Benda Uji.....	103
Gambar 3.13. Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal.....	104
Gambar 3.14. Pengujian Ekstraksi	104
LAMPIRAN IV DATA PENGUJIAN AGREGAT.....	105
Tabel 4.1. Hasil Pengujian Abrasi	105
Tabel 4.2. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar 3/4”.....	105
Tabel 4.3. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar 1/2”.....	106
Tabel 4.4. Hasil Analisa Saringan Abu Batu	107
Tabel 4.5. Hasil Analisa Saringan Filler (Semen)	108
Tabel 4.6. Rekapitulasi Analisa Saringan	108
Grafik 4.1. Kombinasi Agregat.....	109
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 3/4”	109
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 1/2”	109
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu.....	110
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir	110
Tabel 4.11. Hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat	111
LAMPIRAN V DATA PENGUJIAN AKAP PG-70	112
Tabel 5.1. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Karet Alam Padat PG-70	112
Tabel 5.2. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Karet Alam Padat PG-70	113
Tabel 5.3. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Karet Alam Padat PG-70	114
Tabel 5.4. Hasil Titik Bakar dan Titik Nyala.....	114
Tabel 5.5. Hasil Pengujian Daktalitas	115

Tabel 5.6. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Karet Alam Padat PG-70	115
 LAMPIRAN VI DATA HASIL PENGUJIAN KADAR ASPAL NORMAL.	
Tabel 6.1. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar 4%	116
Tabel 6.2. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar 4,5.	116
Tabel 6.3. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar 5%	117
Tabel 6.4. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar 5,5.	117
Tabel 6.5. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Normal Kadar 6%	117
Tabel 6.6. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Maksimum Campuran Aspal Normal	118
Tabel 6.7. Data Hasil Pemeriksaan <i>Marshall</i> Kadar Normal	118
Gambar 6.1. Penentuan Kadar Aspal Optimum	119
Grafik 6.1. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	120
Tabel 6.8. Komposisi Material AC-WC	120
 LAMPIRAN VII DATA HASIL PENGUJIAN BENDA UJI VARIASI RESIN EPOXY DAN SERAT BAJA DRAMIX.....	
Tabel 7.1. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 0% dan Serat Baja Dramix 0%	121
Tabel 7.2. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 2% dan Serat Baja Dramix 0%	121
Tabel 7.3. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 4% dan Serat Baja Dramix 0%	122
Tabel 7.4. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 6% dan Serat Baja Dramix 0%	122
Tabel 7.5. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 8% dan Serat Baja Dramix 0%	122
Tabel 7.6. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 0% dan Serat Baja Dramix 2%	123
Tabel 7.7. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Resin Epoxy 2% dan Serat Baja Dramix 2%	123

Tabel 7.8. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Resin Epoxy 4% dan Serat Baja Dramix 2%	123
Tabel 7.9. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Resin Epoxy 6% dan Serat Baja Dramix 2%	124
Tabel 7.10. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Resin Epoxy 8% dan Serat Baja Dramix 2%	124
Tabel 7.11. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Resin Epoxy 0% dan Serat Baja Dramix 4%	124
Tabel 7.12. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Resin Epoxy 2% dan Serat Baja Dramix 4%	125
Tabel 7.13. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Resin Epoxy 4% dan Serat Baja Dramix 4%	125
Tabel 7.14. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Resin Epoxy 6% dan Serat Baja Dramix 4%	125
Tabel 7.15. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Resin Epoxy 8% dan Serat Baja Dramix 4%	126
Tabel 7.16. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 0%.....	126
Tabel 7.17. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 2%.....	127
Tabel 7.18. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 4%.....	127
Tabel 7.19. Hasil Pengujian Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 0%	128
Tabel 7.20. Rekapitulasi Parameter Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 0%	128
Grafik 7.1. Pengujian Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 0%.....	129
Tabel 7.21. Hasil Pengujian Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 2%	130
Tabel 7.22. Rekapitulasi Parameter Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 2%	130

Grafik 7.2. Pengujian Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 2%.....	131
Tabel 7.23. Hasil Pengujian Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 4%	132
Tabel 7.24. Rekapitulasi Parameter Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 4%	132
Grafik 7.3. Pengujian Marshall Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 4%.....	133
Tabel 7.25. Rekapitulasi Nilai Void In the Mix (VIM)	134
Grafik 7.4. Nilai VIM Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 0%, 2%, dan 4%.....	134
Tabel 7.26. Rekapitulasi Nilai Stabilitas	135
Grafik 7.5. Nilai Stabilitas Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 0%, 2%, dan 4%	135
Tabel 7.27. Rekapitulasi Nilai Flow	136
Grafik 7.6. Nilai Flow Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 0%, 2%, dan 4%.....	136
Tabel 7.28. Hasil Pengujian Ekstraksi.....	137



ANALISIS *AC-WC* ASPAL KARET ALAM PADAT DENGAN MODIFIKASI RESIN *EPOXY* DAN SERAT BAJA *DRAMIX* UNTUK PERKERASAN JALAN

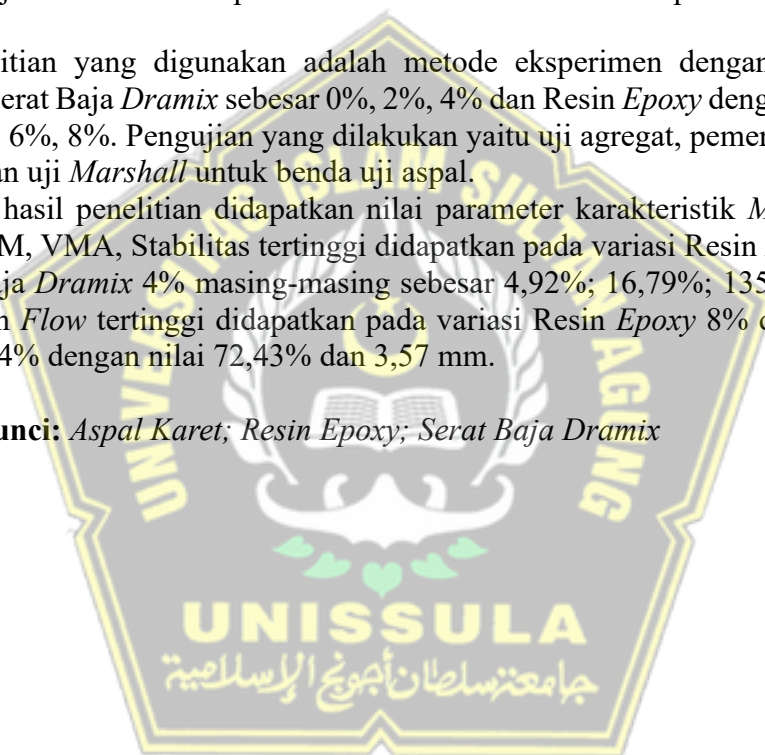
Abstrak

Aspal karet merupakan salah satu inovasi yang sedang digaung-gaungkan oleh pemerintah karena pencampuran antara karet alam dan aspal dapat menambah kinerja aspal itu sendiri. Inovasi dalam material konstruksi jalan terus berkembang seiring dengan meningkatnya tuntutan akan infrastruktur yang lebih tahan lama dan berkelanjutan. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh penambahan Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* terhadap sifat mekanik dan durabilitas Aspal Karet Alam Padat PG-70.

Penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan penambahan variasi Serat Baja *Dramix* sebesar 0%, 2%, 4% dan Resin *Epoxy* dengan variasi 0%, 2%, 4%, 6%, 8%. Pengujian yang dilakukan yaitu uji agregat, pemeriksaan sampel aspal, dan uji *Marshall* untuk benda uji aspal.

Pada hasil penelitian didapatkan nilai parameter karakteristik *Marshall* yaitu: Nilai VIM, VMA, Stabilitas tertinggi didapatkan pada variasi Resin *Epoxy* 4% dan Serat Baja *Dramix* 4% masing-masing sebesar 4,92%; 16,79%; 1357,13 kg. Nilai VFB dan *Flow* tertinggi didapatkan pada variasi Resin *Epoxy* 8% dan Serat Baja *Dramix* 4% dengan nilai 72,43% dan 3,57 mm.

Kata Kunci: *Aspal Karet; Resin Epoxy; Serat Baja Dramix*



**ANALYSIS OF SOLID NATURAL RUBBER ASPHALT AC-WC MODIFIED
WITH EPOXY RESIN AND DRAMIX STEEL FIBER FOR ROAD
PAVEMENT**

Abstract

Rubber asphalt is one of the innovations that is being echoed by the government because the mixing of natural rubber and asphalt can increase the performance of the asphalt itself. Innovation in road construction materials continues to grow along with the increasing demand for more durable and sustainable infrastructure. This study will examine the effect of adding Epoxy Resin and Dramix Steel Fiber on the mechanical properties and durability of Solid Natural Rubber Asphalt PG-70.

The research used an experimental method with the addition of variations of Dramix Steel Fiber of 0%, 2%, 4% and Epoxy Resin with variations of 0%, 2%, 4%, 6%, 8%. The tests carried out were aggregate tests, asphalt sample examinations, and Marshall tests for asphalt test objects.

The results of the study obtained Marshall characteristic parameter values, namely: VIM, VMA, The highest stability values were obtained in the variation of 4% Epoxy Resin and 4% Dramix Steel Fiber, each of which was 4.92%; 16.79%; 1357.13 kg. The highest VFB and Flow values were obtained in the variation of 8% Epoxy Resin and 4% Dramix Steel Fiber with values of 72.43% and 3.57 mm.

Keywords: Rubber Asphalt; Epoxy Resin; Dramix Steel Fiber



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan perkotaan dan meningkatnya mobilitas, kebutuhan akan infrastruktur jalan yang berkualitas semakin meningkat. Pemanfaatan aspal di Indonesia tidak hanya terbatas pada sektor transportasi saja namun juga banyak digunakan pada proyek konstruksi lainnya. Misalnya dalam bidang konstruksi bangunan, aspal digunakan sebagai lapisan pelindung atau pengganti atap tradisional. Selain itu, aspal juga digunakan dalam proyek infrastruktur lain seperti bandara, pelabuhan dan proyek renovasi. Dengan tujuan meningkatkan kualitas infrastruktur dan mencapai standar internasional, perbaikan aspal telah menjadi fokus penelitian di Indonesia. Namun, sifat-sifat aspal dapat ditingkatkan dan disesuaikan untuk memenuhi persyaratan khusus proyek konstruksi tertentu melalui modifikasi. Oleh karena itu, pengembangan dan penggunaan teknologi terkini untuk memodifikasi aspal menjadi suatu kebutuhan. Modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan sifat aspal agar lebih memenuhi persyaratan modern dalam hal kekuatan, elastisitas dan daya tahan.

Aspal karet merupakan salah satu inovasi yang sedang digaung-gaungkan oleh pemerintah beberapa tahun ini. Pada umumnya, aspal karet terbuat dari campuran aspal dan karet dengan penambahan karet sebanyak 5-7% dari berat aspal. Penambahan karet pada aspal berdampak pada titik lunak yang menaik serta elastisitas dan kelengketannya sehingga mengurangi terjadinya pelepasan butir aspal agar permukaan jalan tidak mudah retak dan berlubang (Hindarso et.al., 2024). Aspal karet banyak dimanfaatkan menjadi bahan campuran laston lapis aus atau AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*). Lapisan AC-WC ini merupakan lapis jenis perkerasan lentur dan permukaannya berhubungan persis dengan beban kendaraan yang melintas. Lapis ini dirancang khusus untuk memberikan kenyamanan berkendara, daya tahan terhadap beban lalu lintas yang berat, serta mampu menahan berbagai kondisi cuaca ekstrem. Aspal Karet Alam Padat *Performance Grade 70* (AKAP PG-70) adalah hasil dari pemanasan aspal minyak dan karet dengan komposisi tertentu sehingga terjadi percampuran antara karet

alam dan aspal yang menyebabkan aspal panas akan terdispersi. Hal ini memicu terjadinya reaksi kimia pada bagian cair bitumen yang mengakibatkan kadar aspal naik dan membuat aspal cenderung lebih kental dan keras tetapi tetap elastis. AKAP PG-70 memiliki keunggulan pada kandungan stabilitas dan kekentalan yang lebih tinggi dibanding aspal jenis lain. Hal ini dapat memperlambat pengisian rongga-rongga pada campuran yang artinya ikatan antara aspal dan agregat menjadi semakin kuat apabila dibandingkan aspal pen 60/70. (Lusyana, dkk, 2022).

Inovasi dalam material konstruksi jalan terus berkembang seiring dengan meningkatnya tuntutan akan infrastruktur yang lebih tahan lama dan berkelanjutan. Penggunaan material daur ulang seperti karet alam dalam campuran aspal telah menjadi salah satu fokus penelitian. Penelitian dan pengujian mengenai aspal karet masih terus dikembangkan sampai saat ini di Indonesia. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh penambahan Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* terhadap sifat mekanik dan durabilitas AKAP PG-70. Resin *Epoxy* digunakan karena mempunyai sifat mengikat dan juga memiliki tingkat penyusutan yang rendah selama *curing*. Selain itu, Resin *Epoxy* juga memiliki ketahanan terhadap kelembaban dan mampu mengurangi getaran yang diakibatkan oleh gerakan kendaraan sehingga membentuk campuran aspal yang lebih kuat, tahan lama, fleksibel, dan tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan. Kemudian penggunaan Serat Baja *Dramix* dapat meningkatkan kekuatan dari perkerasan jalan terutama untuk mengatasi kerusakan pada saat proses konstruksi serta meningkatkan stabilitas aspal. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mewariskan andil bagi pengembangan material aspal yang lebih optimal untuk kondisi jalan di Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Bersumber pada latar belakang yang telah dijabarkan di atas, dapat dihasilkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana presentase komposisi *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC–WC) pada Aspal Karet Alam Padat PG-70 modifikasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* terhadap karakteristik *Marshall* campuran Aspal Karet Alam Padat PG-70?

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang dihasilkan berdasarkan rumusan masalah adalah:

1. Mengetahui presentase komposisi *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC–WC) pada Aspal Karet Alam Padat PG-70 modifikasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*.
2. Mengetahui pengaruh penambahan Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* terhadap karakteristik *Marshall* campuran Aspal Karet Alam Padat PG-70.

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini harus dibatasi untuk menghindari penyimpangan atau pelebaran pokok permasalahan, sehingga menjadikan penelitian lebih fokus dan mudah dibahas agar mencapai tujuan penelitian. Beberapa batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Fraksi agregat kasar dan halus berasal dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adytama, Batang.
2. Bahan aspal yang digunakan yaitu Aspal Karet Alam Padat PG – 70.
3. Resin yang digunakan Resin *Epoxy*.
4. Serat Baja yang digunakan yaitu *Dramix* 3D yang kemudian dipotong menjadi ukuran 10 mm atau 1 cm.
5. Variasi penambahan Resin *Epoxy* yang digunakan 0%, 2%, 4%, 6%, 8%.
6. Variasi penambahan Serat Baja *Dramix* yang digunakan 0%, 2%, 4%.
7. Kinerja yang diukur yaitu stabilitas, ketahanan fraksi, kelelahan dan *Marshall Quotient*.
8. Dilakukan Pengujian *Marshall Test* dan pada saat penyampuran bahan tidak di titik beratkan terhadap reaksi kimia yang terjadi.
9. Penelitian hanya dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan disusun dengan tujuan untuk memberikan pedoman yang jelas dan terstruktur dalam menyusun Tugas Akhir ini. Sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah:

BAB I PENDAHULUAN

Menjabarkan gambaran mengenai topik yang akan diteliti ke dalam latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Meyajikan beberapa aspek validitas dan teknis yang berkaitan dengan analisis dalam penelitian ini. Penjelasan dan uraian teori yang diterapkan dalam penelitian ini akan menjadi sumber untuk menyelesaikan masalah yang dihadapi dalam penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Menjabarkan metode yang diterapkan pada penelitian dimulai tahap penelitian, lokasi penelitian, bahan penelitian, waktu dan proses penelitian serta proses pengumpulan data lapangan.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Membahas mengenai *output* penelitian dan kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menjabarkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan serta mengusulkan kemungkinan saran guna mendukung penelitian yang telah dilakukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah sebuah lapis struktur yang terbuat dari aspal maupun beton yang memiliki fungsi untuk menahan beban lalu lintas jalan dengan aman dengan kekuatan, ketebalan, kestabilan dan kekakuan tertentu yang diatur dalam Standar Nasional Indonesia (Nur, Nur Kaerat et.al., 2021). Perkerasan jalan memiliki peran yang sangat penting untuk infrastruktur suatu negara karena dianggap sebagai sarana transportasi darat yang memudahkan mobilitas dari suatu tempat ke tempat lainnya. Bagian konstruksi perkerasan jalan ini berada di tengah lapis dasar jalan dan roda kendaraan karena perkerasan jalan bekerja dengan cara menyalurkan beban roda kendaraan ke bagian tanah dasar (*sub-grade*) agar tegangan maksimum pada tanah dasar dapat direduksi.

Menurut jenisnya, perkerasan jalan dibagi menjadi tiga jenis variasi tergantung pada bahan pengikat konstruksi, kondisi lingkungan, fungsi, serta lalu lintas suatu daerah. Berikut merupakan jenis perkerasan jalan:

a. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Merupakan perkerasan jalan yang memanfaatkan *portland cement* menjadi bahan pengikat utama dalam konstruksi perkerasan jalan dengan atau tanpa plat tulangan. Perkerasan kaku berupa pelat beton yang berada di atas tanah dasar sehingga beban lalu lintas kebanyakan akan ditahan oleh beton.

b. Konstruksi Perkerasan Lentur / Perkerasan Aspal (*Flexible Pavement*)

Merupakan perkerasan jalan yang memanfaatkan aspal atau bitumen menjadi bahan pengikat utama dalam konstruksi perkerasan jalan. Pada konstruksi perkerasan lentur/aspal, beban lalu lintas disebar pada seluruh lapisan perkerasan yang bersifat memikul.

c. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku dan perkerasan lentur/aspal dengan posisi perkerasan kaku ditempatkan di bawah perkerasan lentur atau pun kebalikannya.

2.2. Perkerasan Lentur / Aspal

Perkerasan lentur disebut juga dengan perkerasan aspal karena aspal dijadikan sebagai komponen pengikat utama pada perkerasan lentur dengan penggunaan aspal sebesar 60% dari *mix design*. Berdasarkan pada besarnya berat yang didapatkan dari kendaraan sampai ke dasar tanah, struktur permukaan jalan dibentur berlapis-lapis sehingga dapat menciptakan perkerasan jalan yang kuat serta ekonomis. Pada setiap lapis perkerasan memiliki fungsi yang berbeda namun tetap dapat menyalurkan beban roda pada tanah dasar.

Posisi lapis paling atas terdiri dari 2 lapis yaitu lapis aus (*wearing course*) dengan lapis antara (*binder course*), dilanjutkan dengan lapisan pondasi bawah (*sub-base*), dan pada posisi paling bawah merupakan tanah dasar (*sub-grade*). Fungsi lapis permukaan adalah sebagai berikut:

- a. Daya stabilitas yang tinggi pada lapis permukaan berpengaruh pada kemampuan lapis ini dalam menahan beban roda kendaraan selama umur perkerasan.
- b. Berfungsi sebagai lapisan yang bergesekan langsung dengan rem kendaraan dan berdampak pada lapisan yang mudah menjadi aus sehingga disebut dengan lapisan aus (*wearing course*).
- c. Memiliki kelebihan berupa tahan air yang dapat membantu mencegah tembusnya air jatuh ke lapisan bawahnya.

2.3. Lapis Aspal Beton (AC-WC)

Lapis aspal beton (AC-WC) merupakan perkerasan jalan yang menggunakan bahan pengikat aspal dan dicampur dengan agregat serta *filler*. Jenis perkerasan ini sangat umum digunakan pada konstruksi perkerasan jalan karena memiliki sifat lentur dan daya tahan yang baik. Menurut Spesifikasi Bina Marga Divisi 6 (2018) lapis aspal beton atau yang kerap dikenal sebagai laston dibagi menjadi 3, yaitu:

- a. *AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course)*

Sebagai lapis aus dengan butir berdiameter maksimum 19 mm dan memiliki tekstur halus.

- b. *AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Layer)*

Sebagai lapis antara dengan butir berdiameter maks. 25,4 mm dengan tekstur sedang.

c. *AC-Base (Asphalt Concrete – Base)*

Sebagai lapisan dasar pondasi dengan butir berdiameter maks. 37,5 mm dengan tekstur kasar.

2.4. Aspal

Material aspal yang mempunyai nama lain sebagai bitumen (*bitumoniuss material*) merupakan salah satu bahan material perkerasan jalan yang kerap diaplikasikan di Indonesia. Bahan ini memiliki bentuk padat atau separuh padat tergantung pada temperatur dan berwarna hitam hingga coklat tua. Aspal memiliki sifat yang lunak dan meleleh (*viscoelastic*) apabila dipanaskan sehingga dapat menutup dan mengikat agregat selama umur perkerasan jalan.

Terdapat ketentuan yang menjadi syarat umum yang harus dipenuhi untuk perkerasan aspal sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2., yaitu:

Tabel 2.1. Spesifikasi Pengujian Aspal

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan
1.	Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5	SNI 06-2456-1991	50 – 80
2.	Titik lembek	SNI 06-2432-1991	≥ 54
3.	Indeks penetrasi	-	≥ - 1,0
4.	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 150
5.	Titik nyala	SNI 06-2433-1991	≥ 232
6.	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
7.	Berat yang hilang	SNI 06-2440-1991	≥ 0,8

(Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal Tabel 6.3.2.)

2.5. Aspal Karet Alam Padat

Salah satu jenis aspal modifikasi yang banyak diterapkan oleh pemerintah adalah Aspal Karet Alam Padat (AKAP) yang memiliki viskositas 70 atau biasa disebut dengan AKAP PG-70. Modifikasi ini dilakukan guna mendapatkan hasil modifikasi aspal yang lebih baik dari aspal konvensional sehingga membuat jalan aspal karet akan menjadi lebih awet karena memiliki sifat kelengketan, elastisitas, titik lembek, ketahanan *rutting*, dan ketahanan retak yang lebih baik. Hal ini diakibatkan karena

kandungan getah karet alam memiliki sifat aditif yang dapat meningkatkan kualitas aspal. (Prastanto et.al., 2024)

Beberapa aspek penting dari AKAP PG-70 adalah sebagai berikut:

- a. Karakteristik Fisik: Memiliki tingkat viskositas yang lebih besar karena adanya sifat kelenturan yang baik dan kepegasan yang besar. Oleh karena itu AKAP PG-70 dapat meningkatkan kinerja aspal dengan memberikan ketahanan yang unggul terhadap beban serta suhu yang tinggi dibandingkan dengan aspal yang lain.
- b. Pemanfaatan: Adanya sifat viskositas yang tinggi mengakibatkan AKAP PG-70 banyak dimanfaatkan sebagai bahan utama dalam proyek konstruksi jalan yang memiliki iklim lebih panas dengan fluktuasi suhu yang signifikan.
- c. Stabilitas Termal: AKAP PG-70 dapat mempertahankan integritas strukturalnya meskipun di suhu tinggi karena aspal AKAP PG-70 memiliki stabilitas termal yang lebih baik dari aspal lainnya.
- d. Penstabilan Struktural: Selain kemampuan stabilitas termal, AKAP PG-70 mempunyai kelebihan dalam memberikan stabilitas struktural pada campuran aspal yang dapat bermanfaat untuk ketahanan retak yang lebih baik dan deformasi pada permukaan jalan.
- e. Komposisi: AKAP PG-70 terbuat dari pencampuran kandungan getah karet alam dengan aspal alam.
- f. Spesifikasi: AKAP PG-70 harus memenuhi persyaratan dan standar kualitas yang ditentukan oleh lembaga pengatur atau lembaga standarisasi lokal.

Pengujian karakteristik pada aspal modifikasi karet alam padat pada penelitian ini diantaranya adalah titik nyala, penetrasi, titik lembek, berat jenis, titik bakar, dan daktilitas. Selain pengujian karakteristik, dilakukan pula pengujian untuk mengetahui ketahanan aspal karet alam dalam jangka waktu tertentu dengan uji stabilitas penyimpanan. Pengujian ini dilakukan berdasarkan ketentuan ASTM D7173 yang telah dimodifikasi.

Seperti aspal lainnya, aspal karet alam padat memiliki spesifikasi khusus yang harus dipenuhi dan telah diatur dalam Spesifikasi Khusus Interim SKh02.M.04 Aspal Karet Alam Padat yang diterbitkan pada tahun 2022.

Tabel 2.2. Spesifikasi Aspal Karet Alam Padat

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe II Aspal Modifikasi	
			AKAP	
			PG 70	PG 76
	Original Binder			
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2456:2011	Dilaporkan ¹⁾	
2	Temperatur yang menghasilkan Geser Dimana ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C)	SNI 06-6441-2000	70	76
3	Viskositas pada 135°C dengan alat: • <i>Rotational viscometer</i> (Pa.s), atau • <i>Saybolt furol viscometer</i> (cSt)	SNI 06-6441-2000 atau SNI 7729:2011	$\leq 3,0$ ≤ 3.000	
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	Dilaporkan ²⁾	
5	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 230	
6	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	SNI 2438:2015	≥ 99	
7	Berat Jenis	SNI 2441:2011	Dilaporkan	
8	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 7173-20 dan SNI 2434-2011	$\leq 2,2$	
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOT (SNI-03-6835-2002):				
9	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 1	
10	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 2,2$ kPa, (°C)	SNI 06-6442-2000	70	76
Residu aspal segar setelah PAV (SNI ASTM D 6521:2012) pada temperatur 100°C dan tekanan 2,1 Mpa				
11	Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ($G^*/\sin\delta$) pada osilasi 10 rad/detik ≤ 5000 kPa, (°C) ³⁾	SNI 06-6442-2000	31	34

¹⁾ Diperlukan untuk pengendalian mutu di lapangan dengan ketentuan nilai penetrasi hasil uji di lapangan tidak boleh berbeda lebih dari 5 (0,1 mm) dari hasil uji yang dilaporkan.

²⁾ Diperlukan untuk pengendalian mutu di lapangan dengan ketentuan titik lembek diterima kalua paling sedikit memiliki nilai -1 dari nilai titik lembek yang dilaporkan.

³⁾ Bila geser dinamis *fatigue factor* ($G^*/\sin\delta$) lebih kecil dari 5.000 kPa, maka δ tidak harus memenuhi ketentuan.
Bila geser dinamis *fatigue factor* ($G^*/\sin\delta$) 5.000 kPa sampai dengan 6.000 kPa, maka δ tidak harus memenuhi ketentuan.

(Sumber: Spesifikasi Khusus Interim SKh02.M.04 Aspal Karet Alam Padat, 2022)

2.6. Agregat

Menurut SNI 03-2847-2002, material granular konstruksi berupa pasir, split, batu pecah, serta kerak tungku pijar merupakan material yang disebut agregat. Dalam penggunaannya, agregat biasa digunakan sebagai bahan pengisi lapis perkerasan jalan atau sebagai media pengikat dalam pembuatan beton. Jumlah kebutuhan agregat dalam perkerasan jalan biasanya berkisar pada 90% - 95% dari berat total campuran yang setara dengan 75% - 85% dari volume campuran sehingga agregat dianggap memiliki peran yang sangat krusial pada konstruksi perkerasan jalan (Rochaeti et.al., 2019).

Pemilihan dan pemeliharaan agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas hasil perkerasan jalan. Agregat yang dipilih harus memiliki sifat-sifat kekuatan atau ketahanan terhadap abrasi dan degradasi sesuai dengan persyaratan spesifikasi tertentu untuk memastikan kualitas dan kinerja yang baik. Proses penyimpanan dan distribusi agregat juga harus diperhatikan dengan hati-hati untuk mencegah adanya kontaminasi atau deformasi. Pada penelitian ini akan digunakan agregat dengan diameter antara 19 mm – 0,075 mm atau agregat tersaring pada saringan no. 2 - no. 200.

Beberapa sifat agregat yang diyakini sebagai penentuan kualitas bahan perkerasan jalan diantaranya adalah dari kekerasan agregat, gradasi agregat, kondisi kebersihan dan ketahanan agregat akan faktor alam dan mekanis, bentuk butir agregat, permukaan agregat, porositas atau kekuatan agregat menyerap air, berat jenis, serta daya pelekatan agregat pada aspal. (Purnamasari et.al., 2023).

Besarnya kadar pori pada agregat mengakibatkan aspal menjadi lebih tipis akibat banyaknya aspal yang akan terserap sehingga membutuhkan jumlah aspal yang lebih tinggi. Oleh karena itu, salah satu yang perlu diperhatikan dalam pemilihan agregat adalah kadar pori pada agregat yang dapat ditentukan berdasarkan kondisi agregat dalam mengabsorpsi air. Perubahan bobot agregat yang diakibatkan penyerapan air oleh pori-pori pada saat kondisi kering disebut dapat merubah berat agregat yang disebut dengan nilai penyerapan dengan persamaan:

- Penyerapan Agregat Kasar

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

- Penyerapan Agregat Halus

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

Keterangan:

B : Berat *picnometer* + air (gr)

B_t : Berat *picnometer* + benda uji + air (gr)

B_s : Berat sampel (gr)

B_j : Berat sampel kering permukaan jenuh (gr)

B_k : Berat sampel kering oven (gr)

2.6.1. Agregat Halus

Agregat halus adalah salah satu bahan pengisi dalam perkerasan jalan yang dapat memberikan sifat kaku dan stabilitas. Umumnya berbentuk bulat dan halus, terdiri dari pasir serta ayakan batu pecah yang lolos saringan no. 8 (2,36 mm). Acuan persyaratan agregat halus diatur dan ditetapkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Spesifikasi Agregat Halus untuk AC-WC

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min.50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemadatan	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)

2.6.2. Agregat Kasar

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga (2018), agregat kasar merupakan fraksi agregat dari batu pecah tertahan ayakan no. 4 (4,75 mm) dengan keadaan bersih, tidak mudah pecah, stabil, serta bebas dari tanah liat atau pun bahan lainnya. Fungsi agregat kasar pada perkerasan jalan aspal adalah untuk memberikan permukaan jalan yang lebih stabil serta mempunyai ketahanan selip tinggi sehingga dapat menjaga keselamatan lalu lintas. Terdapat dua bentuk butiran yang sangat berpengaruh terhadap stabilitasnya, yaitu agregat kasar dengan bentuk butiran bulat yang memiliki stabilitas rendah dan agregat kasar berbentuk menyudut *angular* yang mempunyai stabilitas tinggi. Selain stabilitas, ketahanan terhadap abrasi juga

harus dimiliki oleh agregat kasar yang dapat diketahui dengan terpenuhinya nilai *los angles abrasion test*. Peraturan spesifikasi agregat kasar untuk campuran *wearing course* diatur dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) yang dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Spesifikasi Agregat Kasar untuk AC-WC

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

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

Penyebaran variasi ukuran agregat yang dikenal dengan nama lain gradasi agregat merupakan persyaratan spesifikasi perkerasan dimana partikel agregat harus memiliki rentang ukuran khusus serta dalam proporsi tertentu. Gradasi agregat diatur dan ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga (2018).

Tabel 2.5. Spesifikasi Amplop Gradasi Agregat Campuran untuk AC-WC

Pengujian			Metoda Pengujian	Nilai
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks. 12%
	Magnesium sulfat			Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar		SMA	SNI 7619:2012	100/90
		Lainnya		95/90
Partikel pipih dan lonjong		SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 5%
		Lainnya		Maks. 10%
Material lolos ayakan No.200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

(Sumber: Spesifikasi Umum 2018 Tabel 6.3.2.3)

Cacatan:

1. Abrasi menggunakan mesin *los angeles* dengan 100 putaran wajib dilakukan untuk dapat melihat keseragaman dari mutu agregat. Syarat nilai abrasi < 20% nilai abrasi 500 putaran.
2. Agregat kasar mempunyai pecah satu sebesar 95% atau lebih dalam muka bidang dan agregat kasar mempunyai pecah dua sebesar 90% atau lebih dalam muka bidang ditunjukkan dengan 95/90.

2.7. Bahan Pengisi (*Filler*)

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2010) Revisi 1, persyaratan *filler* harus merupakan material berupa debu batu kapur (*limestone dust*), abu terbang, *portland* semen, dan abu batu pada keadaan tidak basah, tidak terganggu gumpalan-gumpalan atau bahan lainnya, dan lolos ayakan saringan no. 200 (0,075 mm) dan tidak kurang 75% terhadap beratnya sesuai dengan SNI ASTM C136 (1012). *Filler* digunakan untuk memangkas jumlah rongga pada campuran dengan batas yang menguntungkan sehingga dapat meningkatkan kepadatan dan stabilitas. Pada penelitian ini akan digunakan kapur

yang memiliki kadar air maksimum 1 % sebagai bahan pengisi (*filler*) pada campuran aspal. Dampak penggunaan *filler* dalam campuran aspal diantaranya adalah:

- a. Pemilihan jenis *filler* pada campuran aspal dapat mempengaruhi sifat elastisitas campuran aspal serta sensitifitasnya terhadap air.
- b. Besarnya permukaan *filler* yang akan digunakan berdampak terhadap viskositas campuran dengan meningkatnya viskositas campuran aspal.
- c. Setiap *filler* memiliki pengaruh yang berbeda pada setiap temperatur terhadap suhu dan pemanasan.

2.8. Resin Epoxy

Resin *Epoxy* didefinisikan sebagai bahan pengeras material berbentuk cairan kental dan nyaris padat yang dibuat dari penggabungan katalis atau *hardener* dan resin sehingga menghasilkan reaksi kimia *in situ* melalui proses pengerasan (*polimerisasi*) yang berlangsung. Campuran resin yang membentuk dua elemen pembentuk *hardener* adalah *asselerator* dan *katalisator* yang nantinya akan menghasilkan panas untuk mempercepat proses pengawetan. Senyawa *poliamid* dengan dua atau lebih gugus *amina* sering digunakan sebagai *hardener* pada sistem *curing* dalam temperatur ruang Resin *Epoxy*.

Material Resin *Epoxy* banyak digunakan karena memiliki retensi panas dan stabilitas dimensi yang sangat baik. Sifat mekanis yang dimiliki Resin *Epoxy* sangat kuat dengan daya penyusutan yang rendah, daya kelekatan yang baik, serta tahan akan keadaan udara yang lembab dan tekanan. Apabila Resin *Epoxy* dalam keadaan keras maka Resin *Epoxy* tidak dapat kembali pada keadaan cair seperti semula bahkan melalui pemanasan sekalipun.

Sifat mekanis dan stabilitas yang baik pada Resin *Epoxy* menjadi alasan digunakannya material tersebut pada campuran aspal untuk konstruksi perkerasan jalan. Penambahan material resin *epoxy* pada campuran aspal disebut dengan *epoxy asphalt concrete* (Vyrozhemskyi et.al., 2017). Daya stabilitas yang dimiliki Resin *Epoxy* menyebabkan material tersebut dapat dengan mudah mengisi rongga dalam campuran aspal. Sedangkan daya kekekatannya akan menyebabkan bulir agregat

pada campuran aspal semakin rekat dan menjadikan perkerasan aspal tahan terhadap pengelupasan (*stripping*).

2.9. Serat Baja (*Dramix*)

Serat Baja (*Dramix*) merupakan salah satu jenis serat baja yang diproduksi dengan metode *cold drawn* dengan adanya lekukan pada ujungnya yang memiliki fungsi sebagai pengikat yang baik. Serat Baja (*Dramix*) banyak digunakan dalam dunia konstruksi karena material ini memiliki sifat penguat yang baik seperti kekuatan luluh, ketahanan, serta kerekatan yang baik.

Lekukan yang dimiliki Serat Baja (*Dramix*) dikategorikan dalam tiga tipe, yaitu *dramix* 3D, 4D, dan 5D. banyaknya lekukan pada Serat Baja (*Dramix*) maka daya pengaitnya akan semakin baik pula. (Johannes et.al., 2017). Pada penelitian ini akan digunakan Serat Baja (*Dramix*) tipe 3D dengan Panjang (*l*) 35 mm, diameter (*d*) 0,55 mm, dan aspek rasio (*l/d*) 65. Masing-masing Serat Baja (*Dramix*) nantinya akan dibagi menjadi 3 potong yang berfungsi untuk memberikan jangkauan pada serat baja agar lebih luas.



Gambar 2.1. Kategori Serat Baja *Dramix* (*Dramix*, 2012)

Penambahan Serat Baja (*Dramix*) pada campuran aspal diyakini sebagai salah satu cara untuk dapat menambah daya stabilitas serta daya kuat lentur pada campuran aspal sehingga konstruksi perkerasan jalan dapat memiliki umur ketahan yang lebih baik. Menurut Gracia et.al. (2013), penggunaan Serat Baja (*Dramix*) pada campuran aspal dapat bermanfaat untuk memperkuat dan memperbaiki keretakan dengan pemanasan induksi.

2.10. *Marshall Test*

Marshall test merupakan metode uji pada perkerasan aspal yang dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) plastik pada campuran aspal. Metode uji ini diperkenalkan oleh seorang insinyur material aspal bernama Bruce Marshall pada tahun 1939 dan selanjutnya dikembangkan oleh Korps Insinyur AD Amerika Serikat yang menambahkan lebih banyak dan mendalam pada proses uji *Marshall*.

Prosedur uji *Marshall* dilakukan dengan memanaskan sampel campuran aspal hingga mencapai suhu yang sesuai (nilai kekentalan aspal 170 ± 20 cst) agar mencapai kondisi pengadukan yang baik. Selanjutnya, sampel campuran aspal dibentuk silinder dan dipadatkan dengan *marshall compactor hammer* pada suhu $145 - 150$ °C dengan nilai viskositas 280 ± 30 cst (Andry et.al., 2023). Setelah itu, campuran aspal diuji dengan alat pemadatan *Marshall* dengan spesimen silinder meliputi $t = 64$ mm dan $d = 102$ mm.



Gambar 2.2. *Marshall Compactor dan Alat Marshall Test*

2.11. Uji Karakteristik *Marshall*

Peraturan tentang campuran aspal dingin yang mengandung butiran Asbuton ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan Direktorat Jenderal Bina Marga pada tahun 2006 No. 001-05/BM/2006 tentang penggunaan Asbuton dalam emulsi aspal berbasis minyak dan aspal panas. SNI 06-2489-1991 menyediakan spesifikasi hasil pemadatan briket dengan tumbukan 2×50 , serta instruksi tentang cara menguji campuran aspal untuk lalu lintas berat dengan alat *Marshall* tumbukan 2×75 .

Pengujian *Marshall* menghasilkan beberapa parameter kunci, yaitu nilai Stabilitas (*Stability*), nilai Kelelehan (*Flow*), nilai *Marshall Quotient* (MQ), nilai *Void in the Mix* (VIM), nilai *Void in Mineral Aggregate* (VMA), dan nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB). Pemeriksaan *Marshall* menggunakan prosedur PC-0201-76, AASHTO T 245-74 atau ASTM D 1559-62T (Sukirman, 2010).

a. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas merupakan parameter hasil uji *Marshall* yang didefinisikan sebagai kemampuan lapis keras dalam menahan berubahnya bentuk aspal akibat adanya beban lalu lintas. Nilai Stabilitas didapat dari penangkapan arloji Stabilitas yang berada pada alat *Marshall* saat pengujian. Apabila nilai arloji Stabilitas sudah didapatkan, dilanjutkan dengan mencocokkan nilai tersebut dan angka kalibrasi *proving ring* yang memiliki satuan lbs atau kg dan mesti dikoreksi menggunakan angka koreksi Stabilitas. Nilai Stabilitas dapat dicari dengan rumus:

$$S = p \times q \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

S : Nilai Stabilitas (gr)

p : Pembacaan arloji Stabilitas $\times$ angka kalibrasi alat

q : Angka koreksi tebal benda uji

b. Nilai Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan (*Flow*) merupakan banyaknya perubahan bentuk dari sampel campuran aspal pada permulaan pembebanan yang mengurangi nilai stabilitas. Nilai kelelehan didapat dari pembacaan arloji pengukur dari *proving ring* pada saat sampel campuran aspal mengalami keretakan. Nilai kelelehan diperoleh untuk mengetahui deformasi permanen dari sampel campuran aspal sebelum terjadinya keretakan.

c. Nilai *Marshall Quotient* (MQ)

Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan nilai yang menerangkan sifat kekakuan campuran aspal. Kemampun campuran aspal yang sesuai dengan Standar Bina Marga didapatkan dari Kadar Aspal Optimum yang menggunakan nilai MQ yang ditemukan. Hasil campuran uji akan terlalu fleksibel jika nilai MQ terlalu rendah sehingga tidak terlalu bisa dipakai untuk penggunaan praktis. Namun jika campuran

uji yang dihasilkan terlalu kaku sehingga mudah patah disebabkan karena nilai MQ terlalu tinggi.

Menurut persyaratan Bina Marga (2010), nilai MQ yang disyaratkan adalah lebih besar dari 250 kg/mm yang didapat dari hasil bagi antara nilai stabilitas dan nilai kelelehan yang dituliskan pada persamaan:

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

Keterangan:

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

S : Nilai Stabilitas (kg)

F : Nilai Kelelehan (mm)

d. Nilai *Void In the Mix* (VIM)

Void In the Mix (VIM) adalah persentase rongga pada campuran aspal secara keseluruhan. Menurut Spesifikasi Bina Marga (2010), nilai VIM memiliki syarat nilai sekitar 3% - 5% dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

VIM : Rongga pada campuran aspal (%)

G_{mm} : Berat jenis maks. campuran (gr/cc)

G_{mb} : Berat jenis bulk campuran (gr/cc)

e. Nilai *Void in Mineral Aggregate* (VMA)

Void in Mineral Aggregate (VMA) merupakan persentase rongga pada antara partikel agregat dalam campuran aspal dan volume aspal efektif atau volume aspal yang diserap agregat tidak terhitung. Syarat ketentuan nilai VMA harus lebih dari 15% sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga (2020) revisi kedua.

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} - P_s}{G_{sb}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

VMA: Rongga pada agregat (%)

G_{mb} : Berat jenis bulk campuran (gr/cc)

G_{sb} : Berat jenis efektif agregat (gr/cc)

Ps : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran (%)

f. Nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB)

VFB adalah nilai rongga terisi aspal pada campuran aspal. Syarat ketentuan nilai VFB harus lebih dari 65% sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga (2020) revisi kedua.

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan:

VFB : Rongga terisi aspal (%)

VMA: Rongga pada agregat (%)

VIM : Rongga pada campuran aspal (%)



2.12. Penelitian Terdahulu yang Sejenis

Tabel 2.6. Keaslian Tugas Akhir

NO	PENULIS	JUDUL	TUJUAN	METODE	HASIL
1.	Adita Dwi Sampurno, Iman Satyarno, Agus Taufik Mulyono 2019	Pengaruh Serat Baja (<i>Dramix</i>) Terhadap Kuat Lentur pada <i>Roller Compacted Concrete</i> (RCC)	Menentukan pengaruh penggunaan campuran silika fume, <i>superplasticizer</i> dan serat baja (<i>dramix</i>) pada <i>roller compacted concrete</i> (RCC) dengan rasio air semen rendah dan pengaruhnya terhadap kuat lentur beton.	Campuran beton dicetak dan dilakukan perawatan benda uji hingga beton diuji pada umur 1 hari dan 28 hari.	Hasil uji kuat lentur RCC untuk varian serat baja 0,5% (<i>Dramix</i>) adalah 4,2 MPa dan 5,7 MPa pada hari ke-1 dan ke-28, sedangkan untuk varian serat baja 1% (<i>Dramix</i>) adalah 3,4 MPa. dan 6,1MPa.
2.	Barkah Wahyu Widianto, Mochamad Isa Faisal (2020)	Perubahan Karakteristik Aspal Pen 60/70 dengan Substitusi Getah Karet Alam Pangkalan Balai, Sumatera Selatan	Mengkaji karakteristik aspal pen 60/70 disubstitusi dengan kadar getah karet alam 0%; 2,5%; 5%; 7,5%.	Proses pencampuran aspal dengan getah karet pada suhu pencampuran 150°C dalam waktu 60 menit dan kecepatan pencampuran 6000 rpm. Dilanjut dengan langkah pengkajian.	Hasil pengujian menunjukkan bahwa sifat aspal menjadi lebih kaku dan dinyatakan tahan terhadap deformasi tetapi rentan terhadap retak. Berdasarkan nilai pengujian dapat disimpulkan bahwa kadar getah karet alam 5% memenuhi standar bitumen modifikasi.
3.	Novita Landa Lebang, Nusye M. Y. Lewaherilla 2021	Analisa Stabilitas Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) dan Karet Alam Sebagai Material Perkerasan Jalan	Menganalisis pengaruh karet alam pada campuran aspal beton lapis aus (AC-WC).	Pembuatan benda uji dengan 5 variasi yang berbeda, uji <i>marshall</i> , penentuan KAO, dan pembahasan hasil uji.	Nilai pengujian <i>marshall</i> memenuhi spesifikasi Umum Bina Marga 2010 dengan nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) sebesar 6,25%.
4.	Rachmat Mudiyo, Juny Andry, Nisa Azizah	<i>Modified Asphalt Concrete Wearing Course with The Addition of Epoxy</i>	<i>Determine the quality of the modified AC-WC mixture using Marshall test parameters.</i>	<i>Use experimental research, which is research carried out with experiments in the</i>	<i>The results of the Marshall test obtained the highest stability parameter is in the composition of 2% resin with 4% steel fiber, the</i>

	2024	<i>Resin and Dramix Steel Fiber for Road Pavement</i>		<i>laboratory to collect data.</i>	<i>highest stability result is 2159.74 kg.</i>
5.	Reza Saifulloh, Yonas Prima Arga Rumbyarso, Sukadi 2024	Analisis Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Siput pada Campuran <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC)	Pengaruh sifat <i>Marshall</i> terhadap variasi kandungan limbah cangkang siput yang digunakan sebagai bahan pengisi campuran aspal AC-WC.	Metode eksperimen dengan fokus pada variabel pencampuran limbah cangkang siput dengan AC-WC.	Nilai aspal optimum tertinggi didapat pada stabilitas 2208 kg, <i>flow</i> 5 mm, VIM 33,6%, VMA 42,38%, VFA 99,8%, dan MQ 458 kg/mm memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.
6.	Muhammad Asya Aldin 2024	Pengaruh Penambahan Bahan <i>Polymer Thermosetting</i> sebagai Bahan <i>Additive</i> pada Campuran Beton Aspal AC-WC	Menganalisis pengaruh tambahan zat adiktif <i>polymer thermosetting</i> pada campuran AC-WC.	Pembuatan benda uji dengan penambahan zat adiktif <i>polymer thermosetting</i> sebesar 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, dan 10% dari berat total aspal.	Penambahan <i>polymer thermosetting</i> pada kadar 9% meningkatkan kinerja campuran aspal dan memenuhi spesifikasi yang ditentukan.
7.	Zahra Ridhatillah Salsabil, Vieka Halwa Daniya 2024	Analisis <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i> (AC-WC) Modifikasi Resin <i>Epoxy</i> dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) pada Aspal Karet Alam Padat PG-70 untuk Perkerasan Jalan	Mengetahui presentase komposisi dan karakteristik <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i> (AC-WC) pada Aspal Karet Alam Padat PG-70 modifikasi Resin <i>Epoxy</i> dan Serat Baja <i>Dramix</i> .	Metode eksperimen dengan variasi penambahan Serat Baja <i>Dramix</i> sebesar 2%, 4%, dan 6% serta Resin <i>Epoxy</i> dengan variasi 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8%.	-

BAB III

METODOLOGI

3.1. Kerangka Pemikiran

Metode penelitian yang dilakukan yaitu pengujian eksperimental. Menurut Sugiyono (2019: 111), metode penelitian eksperimen merupakan metode kuantitatif yang dilakukan untuk mengendalikan pengaruh variabel bebas (perlakuan) terhadap variabel terikat (hasil). Metode eksperimen yaitu metode penelitian yang digunakan untuk menentukan pengaruh satu perlakuan terhadap perlakuan lain dalam kondisi yang terkendali. Pada beberapa definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa penelitian eksperimental adalah metode penelitian yang digunakan untuk menguji hubungan sebab-akibat antara dua variabel atau lebih secara sistematis. Pada penelitian yang dilakukan sekarang, maka peneliti berperan aktif dalam memanipulasi satu variabel (variabel bebas) untuk mengamati pengaruhnya terhadap variabel lain (variabel terikat). Dengan mengendalikan variabel lain yang dapat memengaruhi hasil, peneliti dapat menarik kesimpulan yang lebih kuat tentang hubungan sebab-akibat.

3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1. Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan selama penelitian diantaranya yaitu:

- a. Material agregat kasar berupa kerikil, agregat halus berupa pasir dan abu batu, serta *filler* yang berasal dari AMP PT. Deltamarga Adytama, Batang.
- b. Aspal yang dipakai selama praktikum yaitu Aspal Karet Alam Padat PG-70.
- c. Resin *Epoxy* adalah bahan pengeras material yang memiliki sifat mekanis dan stabilitas yang baik sehingga diharapkan dapat meningkatkan kualitas ketahanan permukaan jalan. Pada penelitian ini akan digunakan kadar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% Resin *Epoxy* setiap benda uji perkerasan aspal.
- d. Serat Baja (*Dramix*) adalah serat yang terbuat dari kawat baja untuk perkuatan. Serat Baja (*Dramix*) yang digunakan tipe 3D dengan kadar 0%, 2%, dan 4% pada setiap benda uji perkerasan aspal.

3.2.2. Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan selama praktikum berlangsung yaitu:

a. Alat Uji Analisa Saringan

Peralatan yang dipakai untuk pengujian analisa saringan adalah:

- Satu set saringan: 37,5 mm ($1\frac{1}{2}$ "), 25 mm (1"), 19,1 mm ($\frac{3}{4}$ "), 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ "), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ "), 4,75 mm (no.4), 2,36 mm (no.8), 1,18 mm (no.16), 0,60 mm (no.30), 0,30 (no.50), 0,15 (no.100), dan 0,075 mm (no.200).
- Alat pengering atau oven
- Timbangan
- *Pan* dan *cover*
- Mesin Sieve Analysis
- Sikat, kuas dan alat bantu lainnya

b. Alat Uji Berat Jenis

Peralatan yang dipakai untuk pengujian berat jenis pada agregat kasar dan agregat halus adalah:

- Alat pengering atau oven
- Bak perendaman
- Ember
- Timbangan

c. Alat Uji Agregat

Alat-alat yang dipakai untuk uji agregat adalah:

- Mesin *los angeles*, digunakan untuk menguji abrasi agregat
- Alat saringan standar, digunakan untuk penilaian agregat
- Alat pengering atau oven
- Timbangan
- Alat uji berat jenis yang terdiri dari piknometer, timbangan, serta pemanas
- Bak perendaman
- Tabung *sand equivalent* (setara pasir)

d. Alat Uji Aspal (AKAP PG-70)

Alat-alat yang diperlukan untuk uji aspal adalah:

- Alat uji penetrasi

- Alat uji berat jenis
- Alat uji titik nyala
- Alat uji titik lembek
- Alat uji daktilitas

e. Alat Uji *Marshall*

Alat-alat yang dipakai untuk uji *Marshall* adalah:

- Alat tekan *Marshall* yang dilengkapi dengan kepala penekan, cincin penguji, serta arloji pembaca kelelahan
- Alat untuk mencetak benda uji dengan bentuk silinder yang memiliki plat dan leher sambung
- Alat tumbukan dengan permukaan rata berbentuk silinder
- Alat dongkrak untuk mengeluarkan benda uji
- Alat perendaman benda uji berupa bak perendaman (*water bath*) yang dilengkapi dengan pengatur suhu

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang peneliti lakukan terdapat dua jenis yaitu:

a. Data Sekunder

Pengumpulan data dari beberapa literatur yang membahas tentang konstruksi jalan serta beberapa literatur mengenai spesifikasi Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *American Society for Testing Materials* (ASTM) dalam dunia konstruksi jalan yang dapat menunjang keberhasilan penelitian. Selain itu, data sekunder diperoleh dari konsultasi langsung dengan dosen pembimbing di Universitas Islam Sultan Agung.

b. Data Primer

Hasil dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Universitas Islam Sultan Agung akan mendapatkan data primer yang terdiri dari:

- Analisa saringan
- Berat jenis setiap agregat
- Karakteristik *Marshall*

3.4. Pemeriksaan Karakteristik Material

3.4.1. Pemeriksaan Agregat Kasar dan Halus

Setiap agregat kasar maupun agregat halus harus sesuai standar agregat agar dapat memenuhi spesifikasi yang disyaratkan sehingga konstruksi perkerasan jalan lebih baik dan awet. Oleh karena itu, dilakukan pemeriksaan agregat kasar dan halus yang terdiri dari:

- a. Berat jenis agregat kasar dan penyerapan agregat kasar sesuai dengan pedoman SNI 1969:2008.
- b. Berat jenis agregat halus dan penyerapan agregat halus sesuai dengan pedoman SNI 1970: 2008.
- c. Tingkat keausan agregat kasar sesuai dengan pedoman SNI 2417:2008.
- d. Analisis butiran sesuai dengan pedoman SNI-M-02-1994-03.
- e. Daya lekat agregat pada aspal sesuai dengan pedoman SNI 06-2439-1991.
- f. Uji sifat kekekalan bentuk agregat (*soundness*) sesuai dengan pedoman SNI 3407:2008.

Selain itu, dilakukan pengujian menggunakan saringan untuk menentukan pembagian butir per-gradasi agregat kasar, sedang, dan halus yang dilakukan dengan cara:

1. Ambil sampel material yang cukup untuk setiap butir material lalu timbang sampel material dan keringkan sampel material dalam oven dengan suhu $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hingga berat konstan.
2. Tumpuk saringan dengan susunan pan berada pada paling bawah, dilanjut saringan dengan lubang terkecil, dan selanjutnya hingga saringan dengan lubang paling besar pada mesin pengguncang. Kemudian guncangkan saringan selama 15 menit menggunakan tangan atau mesin pengguncang.
3. Diamkan 5 menit agar debu-debu mengendap lalu timbang berat tertahan yang ada disetiap saringan.
4. Apabila nilai berat yang tertahan pada setiap saringan telah didapat, selanjutnya dihitung persentase berat uji tersebut.

3.4.2. Pemeriksaan Karakteristik Fisik Aspal Karet Alam Padat PG-70

Pada penelitian ini akan digunakan aspal jenis Aspal Karet Alam Padat PG – 70 serta akan dilakukan pemeriksaan karakteristik fisik yang terdiri dari:

- Pemeriksaan uji penetrasi aspal sesuai dengan pedoman SNI 06-2456-1991.
- Pemeriksaan uji titik nyala sesuai dengan pedoman SNI 06-2433-1991.
- Pemeriksaan uji titik lembek sesuai dengan pedoman SNI 06-2434-1991.
- Pemeriksaan uji daktalitas sesuai dengan pedoman SNI 06-2432-1991.
- Pemeriksaan uji berat jenis aspal sesuai dengan pedoman SNI 06-2441-1991.

3.5. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)

3.5.1. Campuran Kadar Aspal Normal

Pada Tabel 3.1. – 3.5. dijabarkan setiap komposisi aspal yang direncanakan untuk mencari Kadar Aspal Optimum adalah variasi kadar aspal normal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%.

Tabel 3.1. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	506.88
2	Agregat Batu 3/4	12	138.24
3	Agregat Batu 1/2	40	460.8
4	Pasir	3	34.56
5	Filler	1	11.52
Total		100	1152
Keterangan Aspal			
Aspal		4	48

Tabel 3.2. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 4,5%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	504.24
2	Agregat Batu 3/4	12	137.52
3	Agregat Batu 1/2	40	458.4
4	Pasir	3	34.38
5	Filler	1	11.46
Total		100	1146
Keterangan Aspal			
Aspal		4.5	54

Tabel 3.3. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 5%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	501.6
2	Agregat Batu 3/4	12	136.8
3	Agregat Batu 1/2	40	456
4	Pasir	3	34.2
5	<i>Filler</i>	1	11.4
Total		100	1140
Keterangan Aspal			
Aspal		5	60

Tabel 3.4. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 5,5%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	498.96
2	Agregat Batu 3/4	12	136.08
3	Agregat Batu 1/2	40	453.6
4	Pasir	3	34.02
5	<i>Filler</i>	1	11.34
Total		100	1134
Keterangan Aspal			
Aspal		5.5	66

Tabel 3.5. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 6%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	496.32
2	Agregat Batu 3/4	12	135.36
3	Agregat Batu 1/2	40	451.2
4	Pasir	3	33.84
5	<i>Filler</i>	1	11.28
Total		100	1128
Keterangan Aspal			
Aspal		6	72

Untuk perbandingan setiap benda uji, maka setiap variasi dibuat menjadi tiga buah benda uji dengan total keseluruhan 15 sampel apabila terdapat satu sampel yang tidak memenuhi pada spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi ke-2.

3.5.2. Campuran Kadar Aspal Variasi Resin Epoxy dan Serat Baja Dramix

Pada campuran variasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* yang tertera pada **Tabel 3.6. – 3.20.** peneliti menggunakan kadar aspal 5,8%. Komposisi yang digunakan yaitu Resin *Epoxy* dengan kadar 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% serta Serat Baja *Dramix* 0%, 2% dan 4%.

Tabel 3.6. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 0% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	Filler	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	0	0
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 3.7. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 2% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	Filler	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	2	1.392
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 3.8. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 4% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	4	2.784
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 3.9. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 6% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	6	4.176
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 3.10. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 8% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	8	5.568
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 3.11. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 0% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	0	0
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 3.12. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 2% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	2	1.392
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 3.13. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 4% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	4	2.784
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 3.14. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 6% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	6	4.176
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 3.15. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 8% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	8	5.568
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 3.16. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 0% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	0	0
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Tabel 3.17. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 2% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	2	1.392
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Tabel 3.18. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 4% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	4	2.784
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Tabel 3.19. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 6% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	6	4.176
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Tabel 3.20. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 8% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	8	5.568
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Dari hasil perhitungan KAO, nilai kadar aspal tengah (Pb) adalah sebesar 5,8%. Pada penelitian untuk menentukan Kadar Aspal Optimum menggunakan lima variasi yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% terhadap berat total campuran. Setelah menentukan Kadar Aspal Optimum yang dibuat masing-masing tiga buah benda uji, selanjutnya membuat benda uji bahan tambah Resin *Epoxy* dengan kadar 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% serta Serat Baja *Dramix* 0%, 2% dan 4% dengan setiap tiga buah benda uji sehingga total ada 45 benda uji. Pada *Job Mix Design* di atas dibuat menjadi tiga buah benda untuk perbandingan setiap sampel apabila terdapat satu sampel yang tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2018 revisi ke-2.

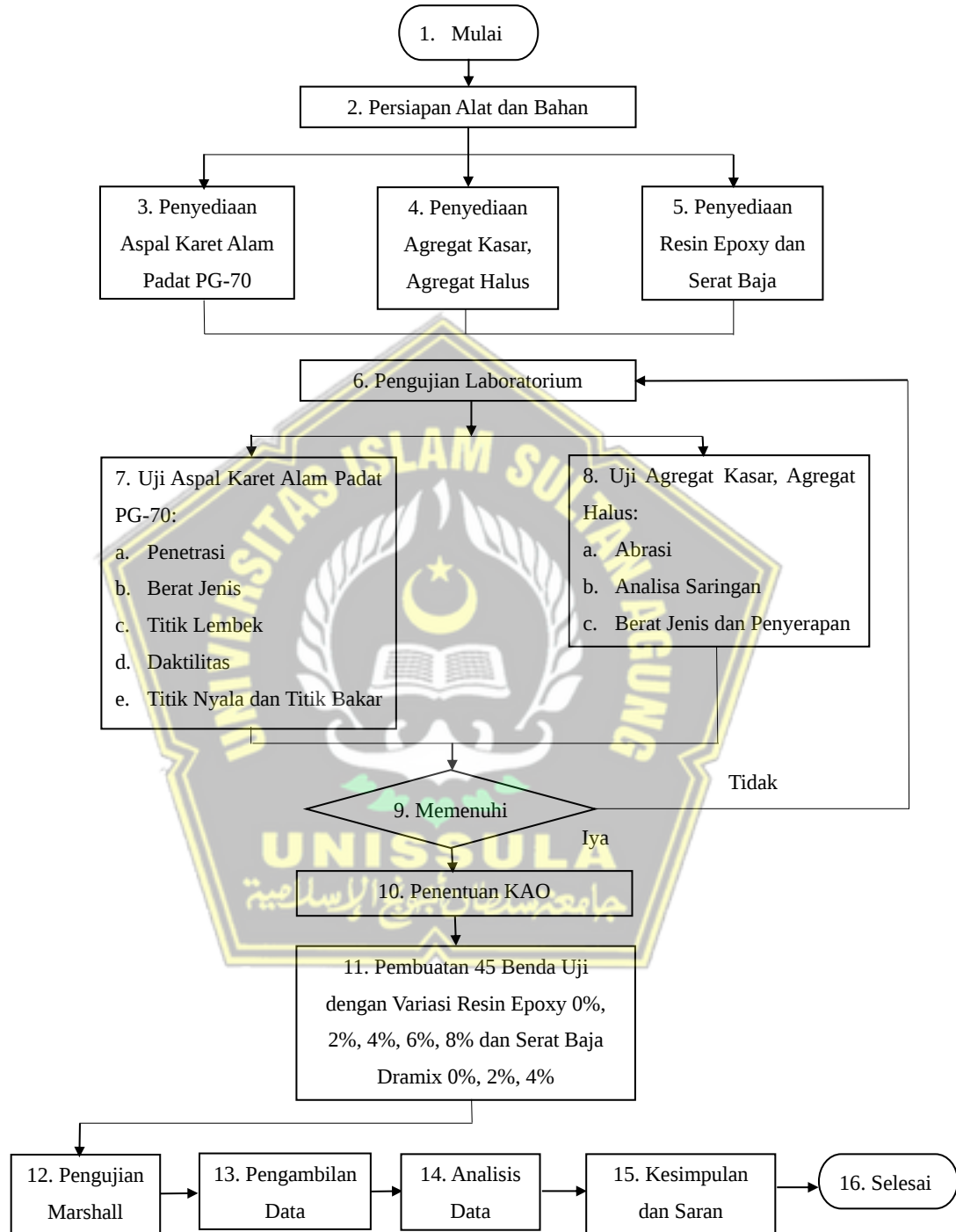
Dengan komposisi campuran aspal seperti yang tertera pada **Tabel 3.6 – 3.20.** diharapkan dapat meningkatkan ketahanan terhadap retak pada permukaan jalan. Setelah perhitungan komposisi campuran aspal selesai, yang termasuk abu batu, agregat batu 3/4, agregat batu 1/2, pasir, *filler*, dan aspal karet yang telah memenuhi spesifikasi dengan bahan tambah Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*. Maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian *Marshall* yang sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 (PA-0305-76, AASHTO T-44-8 dan ASTM D-2042-76). Data hasil uji *Marshall* berupa Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), VIM, VMA, VFB, dan *Marshall Quotient*.

Tabel 3.21. Perhitungan Jumlah Sampel Variasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*

Nama Sampel	Agg Batu 3/4"		Agg Batu 1/2"		Abu Batu		Pasir		Filler		Aspal		Resin		Dramix		Total Agg		Jumlah Sampel
	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	gr	%	
R0D0	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	0	0	0	0	1200	100	3
R2D0	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	1,4	2	0	0	1201,392	102	3
R4D0	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	2,8	4	0	0	1202,784	104	3
R6D0	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	4,2	6	0	0	1204,176	106	3
R8D0	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	5,6	8	0	0	1205,568	108	3
R0D2	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	0	0	1,4	2	1201,392	102	3
R2D2	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	1,4	2	1,4	2	1202,784	104	3
R4D2	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	2,8	4	1,4	2	1204,176	106	3
R6D2	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	4,2	6	1,4	2	1205,568	108	3
R8D2	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	5,6	8	1,4	2	1206,96	110	3
R0D4	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	0	0	2,8	4	1202,784	104	3
R2D4	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	1,4	2	2,8	4	1204,176	106	3
R4D4	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	2,8	4	2,8	4	1205,568	108	3
R6D4	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	4,2	6	2,8	4	1206,96	110	3
R8D4	300	25	300	25	480	40	36	3	14,4	1,2	69,6	5,8	5,6	8	2,8	4	1208,352	112	3
Total Benda Uji Menggunakan Bahan Tambah																			45
Benda Uji KAO Variasi 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, 6%																			
Total Benda Uji KAO																			15
TOTAL KESELURUHAN BENDA UJI																			60

3.6. Rancangan dan Pelaksanaan Penelitian

Bagan alir adalah diagram yang menggambarkan langkah-langkah yang diambil selama suatu penelitian. Bagan alir digambarkan pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian

3.7. Metode Analisis

Bagan alir yang telah digambarkan pada **Gambar 3.2.** dapat dijelaskan bahwa langkah pada proses penelitian ini antara lain yaitu:

1. Mulai
Mempersiapkan diri untuk memulai penelitian.
2. Persiapan alat dan bahan yang diperlukan
 - a. Alat – alat yang dipersiapkan yaitu peralatan untuk pengujian agregat yang terdiri dari: Mesin *Los Angeles* (untuk abrasi), saringan (untuk penilaian agregat), alat uji berat jenis (piknometer, timbangan dan oven).
 - b. Peralatan untuk pengujian aspal yang terdiri dari: alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), penetrometer aspal (untuk uji penetrasi), alat uji titik lembek aspal (termometer, cincin kuningan, bola baja, bejana gelas dan dudukan benda uji), alat uji titik nyala dan titik bakar dan alat uji kelarutan
3. Penyediaan Aspal Karet Alam Padat PG-70
Pengambilan Aspal Karet Alam Padat diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adytama, Batang yang nanti akan digunakan sebagai bahan material saat penelitian.
4. Penyediaan Agregat Kasar dan Agregat Halus
Penyediaan bahan yaitu agregat batu pecah dan abu batu diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adytama, Batang yang nanti akan digunakan sebagai bahan material saat penelitian.
5. Penyediaan Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*:
Penyediaan Resin *Epoxy* didapat dari toko kimia 52 yang berada di Pedurungan, Semarang dan Serat Baja *Dramix* didapat melalui *online shop*.
6. Pengujian Laboratorium
Pengujian dilakukan sesuai dengan standar dan mengacu pada *American Society for Testing Material* (ASTM) dan Standar Nasional Indonesia (SNI).
7. Uji Aspal Karet Alam Padat PG-70
Pemeriksaan fisik aspal yang dilakukan meliputi:
 - a. Penetrasi Aspal (SNI 06-2456-1991)
 - b. Titik Lembek (SNI 06-2434-1991)

- c. Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)
 - d. Daktalitas (06-2432-1991)
 - e. Berat Jenis Bitumen (SNI 06-2441-1991)
8. Uji Agregat Kasar dan Agregat Halus
- Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus meliputi:
- a. Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles (SNI 2417 : 2008)
 - b. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar (SNI 1969 : 2008)
 - c. Kelekatan Agregat oleh Aspal (SNI-06-2439-1991)
 - d. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus (SNI 1970 : 2008)
 - e. Analisa Butiran (SNI-M-02-1994-03)
9. Memenuhi
- Jika bahan yang telah diuji laboratorium memenuhi standar maka tahap selanjutnya yaitu penentuan campuran Karakteristik Aspal Optimum (KAO). Namun, jika bahan yang diuji tidak memenuhi standar laboratorium, maka dilakukan pengujian ulang di laboratorium.
10. Penentuan KAO
- Komposisi aspal yang direncanakan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum yaitu dengan variasi kadar normal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% setiap variasi membuat tiga sampel sehingga total sampel yang dibuat adalah 15.
11. Pembuatan Benda Uji
- Melakukan pembentukan sampel benda uji sesuai dengan campuran yang sudah direncanakan yaitu variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, 4% setiap variasi tiga sampel maka total sampel yang dibuat yaitu 45 benda uji.
12. Pengujian *Marshall*
- Proses pengujian *Marshall* dilakukan sesuai prosedur SNI 06-2489-1991 (PA-0305-76, AASHTO T- 44-81 dan ASTM D-2042-76). Untuk mendapatkan data bitumen (densitas, VIM, VMA dan VFB) benda uji ditimbang baik dalam air maupun dalam kondisi kering permukaan jenuh. Selanjutnya, sampel direndam selama 30 menit dengan suhu 60°C. Stabilitas, Leleh dan *Marshall Quotient* diukur menggunakan alat *Marshall*.

13. Pengambilan Data

Saat pengujian *Marshall* data yang didapatkan yaitu nilai Stabilitas, VMA, VFB, *Flow*, VIM, dan *Marshall Quotient*.

14. Analisis Data

Melakukan analisa data *Marshall* (Stabilitas, Kelelehan, VIM, VMA, VFB dan *Marshall Quotient*) dari sampel benda uji.

15. Kesimpulan dan Saran

Penjabaran kesimpulan dan saran pada hasil penelitian apakah memenuhi pada spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 serta menampilkan data nilai Stabilitas, Kelelehan, VIM, VMA dan VFB.

16. Selesai

Penelitian selesai dilakukan.

3.8. Prosedur Kerja

3.8.1. Perancangan Campuran Aspal (*Mix Design*)

Komposisi material yang digunakan saat campuran aspal perlu diperhatikan agar penggunaan masing-masing material dapat bekerja dan menghasilkan konstruksi perkerasan jalan yang proporsional. Pada penelitian ini akan digunakan aspal jenis AKAP PG-70 kadar 5,8% dengan tambahan variasi Resin *Epoxy* kadar 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% serta Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, 4%. Gradasi agregat gabungan menggunakan batas tengah dari setiap presentasi lolos saringan yang terdiri dari agregat batu lolos saringan 19,1 mm ($\frac{3}{4}$ "), agregat batu lolos saringan 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ "), abu batu, pasir, serta *filler*.

3.8.2. Pembuatan Benda Uji

- Setiap variasi agregat ditimbang sesuai dengan presentase target gradasi yang direncanakan. Berat campuran agregat kurang lebih 1200 gram dengan diameter 4 inci yang kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu $\pm 145^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat yang diinginkan.
- Panaskan aspal hingga mencapai tingkat kelelehan yang diinginkan lalu tentukan berat aspal yang diperlukan dalam campuran agregat.

- c. Masukkan aspal yang telah mencapai tingkat kelelehan pada campuran agregat yang juga telah dipanaskan dan keduanya dicampur di atas pemanas atau kompor agar tercampur secara merata hingga mencapai suhu 90°C - 150°C .
- d. Cetakan yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu, lalu letakkan di atas landasan pemadat dan tahan menggunakan pemegang cetakan.
- e. Masukkan kertas *filter* atau kertas saring yang dipotong sesuai dimensi dasar cetakan lalu diberi oli.
- f. Masukkan komposisi campuran aspal yang sudah mencapai suhu 90°C - 150°C dalam cetakan dan gunakan spatula untuk merapihkan pemadatan campuran dengan cara menusuk campuran sebanyak 15 kali di sekeliling pinggir cetakan dan 10 kali di bagian tengah.
- g. Pada bagian atas cetakan tutup dengan kertas *filter* atau kertas saring yang sudah diberi oli agar kertas tidak lengket di benda uji.
- h. Lakukan pemadatan campuran menggunakan mesin *compactor* dengan tetap memperhatikan temperatur sesuai dengan kekentalan aspal sebanyak 75 kali tumbukan pada setiap sisi atas dan sisi bawah.
- i. Diamkan benda uji hingga temperatur sudah tidak terlalu panas lalu keluarkan benda uji menggunakan alat *extruder*. Beri tanda sesuai variasi yang dibuat pada setiap sampel benda uji dan diamkan pada temperatur ruangan.

3.8.3. Pengujian Marshall

Ketentuan pengujian *Marshall* ditulis dalam RSNi M-01-2003 yang dijadikan pedoman serta syarat pengujian.

- a. Pada pengujian *Marshall* menggunakan alat uji *Marshall* yang memiliki kekuatan listrik sebesar 220 volt yang bekerja dengan cara memberi beban dan kecepatan tetap 51 mm (2 inci) setiap menit pada sampel benda uji semi-circular. Dilengkapi dengan adanya *proving ring* dengan arloji tekan yang digunakan untuk mengukur nilai Stabilitas sampel benda uji serta arloji kelelehan (*flow meter*) yang digunakan untuk mengukur nilai Kelelehan (*Flow*) sampel benda uji pada saat pembebanan mencapai maksimum.
- b. Bak perendaman (*water bath*) merupakan alat yang digunakan pada pengujian *Marshall* untuk merendam sampel benda uji yang memiliki pengatur suhu minimum 20°C dan kedalaman 150 mm (6 inci) dengan rak bawah 50 mm.

- c. Termometer (*thermometer*) merupakan alat yang digunakan untuk mengukur suhu air dalam bak perendaman (*water bath*) dan dapat menahan suhu hingga kurang lebih 200°C.
- d. *Output* dari pengujian *Marshall* ini adalah parameter Nilai *Marhsall* yang terdiri dari nilai Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), VIM, VMA, VFB, dan MQ.

3.8.4. Pengujian Stabilitas dan Kelelehan (*Flow*)

- a. Rendam sampel benda uji sampai seluruh benda uji terkena air dalam bak perendaman (*water bath*) pada suhu 60°C selama 30 menit.
- b. Pasang sampel benda uji dalam segmen bawah kepala penekan lalu pasang segmen bawah dan letakkan pada alat penguji *Marshall*.
- c. Pegang selongsong dengan stabil dan erat pada bagian atas kepala penekan lalu pasang arloji kelelehan (*flow meter*) di salah satu batang pemandu dan atur jarum penunjuk arloji di angka nol.
- d. Sebelum pembebanan, angkat sampel benda uji serta kepala penekan sampai menyentuh dasar cincin uji dan posisikan jarum arloji di posisi nol.
- e. Berikan beban stabil pada sampel dengan kecepatan 50 mm setiap menit hingga hingga beban maksimum tercapai dan catat nilai pembebanan maksimum (Stabilitas). Apabila hasil ketebalan sampel benda uji < 63,5 mm maka faktor pengali yang relevan harus digunakan agar dapat menyesuaikan beban.
- f. Jika sudah mencapai pada maksimum pembebanan (arloji pada jarum sudah tidak bisa jalan searah jarum jam), selanjutnya catat nilai Kelelehan (*Flow*) dan Stabilitas yang terlihat pada jarum arloji.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian yang terdiri dari tahap persiapan bahan penelitian, penentuan kadar aspal optimum, pembuatan benda uji, dan pengujian di laboratorium. Pada tahapan persiapan bahan, bahan yang dibutuhkan yaitu Agregat Kasar 3/4, Agregat Kasar 1/2 dan Abu Batu. Bahan-bahan tersebut diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Batang. Semua proses pembuatan benda uji dan properties material selanjutnya akan dilaksanakan di Laboratorium Transportasi Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.



Gambar 4.1. *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Batang

Material Aspal Karet Alam Padat PG-70 yang akan digunakan sebagai bahan material pada penelitian ini juga diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Batang.



Gambar 4.2. Pengambilan Aspal Karet Alam Padat PG-70

4.2. Pembuatan Benda Uji Kadar Aspal Normal

Komposisi aspal normal yang digunakan yaitu menggunakan kadar 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6%. Pembuatan benda uji aspal normal akan digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum yang hasilnya diterapkan pada campuran aspal modifikasi. Campuran normal tanpa bahan tambah Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* dibuat masing-masing 3 sampel dengan total keseluruhan ada 15 benda uji. Detail komposisi dapat dilihat pada **Tabel 4.1. – Tabel 4.5.**

Tabel 4.1. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	506.88
2	Agregat Batu 3/4	12	138.24
3	Agregat Batu 1/2	40	460.8
4	Pasir	3	34.56
5	Filler	1	11.52
Total		100	1152
Keterangan Aspal			
Aspal		4	48

Tabel 4.2. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 4,5%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	504.24
2	Agregat Batu 3/4	12	137.52
3	Agregat Batu 1/2	40	458.4
4	Pasir	3	34.38
5	Filler	1	11.46
Total		100	1146
Keterangan Aspal			
Aspal		4.5	54

Tabel 4.3. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 5%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	501.6
2	Agregat Batu 3/4	12	136.8
3	Agregat Batu 1/2	40	456
4	Pasir	3	34.2
5	<i>Filler</i>	1	11.4
Total		100	1140
Keterangan Aspal			
Aspal		5	60

Tabel 4.4. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 5,5%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	498.96
2	Agregat Batu 3/4	12	136.08
3	Agregat Batu 1/2	40	453.6
4	Pasir	3	34.02
5	<i>Filler</i>	1	11.34
Total		100	1134
Keterangan Aspal			
Aspal		5.5	66

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Normal Kadar Aspal 6%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	44	496.32
2	Agregat Batu 3/4	12	135.36
3	Agregat Batu 1/2	40	451.2
4	Pasir	3	33.84
5	<i>Filler</i>	1	11.28
Total		100	1128
Keterangan Aspal			
Aspal		6	72

4.3. Pengujian Laboratorium

4.3.1. Pengujian Material

Pada penelitian ini akan dilakukan 4 pengujian material yaitu pengujian Abrasi menggunakan mesin *Los Angeles*, pengujian Analisa Saringan, pengujian Berat Jenis Agregat dan pengujian Kelekatan Agregat terhadap Aspal Karet Alam Padat PG-70.

4.3.1.1. Pengujian Abrasi

Mesin *Los Angeles* dilakukan untuk pengujian abrasi yang berfungsi untuk menentukan daya tahan agregat kasar akan keausan. Data pengujian Abrasi tertera pada **Tabel 4.6**.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Abrasi

Ukuran Saringan		Gradasi I		Gradasi II	
		Berat Sebelum (A)	Berat Sesudah (B)	Berat Sebelum (A)	Berat Sesudah (B)
Lolos	Tertahan				
2"	1 1/2"				
1 1/2"	1"				
1"	3/4"				
3/4"	1/2"	2508.2	2645.3	2503.2	2382.7
1/2"	3/8"	2506.3	2175.6	2502.1	2204.8
3/8"	# 4				
# 4	# 8				
Berat Total		5014.5	4820.9	5005.3	4587.5
Berat Tertahan no. 12					

Perhitungan nilai Abrasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Keausan} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

a. Sampel I

$$A = 5014,5 \text{ gr}$$

$$B = 4820,9 \text{ gr}$$

$$A - B = 193,6 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned}\text{Keausan} &= \frac{5014,5 - 4820,9}{5014,5} \times 100 \\ &= 3,861\%\end{aligned}$$

b. Sampel II

$$A = 5005,3 \text{ gr}$$

$$B = 4587,5 \text{ gr}$$

$$A - B = 417,8 \text{ gr}$$

$$\text{Keausan} = \frac{5005,3 - 4587,5}{5005,3} \times 100$$

$$= 8,347\%$$

$$\text{Keausan rata-rata} = \frac{3,861\% + 8,347\%}{2}$$

$$= 6,104\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa keausan rata-rata yang diperoleh yaitu sebesar 6,104%. Disimpulkan bahwa pengujian Abrasi memenuhi syarat ketentuan SNI-03-2417-2008.



Gambar 4.3. Pengujian Abrasi

4.3.1.2. Pengujian Analisa Saringan

Dalam pengujian analisa saringan, pembagian butir gradasi menjadi agregat halus dan kasar ditentukan dengan menggunakan saringan. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan SNI 03-1968-1990 / AASHTO T.27-88. Detail lebih lanjut tertera pada **Tabel 4.7. – Tabel 4.11.**

a. Agregat Kasar 3/4"

Pengujian saringan Agregat Kasar 3/4" menggunakan material agregat lolos saringan 37,5 – 19 mm (1 1/2" – 3/4") dan tertahan pada saringan 12,5 mm (1/2") hingga 0,075 mm (#200). Data hasil pengujian tertera pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar 3/4"

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 01			UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 02		
		TERTAHAN		LOLOS			TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%			gr	%	%
inch	mm				inch				
1 1/2"	37,5				1 1/2"				
1"	25,0				1"				
3/4"	19,0	-	-	100,00	3/4"	-	-		100,00
1/2"	12,5	532	21,28	78,72	1/2"	593	23,72		76,28
3/8"	9,5	1,556	62,24	37,76	3/8"	1,795	71,80		28,20
# 4	4,75	2,432	97,28	2,72	# 4	2,402	96,08		3,92
# 8	2,36	2,471	98,84	1,16	# 8	2,467	98,68		1,32
# 16	1,15	2,488	99,52	0,48	# 16	2,476	99,04		0,96
# 30	0,6	2,490	99,60	0,40	# 30	2,483	99,32		0,68
# 50	0,3	2,492	99,68	0,32	# 50	2,491	99,64		0,36
#100	0,15	2,493	99,72	0,28	#100	2,492	99,68		0,32
# 200	0,075	2,493	99,72	0,28	# 200	2,494	99,76		0,24
Weight of Sample (gr)		2,500					2,500		

Berdasarkan pengujian analisa saringan Agregat Kasar 3/4" yang telah dilakukan, terdapat sebanyak 100 % agregat lolos saringan 3/4" (19 mm) dan sebanyak 77,5% tertahan saringan 1/2" (12,5 mm). Untuk distribusi agregat medium, terdapat sebanyak 33 % dari total sampel yang lolos saringan 3/8" (9,5 mm) dan sebanyak 3,3 % tertahan saringan #4 (4,75 mm).

b. Agregat Kasar 1/2"

Pengujian saringan Agregat Kasar 1/2" menggunakan material agregat lolos saringan 37,5 – 12,5 mm (1 1/2" – 1/2") dan tertahan pada saringan 9,5 mm (3/8") hingga 0,075 mm (#200). Data hasil pengujian tertera pada **Tabel 4.8**.

Tabel 4.8. Hasil Analisa Saringan Agregat Kasar 1/2"

UKURAN SARINGAN <i>SIEVE SIZE</i>		Percobaan 01			UKURAN SARINGAN <i>SIEVE SIZE</i>		Percobaan 02		
		TERTAHAN		LOLOS			TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%			gr	%	%
<i>inch</i>	mm				<i>inch</i>				
1 1/2"	37,5				1 1/2"				
1"	25,0				1"				
3/4"	19,0				3/4"				
1/2"	12,5	-	-	100,00	1/2"	-	-	-	100,00
3/8"	9,5	509	20,36	79,64	3/8"	570	23,72	76,28	
# 4	4,75	1,775	71,00	29,00	# 4	1,809	71,80	28,20	
# 8	2,36	2,034	81,36	18,64	# 8	1,969	96,08	3,92	
# 16	1,15	2,370	94,80	5,20	# 16	2,364	98,68	1,32	
# 30	0,6	2,441	97,64	2,36	# 30	2,410	99,04	0,96	
# 50	0,3	2,455	98,20	1,80	# 50	2,475	99,32	0,68	
#100	0,15	2,468	98,72	1,28	#100	2,482	99,64	0,36	
# 200	0,075	2,479	99,16	0,84	# 200	2,491	99,68	0,32	
Weight of Sample (gr)		2,500					2,500		

Berdasarkan pengujian analisa saringan Agregat Kasar 1/2" yang telah dilakukan, terdapat sebanyak 100 % agregat lolos saringan 1/2" (12,5 mm) dan sebanyak 77,96% tertahan pada saringan 3/8" (9,5 mm). Untuk distribusi agregat medium, terdapat sebanyak 77,96 % dari total sampel yang lolos saringan 3/8" (9,5 mm) dan sebanyak 28,6 % tertahan saringan #4 (4,75 mm).

c. Abu Batu

Pengujian saringan Abu Batu menggunakan material agregat halus lolos saringan 37,5 - 9,5 mm (1 1/2" - 3/8") dan tertahan pada saringan 4,75 mm (4#) hingga 0,075 mm (#200). Data hasil pengujian tertera pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9. Hasil Analisa Saringan Abu Batu

UKURAN SARINGAN <i>SIEVE SIZE</i>		Percobaan 01			UKURAN SARINGAN <i>SIEVE SIZE</i>		Percobaan 02		
		TERTAHAN		LOLOS			TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%			gr	%	%
<i>inch</i>	mm				<i>inch</i>				
1 1/2"	37,5				1 1/2"				
1"	25,0				1"				
3/4"	19,0				3/4"				
1/2"	12,5				1/2"				
3/8"	9,5				3/8"				
# 4	4,75	-	-	100,00	# 4	-	-	100,00	
# 8	2,36	124,1	24,82	75,18	# 8	109,9	21,98	78,02	
# 16	1,15	276,3	55,26	44,74	# 16	253,5	50,70	49,30	
# 30	0,6	329,5	65,90	34,10	# 30	321,8	64,36	35,64	
# 50	0,3	376,7	75,34	24,66	# 50	368,6	73,72	26,28	
#100	0,15	418,6	83,72	16,28	#100	403,6	80,72	19,28	
# 200	0,075	469,3	93,86	6,14	# 200	455,9	91,18	8,82	
Weight of Sample (gr)		500					500		

Berdasarkan pengujian analisa saringan Abu Batu yang telah dilakukan, terdapat sebanyak 100% agregat lolos saringan 1/2" (12,5 mm) dan sebanyak 100% tertahan pada saringan 3/8" (9,5 mm). Untuk distribusi agregat medium, terdapat sebanyak 100% dari total sampel lolos saringan #4 (4,75 mm) dan sebanyak 76,7% tertahan saringan #8 (2,36 mm). Sedangkan untuk distribusi agregat halus tersebar di setiap ukuran saringan.

d. Pasir

Pengujian saringan Pasir menggunakan material agregat halus lolos saringan 37,5 – 0,6 mm (1 1/2" – #30) dan tertahan pada saringan 0,3 mm (50#) hingga 0,075 mm (#200). Data hasil pengujian tertera pada **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10. Hasil Analisa Saringan Pasir

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 01			UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 02		
		TERTAHAN		LOLOS			TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%			gr	%	%
inch	mm				inch				
1 1/2"	37,5				1 1/2"				
1"	25,0				1"				
3/4"	19,0				3/4"				
1/2"	12,5				1/2"				
3/8"	9,5				3/8"				
# 4	4,75				# 4				
# 8	2,36				# 8				
# 16	1,15				# 16				
# 30	0,6	-	-	100,00	# 30	-	-	100,00	
# 50	0,3	301,6	60,32	39,68	# 50	297,8	59,56	40,44	
#100	0,15	421,3	84,26	15,74	#100	439,5	87,90	12,10	
# 200	0,075	475,4	95,08	4,92	# 200	461,7	92,34	7,66	
Weight of Sample (gr)		500					500		

Berdasarkan pengujian analisa saringan Pasir yang telah dilakukan, terdapat sebanyak 100% agregat lolos saringan #30 (0,6 mm) dan sebanyak 40,06% tertahan pada saringan #50 (0,3 mm). Untuk distribusi agregat medium, terdapat sebanyak 100% dari total sampel lolos saringan #30 (0,6 mm) dan sebanyak 40,06% tertahan saringan #50 (0,3 mm). Sedangkan untuk distribusi agregat halus tersebar di setiap ukuran saringan.

e. *Filler* (Semen)

Pengujian saringan *Filler* menggunakan material semen *portland* lolos saringan 2,36 – 0,15 mm (#8 - #100) dan tertahan pada saringan 0,075 mm (#200). Data hasil pengujian tertera pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11. Hasil Analisa Saringan *Filler* (Semen)

UKURAN SARINGAN <i>SIEVE SIZE</i>		Percobaan 01			UKURAN SARINGAN <i>SIEVE SIZE</i>		Percobaan 02		
		TERTAHAN		LOLOS			TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%			gr	%	%
<i>inch</i>	mm				<i>inch</i>				
11/2"	37,5				11/2"				
1"	25,0				1"				
3/4"	19,0				3/4"				
1/2"	12,5				1/2"				
3/8"	9,5				3/8"				
# 4	4,75				# 4				
# 8	2,36	-	-	100	# 8	-	-	100	
# 16	1,15	-	-	100	# 16	-	-	100	
# 30	0,6	-	-	100	# 30	-	-	100	
# 50	0,3	-	-	100	# 50	-	-	100	
#100	0,15	-	-	100	#100	-	-	100	
# 200	0,075	1,5	1,63	98,37	# 200	1,1	1,10	98,90	
Weight of Sample (gr)		92					99,8		

Berdasarkan pengujian analisa saringan *Filler* (Semen) yang telah dilakukan, terdapat sebanyak 100% agregat halus lolos di setiap ukuran saringan dengan pengecualian saringan #200 yang menahan sebanyak 98,64%.



Gambar 4.4. Pengujian Analisa Saringan

f. Rekapitulasi Analisa Saringan

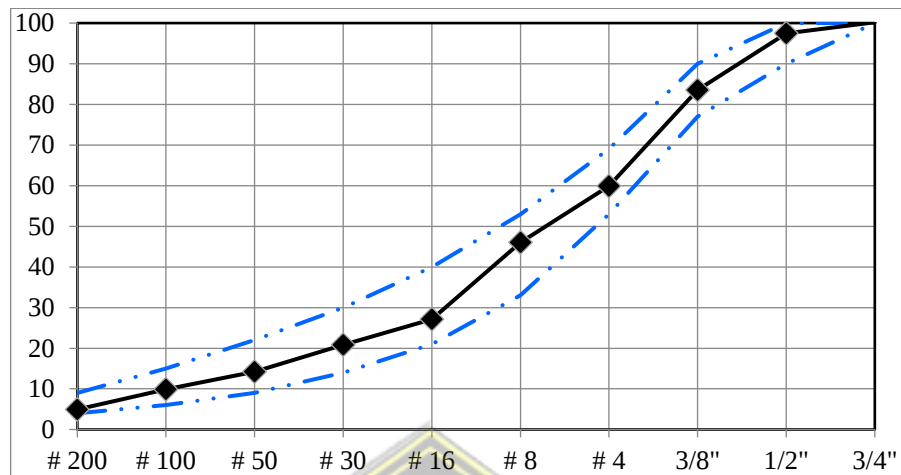
Rekapitulasi Analisa Saringan terdiri dari hasil Agregat Kasar 3/4", Agregat Kasar 1/2", Abu Batu, Pasir, dan *Filler* (Semen) yang selanjutnya akan digunakan sebagai kombinasi agregat pada campuran aspal. Detail rekapitulasi tertera pada **Tabel 4.12.**

Tabel 4.12. Rekapitulasi Analisa Saringan

Uraian		1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
Inch		25	19	12.7	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
mm												
Data Material												
Batu Pecah Max 3/4'		100.00	100.00	77.50	32.98	3.32	1.24	0.72	0.54	0.54	0.30	0.26
Batu Pecah Max 1/2'		100.00	100.00	100.00	78.42	28.32	19.94	5.32	2.98	1.40	1.00	0.60
Abu Batu		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	76.60	47.02	34.87	25.47	17.78	7.48
Pasir		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	40.06	13.92	6.29
Filler Semen		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.64
Batu Pecah Max 3/4'	12.0%	12.00	12.00	9.30	3.96	0.40	0.15	0.09	0.06	0.06	0.04	0.03
Batu Pecah Max 1/2'	40.0%	40.00	40.00	40.00	31.37	11.33	7.98	2.13	1.19	0.56	0.40	0.24
Abu Batu	44.0%	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	33.70	20.69	15.34	11.21	7.82	3.29
Pasir	3.0%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.20	0.42	0.19
Filler Semen	1.2%	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.18
Total Campuran	100%	100.20	100.20	97.50	83.52	59.93	46.03	27.10	20.80	14.23	9.88	4.93
Spesifikasi Gradasi												
Max		100	100	100	90	69	53	40	30	22	15	9
Min		100	100	90	77	53	33	21	14	9	6	4
Toleransi Komposisi												
max		100.00		100.00	88.50	66.00	46.00	33.50	25.00	18.50	12.50	7.50
min		95.00		90.00	78.50	56.00	40.00	27.50	19.00	12.50	8.50	5.50
Luas Permukaan Agregat :		5.78										

Menurut Pusjatan (2019), semua detail perkerasan jalan mengharuskan partikel agregat berada kisaran ukuran tertentu dengan persentase tertentu untuk setiap ukuran partikel. Distribusi variasi ukuran partikel agregat disebut

distribusi ukuran partikel agregat. Hasil grafik kombinasi gradasi agregat dapat dilihat pada **Grafik 4.1**.



Grafik 4.1. Kombinasi Agregat

4.3.1.3. Pengujian Berat Jenis

Pemeriksaan ini dilakukan untuk dapat menentukan Berat Jenis (*Bulk*), Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*), Berat Jenis Semu (*Apparent*) dan Penyerapan (*Absorption*) dari agregat kasar dan agregat halus. Detail lebih lanjut tertera pada **Tabel 4.13**. – **Tabel 4.17**.

a. Agregat Kasar

Perhitungan Berat Jenis Agregat Kasar 3/4" dilakukan 2x percobaan sebagai pembandingan, lalu akan dibuat rata-rata dari kedua hasil tersebut. Detail perhitungan dapat dilihat di bawah.

Tabel 4.13. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 3/4"

Nomor Contoh			1	2	Rata-rata
Berat Contoh Kering Oven	A	gram	2,000	2,000	
Berat Contoh Kering Permukaan	B	gram	2,032	2,037	
Berat Contoh Dalam Air	C	gram	1,257	1,262	2.581
Berat Jenis Bulk (Oven - Dry Basis)	$\frac{A}{B - C}$	gr / cc	2.581	2.581	
Berat Jenis SSD (Saturated Surface - Dry Basis)	$\frac{B}{B - C}$	gr / cc	2.622	2.628	2.625
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{A}{A - C}$	gr / cc	2.692	2.710	2.701
Penyerapan	$\frac{(B - A) \times 100}{A}$	gr / cc	1.600	1.850	1.725

Hasil pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 3/4” pada **Tabel 4.13.** didapatkan Berat Jenis (*Bulk*) sebesar 2,581 gr/cc, Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*) sebesar 2,625 gr/cc, Berat Jenis Semu (*Apparent*) sebesar 2,701 gr/cc dan Penyerapan (*Absorption*) sebesar 1,725 gr/cc.

Perhitungan Berat Jenis Agregat Kasar 1/2” dilakukan 2x percobaan sebagai pembandingan, lalu akan dibuat rata-rata dari kedua hasil tersebut. Detail perhitungan dapat dilihat di bawah.

Tabel 4.14. Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 1/2”

Nomor Contoh			1	2	Rata-rata
Berat Contoh Kering Oven	A	gram	2,000	2,000	
Berat Contoh Kering Permukaan	B	gram	2,024	2,026	
Berat Contoh Dalam Air	C	gram	1,235	1,233	2.529
Berat Jenis Bulk (Oven - Dry Basis)	$\frac{A}{B - C}$	gr / cc	2.535	2.522	
Berat Jenis SSD (Saturated Surface - Dry Basis)	$\frac{B}{B - C}$	gr / cc	2.565	2.555	2.560
Berat Jenis Semu (<i>Apparent</i>)	$\frac{A}{A - C}$	gr / cc	2.614	2.608	2.611
Penyerapan	$\frac{(B - A) \times 100}{A}$	gr / cc	1.200	1.300	1.250

Hasil pengujian Berat Jenis Agregat Kasar 1/2” pada **Tabel 4.14.** didapatkan Berat Jenis (*Bulk*) sebesar 2,529 gr/cc, Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*) sebesar 2,560 gr/cc, Berat Jenis Semu (*Apparent*) sebesar 2,611 gr/cc dan Penyerapan (*Absorption*) sebesar 1,250 gr/cc.

b. Agregat Halus

Perhitungan Berat Jenis Abu Batu dilakukan 2x percobaan sebagai pembandingan, lalu akan dibuat rata-rata dari kedua hasil tersebut. Detail perhitungan dapat dilihat di bawah.

Tabel 4.15. Hasil Pengujian Berat Jenis Abu Batu

Nomor Contoh			1	2	Rata-rata
Contoh Kering Oven	A	gram	485.8	488.6	
Piknometer + Air	B	gram	670	670.8	
Piknometer + Air + Contoh	C	gram	985	985.8	
Berat benda uji SSD	D	gram	500	500	2.634
Berat Jenis Bulk (Oven - Dry Basis)	$\frac{A}{B + D - C}$	gr / cc	2.626	2.641	
Berat Jenis SSD (Saturated Surface - Dry Basis)	$\frac{D}{B + D - C}$	gr / cc	2.703	2.703	
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{A}{D + B - C}$	gr / cc	2.844	2.815	
Penyerapan	$\frac{(D - A) \times 100}{A}$	gr / cc	2.923	2.333	2.628

Hasil pengujian Berat Jenis Abu Batu pada **Tabel 4.15.** didapatkan Berat Jenis (*Bulk*) sebesar 2,634 gr/cc, Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*) sebesar 2,703 gr/cc, Berat Jenis Semu (*Apparent*) sebesar 2,830 gr/cc dan Penyerapan (*Absorption*) sebesar 2,628 gr/cc.

Perhitungan Berat Jenis Pasir dilakukan 2x percobaan sebagai pembandingan, lalu akan dibuat rata-rata dari kedua hasil tersebut. Detail perhitungan dapat dilihat di bawah.

Tabel 4.16. Hasil Pengujian Berat Jenis Pasir

Nomor Contoh			1	2	Rata-rata
Contoh Kering Oven	A	gram	485.8	488.6	
Piknometer + Air	B	gram	669.8	668.1	
Piknometer + Air + Contoh	C	gram	968.8	968.8	
Berat benda uji SSD	D	gram	500	500	2.434
Berat Jenis Bulk (Oven - Dry Basis)	$\frac{A}{B + D - C}$	gr / cc	2.417	2.452	
Berat Jenis SSD (Saturated Surface - Dry Basis)	$\frac{D}{B + D - C}$	gr / cc	2.488	2.509	
Berat Jenis Semu (Apparent)	$\frac{A}{D + B - C}$	gr / cc	2.601	2.6	
Penyerapan	$\frac{(D - A) \times 100}{A}$	gr / cc	2.923	2.333	2.628

Hasil pengujian Berat Jenis Pasir pada **Tabel 4.16.** didapatkan Berat Jenis (*Bulk*) sebesar 2,434 gr/cc, Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh (*Saturated Surface Dry*) sebesar 2,498 gr/cc, Berat Jenis Semu (*Apparent*) sebesar 2,601 gr/cc dan Penyerapan (*Absorption*) sebesar 2,628 gr/cc.

4.3.1.4. Pengujian Kelekatan Agregat

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, kelekatan aspal memenuhi syarat kelekatan minimal agregat terhadap aspal yaitu 98% memenuhi syarat SNI $\geq$ 95% (SNI 2439-2011).

4.3.2. Rekapitulasi Hasil Pengujian Material

Setelah dilakukan berbagai macam pengujian material yang didapat dari **Tabel 4.6.** – **Tabel 4.16.** maka dapat dilihat rekapitulasi hasil pada tabel di bawah.

Tabel 4.17. Hasil Penelitian Sifat Fisik dan Mekanis Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Metode	Persyaratan	Hasil	Keterangan
A	Agregat Kasar				
1	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	SNI-03-2417-2008	Maks. 40%	6,104%	Memenuhi
2	Kelekatan agregat terhadap Aspal Karet Alam Padat	SNI-03-2439-2011	Min. 95%	98%	Memenuhi
3	Material lolos saringan no. 200	ASTM C117:2012	Maks. 1%	0,8%	Memenuhi
4	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat kasar 3/4 b. Agregat kasar 1/2	SNI-03-1969-1990	Maks. 3%	1,725% 1,250%	Memenuhi
6	Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>) a. Agregat Kasar 3/4 b. Agregat Kasar 1/2	SNI-03-1969-1990	Min. 2,5%	2,625% 2,560%	Memenuhi
B	Agregat Halus				
1	Material lolos saringan no. 200	SNI-03-1969-1990	Maks. 15%	10,56%	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat a. Agregat Halus (Pasir) b. Agregat Halus (Abu Batu)	SNI-03-1969-1990	Maks. 3%	2,628% 2,628%	Memenuhi
3	Berat Jenis (<i>Bulk Specific Gravity</i>) a. Agregat Halus (Pasir) b. Agregat Halus (Abu Batu)	SNI-03-1969-1990	Min. 2,5	2,435% 2,634%	Memenuhi

4.3.3. Pengujian Aspal Karet Alam Padat PG-70

Hasil pengujian aspal yang digunakan yaitu Aspal Karet Alam Padat PG-70. Terdapat 5 parameter aspal yang diuji pada penelitian ini yaitu, titik lembek, titik bakar, titik nyala, berat jenis aspal, penetrasi dan daktilitas. Hasil penelitian memakai perbandingan Spesifikasi Pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/1976 Bina Marga yang tercantum pada **Tabel 4.18.** – **Tabel 4.21.**

4.3.2.1. Pengujian Penetrasi

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengamati tingkat kekerasan aspal. Pengujian dilakukan pada suhu 25°C selama 5 detik dengan memberikan aspal pada mold (cetakan) seberat 100 gram dalam tumpuan jarum berdiameter 1 mm. Kedalaman penetrasi dihitung dan diterangkan sebagai angka dikalikan 0,1 mm. Detail pemeriksaan tertera pada **Tabel 4.18.**

Tabel 4.18. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Karet Alam Padat PG-70

Contoh dipanaskan suhu 145°C	Mulai: Pukul 09.00 Selesai: Pukul 10.00	
Didiamkan pada Temperatur Ruang	Mulai: Pukul 10.10 Selesai: Pukul 11.00	
Direndam pada Temperatur 25°C	Mulai: Pukul 11.05 Selesai: Pukul 11.35	
Pemeriksaan Penetrasi pada 25°C	Mulai: Pukul 11.40 Selesai: Pukul 12.00	
Penetrasi pada 25°C 100 g, 5 detik	Benda Uji A	Benda Uji B
Pengamatan ke:		
1	40	47
2	43	48
3	42	46
4	51	50
5	50	50
Rata - Rata	46,7	

Pada **Tabel 4.18.** tertera bahwa penetrasi untuk Aspal Karet Alam Padat PG-70 diperoleh hasil rata-rata dari pengujian 2 sampel yaitu 46,7. Jadi, dapat disimpulkan data yang didapat dari pengujian penetrasi ini memenuhi ketentuan (SNI 2456-2011), yakni berada diantara nilai 40-50.



Gambar 4.5. Pengujian Penetrasi

4.3.2.2. *Pengujian Titik Lembek*

Pengujian ini aspal dilakukan untuk melihat suhu batas kekerasan aspal, dengan 2 buah cincin yang ditempatkan pada bola baja di atas plat kuningan dan dipanaskan menggunakan suhu konstan kemudian dicatat setiap kenaikan suhu 5°C . Untuk menit pertama perbedaan pemanasan tidak boleh $> 5^{\circ}\text{C}$.

Tabel 4.19. Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Karet Alam Padat PG-70

Contoh Dipanaskan 145°C					Mulai: Pukul 09.00 Selesai: Pukul 10.00	
Didiamkan pada Temperatur Ruang					Mulai: Pukul 10.05 Selesai: Pukul 11.00	
Direndam pada Temperatur 5°C					Mulai: Pukul 11.05 Selesai: Pukul 12.00	
Pemeriksaan					Mulai: Pukul 12.05 Selesai: 13.00	
No	Suhu yang Diamati		Waktu (detik)		Titik Lembek ($^{\circ}\text{C}$)	
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F}$	I	II	I	II
1	5	41	0	0		
2	10	50	209	209		
3	15	59	344	344		
4	20	68	421	421		
5	25	77	572	572		
6	30	86	660	660		
7	35	95	823	823		
8	40	104	945	945		
9	45	113	1071	1071		
10	50	122	1189	1189		
11	55	131	1303	1303		
12	60	140	1415	1415	61	62
Rata-Rata					61,5	

Tabel 4.19. merupakan hasil dari pengujian, data suhu titik lembek yang diperoleh adalah 61°C dan 62°C dengan rata-rata 61,5°C. Disimpulkan bahwa pengujian titik lembek ini memenuhi ketentuan (SNI 2434-2011).



Gambar 4.6. Pengujian Titik Lembek

4.3.2.3. *Pengujian Berat Jenis*

Membandingkan volume aspal dengan volume air menggunakan piknometer merupakan tujuan dari pengujian berat jenis aspal. Besarnya berat jenis aspal pada perancangan campuran agregat dan aspal sangat diperlukan sebagai pembanding berat untuk dapat menentukan kadar aspal dalam campuran.

Tabel 4.20. Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Karet Alam Padat PG-70

Contoh dipanaskan		Mulai: Pukul 09.00		Temperatur oven: 130°C	
		Selesai: Pukul 09.30			
Didiamkan pada Temperatur Ruang		Mulai: Pukul 09.30			
		Selesai: Pukul 10.30			
Direndam pada Temperatur 25°C atau 15,6°C		Mulai: Pukul 10.30		Temperatur bak perendaman: 25°C	
		Selesai: Pukul 09.45			
Pemeriksaan Berat Jenis		Mulai: Pukul 10.45			
		Selesai: Pukul 11.00			
		Benda Uji 1		Benda Uji 2	
Massa piknometer + aspal	(C)	43,72	gram	44	gram
Massa piknometer kosong	(A)	27,1	gram	27,1	gram
Massa aspal	(C-A)	16,62	gram	16,9	gram
Massa piknometer + air	(B)	78,52	gram	79	gram
Massa piknometer kosong	(A)	27,1	gram	27,1	gram
Massa air	(B-A)	51,42	gram	51,9	gram
Massa piknometer + aspal + air	(D)	78,84	gram	79,34	gram
Massa piknometer + aspal	(C)	43,72	gram	44	gram
Massa air	(D-C)	35,12	gram	35,34	gram
Berat Jenis	(C-A)	1,020		1,021	
	(B-A)-(D-C)				
Berat Jenis rata-rata		1,020			

Dari pengujian yang telah dilakukan pada **Tabel 4.20.**, berat jenis aspal yang diperoleh adalah 1,020 sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai berat jenis aspal memenuhi ketentuan (SNI 2441-2011).



Gambar 4.7. Pengujian Berat Jenis Aspal

4.3.2.4. *Pengujian Titik Bakar dan Titik Nyala*

Pengujian titik nyala dan titik bakar aspal dilakukan untuk memperkirakan suhu maksimum pemanasan aspal agar tidak terbakar. Pengujian ini menggunakan alat *Cleveland Open Cup*.

Tabel 4.21. Hasil Titik Bakar dan Titik Nyala

Contoh dipanaskan	Mulai: Pukul 14.00 Selesai: Pukul 15.00	
Pemeriksaan Titik Nyala	Benda Uji	
Pengamatan ke:	Titik Nyala	Titik Bakar
1	355	365
2		

Dari data hasil pengujian didapatkan suhu titik nyala 355°C dan titik bakar 365°C Temperatur titik nyala dan bakar memenuhi syarat, yakni lebih besar dari syarat minimum $\geq 230^{\circ}\text{C}$ (SNI 2433-2011).



Gambar 4.8. Pengujian Titik Bakar dan Titik Nyala

4.3.2.5. Pengujian Daktilitas

Daktilitas aspal adalah nilai keelastisitasan aspal dan diukur berdasarkan jarak maksimum yang mampu ditarik antara 2 *mold* yang diisi aspal keras sampai aspal tersebut ingin putus. Hasil pengujian tertera pada **Tabel 4.22**.

Tabel 4.22. Hasil Pengujian Daktilitas

Didiamkan pada Suhu Ruang	Mulai: Pukul 09.00 Selesai: Pukul 10.00	
Direndam pada 25°C	Mulai: Pukul 10.05 Selesai: Pukul 11.00	
Pemeriksaan Daktilitas pada 25°C	Mulai: Pukul 11.05 Selesai: Pukul 12.00	
Daktilitas pada 25°C 5 cm per menit	Kode Benda Uji	
Pengamatan ke:	I	II
1	57,7	57,5
2		
Rata - Rata	57,60	

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, nilai daktilitas aspal memenuhi ketentuan karena didapatkan nilai 57,60 sedangkan syarat (SNI 2432-2011) adalah > 25 cm.



Gambar 4.9. Pengujian Daktilitas

4.3.4. Rekapitulasi Pengujian Aspal

Setelah dilakukan berbagai macam pengujian material yang didapat dari **Tabel 4.18. – Tabel 4.21.** maka dapat dilihat rekapitulasi hasil pada tabel di bawah.

Tabel 4.23. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Pen 60/70

Pengujian	Spesifikasi	Hasil
Pengujian Sifat Fisik Aspal		
Titik Lembek	SNI 2434:2011	61
Titik Bakar	SNI 2433:2011	365
Titik Nyala	SNI 2433:2011	355
Berat Jenis Aspal	SNI 2441:2011	1,02
Penetrasi	SNI 2456:2011	46,7
Daktilitas	SNI 2432-2011	57,60

4.4. Hasil Pengujian Kadar Aspal Normal

Setelah melakukan proses persiapan sampel dan pelaksanaan pengujian laboratorium, tahap selanjutnya adalah menganalisis hasil yang diperoleh. Tujuan utama dari pengujian kadar aspal normal adalah untuk dapat mendapatkan persentase kadar aspal optimum yang nantinya diaplikasikan pada campuran aspal modifikasi dan untuk menentukan apakah kandungan aspal dalam campuran telah sesuai dengan perencanaan awal.



Gambar 4.10. Benda Uji KAO

4.4.1. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM)

Gravity Maximum of Mixed (GMM) merupakan berat jenis maksimum dari aspal beton tanpa rongga. Berat jenis maksimum campuran aspal ditentukan dengan mengukur berat dan kandungan sampel uji dengan udara di antara partikel sampel

uji yang dihilangkan dengan vakum. Pemeriksaan berat jenis campuran aspal normal ada 5 variasi kadar aspal yaitu 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% dengan benda uji *Gravity Maximum of Mixed* (GMM) sebanyak 2 buah benda uji.

Tabel 4.24. Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Maksimum Campuran Aspal Normal

No.	Normal		Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)									
	Contoh No :		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Berat Botol + Contoh	gr	1.363	1.363	1.365	1.365	1.363	1.363	1.363	1.363	1.364	1.364
2	Berat Botol	gr	763,4	763,4	765	765	763,4	763,4	763,0	763,0	764,0	764,0
3	Berat Contoh	gr	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
4	Berat Botol + Air (batas kaliberasi)	gr	1.899	1.894,7	1.893	1.894	1.897	1.895,4	1.895	1.894	1.893	1.893
5	Berat Botol+Contoh+Air (batas kaliberasi)	gr	2.250	2.247	2.240	2.242	2.242,6	2.238	2.238	2.238	2.237	2.236,5
6	Berat Jenis Sebelum Koreksi ($3/(3+4-5)$)	gr/cc	2,410	2,422	2,372	2,384	2,360	2,331	2,335	2,342	2,344	2,339
7	Koreksi suhu	gr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Berat Jenis Max (6×7)	gr/cc	2,410	2,422	2,372	2,384	2,360	2,331	2,335	2,342	2,344	2,339
Rata - rata GMM			2,416		2,378		2,346		2,338		2,341	
Variasi Kadar Aspal %			4,00%		4,50%		5,00%		5,50%		6,00%	

Berdasarkan **Tabel 4.24.** pemeriksaan berat jenis maksimum campuran aspal normal dengan variasi 5 kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5% dan 6% didapatkan hasil rata-rata sebesar 2,364 gr/cc.



Gambar 4.11. Pengujian GMM

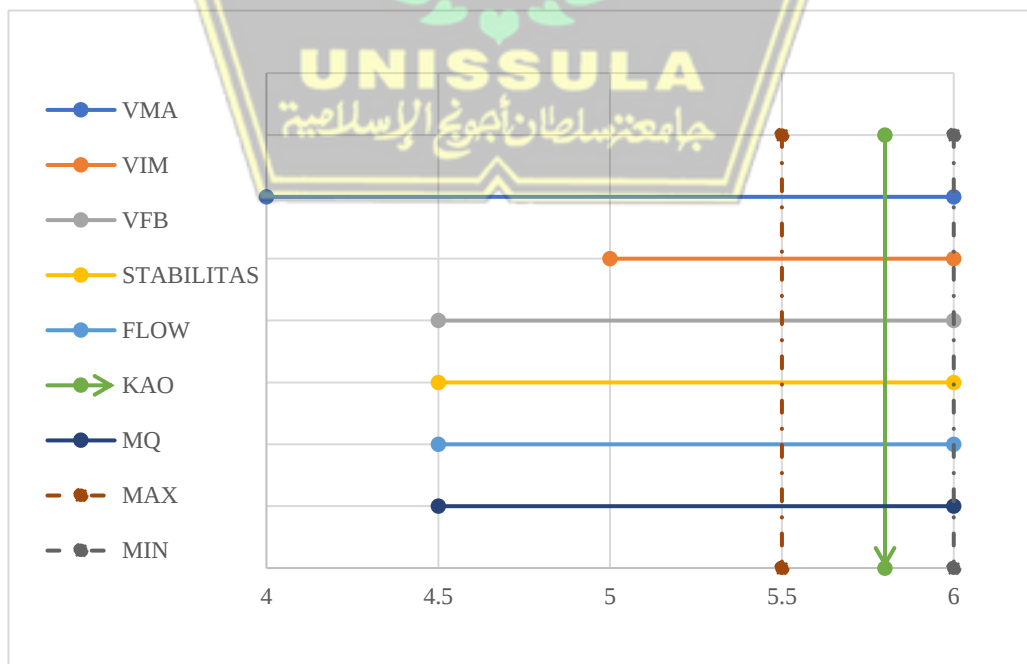
4.4.2. Hasil Pengujian Marshall

Nilai parameter benda uji didapat melalui pengujian *Marshall* terhadap hasil percobaan benda uji. Parameter yang didapatkan yaitu nilai Stabilitas, *Flow*, *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void in The Mix* (VIM), *Void Filled with Bitumen* (VFB), dan *Marshall Quotient* (MQ). Detail parameter benda uji dapat dilihat pada **Tabel 4.25.**

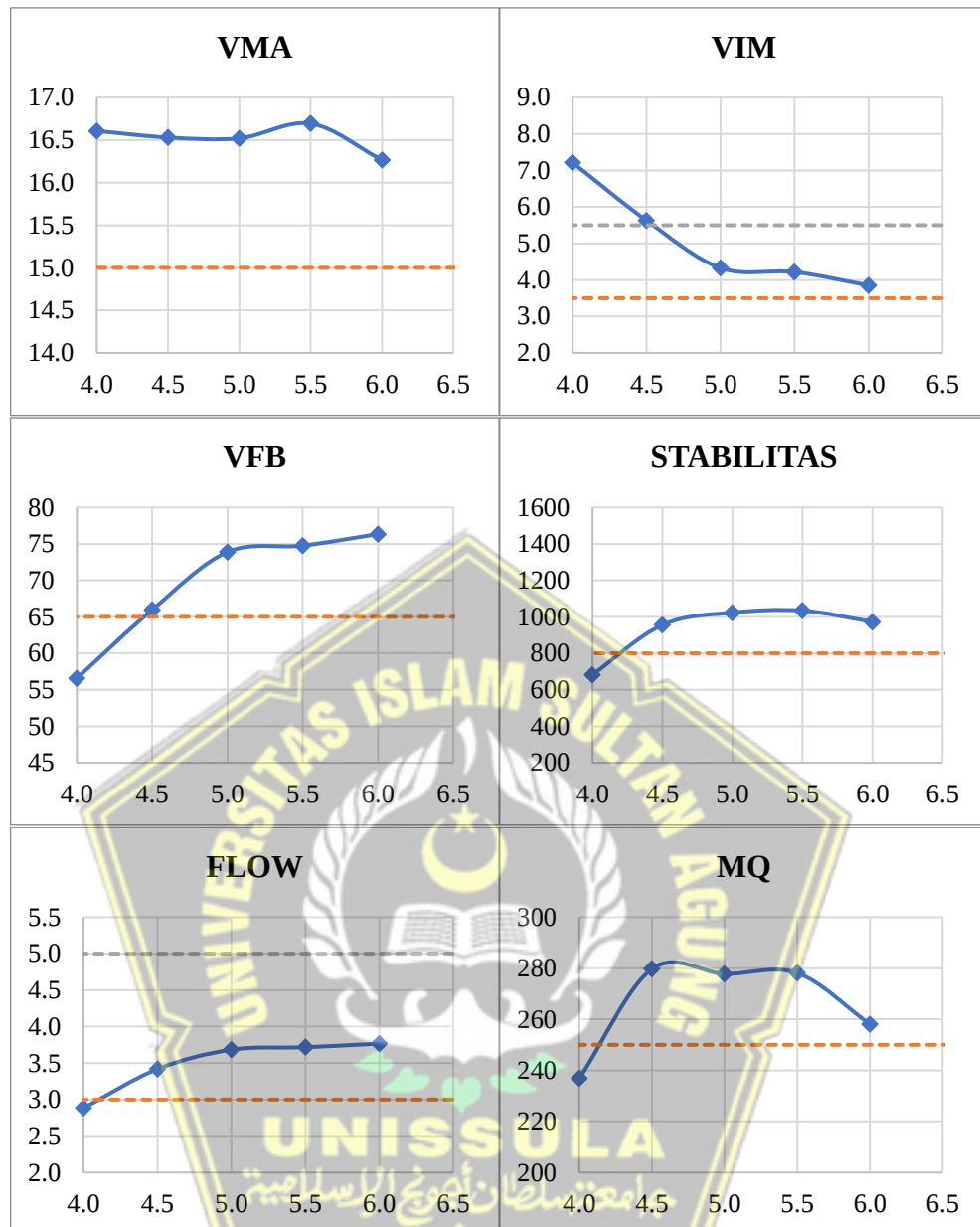
Tabel 4.25. Data Hasil Pemeriksaan *Marshall* Kadar Normal

Pengujian (Komposisi Normal)																	
BJ Aspal (T) :		1.020				I Efektif Total Agregat (Gse 2.540				BJ Total Agg (Gsb) :		2.687		Kalibrasi Proving Ring :		10.00 Kg	
No Benda Uji	Kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dlm Air	Berat SSD	Volume/ Isi	BJ. Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga di Antara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp(VIM)	% Rongga Terisi Aspal(VFB)	Stabilitas			Kelelahan Plastis (Flow)	Marshall Quotient (MQ)		
	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p		
	% Berat Total Campuran	Data Timbang	Data Timbang	Data Timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g Gsb	100 - (100*j)h	100(i-j) i			1 x m x Kalibrasi Proving Ring		n / o		
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)		(kg)	(mm)	(kg/mm)		
Benda Uji 1	4.0%	1172.3	654.4	1177.8	523.4	2.240	2.416	16.68	7.29	56.27	76.65	0.96	735.84	2.80	262.80		
Benda Uji 2	4.0%	1153.7	647.3	1160.5	513.2	2.248	2.416	16.37	6.95	57.54	67.92	1.00	679.20	3.10	219.10		
Benda Uji 3	4.0%	1164.9	649.5	1170.2	520.7	2.237	2.416	16.77	7.40	55.88	81.23	0.78	633.59	2.75	230.40		
Rata-rata	4.0%					2.242	2.416	16.61	7.21	56.57	75.27	0.91	682.88	2.88	236.84		
Benda Uji 1	4.5%	1178.7	660.3	1184.8	524.5	2.247	2.378	16.40	5.48	66.57	88.31	1.07	944.92	3.25	290.74		
Benda Uji 2	4.5%	1161.6	650.2	1167.7	517.5	2.245	2.378	16.50	5.59	66.09	89.40	1.10	983.40	3.40	289.24		
Benda Uji 3	4.5%	1174.0	655.2	1179.4	524.2	2.240	2.378	16.69	5.81	65.20	94.80	0.99	938.52	3.60	260.70		
Rata-rata	4.5%					2.244	2.378	16.53	5.63	65.96	90.84	1.05	955.61	3.42	279.69		
Benda Uji 1	5.0%	1174.2	654.4	1177.0	522.6	2.247	2.346	16.42	4.21	74.34	93.20	1.16	1081.12	3.75	288.30		
Benda Uji 2	5.0%	1181.4	659.6	1183.2	523.6	2.256	2.346	16.07	3.81	76.29	94.00	1.10	1034.00	3.70	279.46		
Benda Uji 3	5.0%	1185.2	655.2	1186.8	531.6	2.229	2.346	17.07	4.95	70.98	94.50	1.01	954.45	3.60	265.13		
Rata-rata	5.0%					2.244	2.346	16.52	4.33	73.87	93.90	1.09	1023.19	3.68	277.79		
Benda Uji 1	5.5%	1175.2	653.6	1180.0	526.4	2.233	2.338	16.96	4.52	73.33	108.37	1.07	1159.56	3.65	317.69		
Benda Uji 2	5.5%	1178.4	653.7	1180.2	526.5	2.238	2.338	16.75	4.28	74.44	110.69	0.99	1095.83	3.80	288.38		
Benda Uji 3	5.5%	1180.8	659.2	1184.4	525.2	2.248	2.338	16.37	3.85	76.50	108.43	0.78	845.75	3.70	228.58		
Rata-rata	5.5%					2.240	2.338	16.69	4.22	74.76	109.16	0.95	1033.71	3.72	278.13		
Benda Uji 1	6.0%	1156.5	648.5	1162.4	513.9	2.250	2.341	16.30	3.89	76.15	99.50	0.99	985.05	3.90	252.58		
Benda Uji 2	6.0%	1159.3	649.8	1164.3	514.5	2.253	2.341	16.19	3.77	76.73	100.00	1.00	1000.00	3.75	266.67		
Benda Uji 3	6.0%	1162.7	651.0	1167.7	516.7	2.250	2.341	16.30	3.90	76.11	97.00	0.96	931.20	3.65	255.12		
Rata-rata	6.0%					2.251	2.341	16.26	3.85	76.33	98.83	0.98	972.08	3.77	258.08		

Dari sifat-sifat campuran yang dibuat pada uji *Marshall* yang diuraikan di atas, maka kadar aspal optimum dapat ditentukan, untuk hasil dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4.12. Penentuan Kadar Aspal Optimum



Grafik 4.2. Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum

Hasil analisis yang ditunjukkan pada **Tabel 4.25.** telah ditentukan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga dari parameter campuran normal yang ditentukan dalam uji *Marshall* yang disebutkan di atas. Nilai karakteristik yang memenuhi syarat untuk $VMA > 15\%$ pada kadar aspal 4% - 6%, $VFB > 65\%$ pada kadar aspal 4% - 6% dan $VIM > 3,5\%$ - 5,5% pada kadar aspal 5% - 6%. Berdasarkan hasil analisis *void* serta uji stabilitas dan fleksibilitas yang ditunjukkan pada **Tabel 4.25.**, **Gambar 4.12.**, dan **Grafik 4.2.**, maka kadar aspal optimum yang didapatkan 5,8%.

4.4.3. Ringkasan Hasil Pengujian AC-WC

Setelah mendapatkan presentase dari setiap fraksi agregat dan aspal, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan berat material untuk rancangan campuran dengan mempertimbangkan volume cetakan yang tersedia.

- Kadar Aspal = 5,8%
- Kapasitas Cetakan = 1200 gr
- Berat Aspal = $5,8\% \times 1200$ = 69,6 gr
- Berat Keseluruhan Agregat = $(100 - 5,8)\% \times 1200$ = 1130,4 gr
 - Abu Batu = $40\% \times 1200$ = 480 gr
 - *Coarse Aggregate* (3/4) = $25\% \times 1200$ = 300 gr
 - *Medium Aggregate* (1/2) = $25\% \times 1200$ = 300 gr
 - Pasir = $3\% \times 1200$ = 36 gr
 - *Filler* = $1,2\% \times 1200$ = 14,4 gr

Selanjutnya, untuk komposisi berat aspal dan berat agregat yang digunakan pada penelitian ini tertera pada **Tabel 4.26**.

Tabel 4.26. Komposisi Material AC-WC

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu $\frac{3}{4}$	25	300
3	Agregat Batu $\frac{1}{2}$	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1,2	14,4
6	Aspal	5,8	69,6
Total		100	1200

4.5. Pembuatan Benda Uji dengan Variasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*

Pada campuran variasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix* menggunakan kadar aspal 5,8%. Komposisi yang digunakan yaitu Resin *Epoxy* dengan kadar 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% serta Serat Baja *Dramix* 0%, 2% dan 4%. Masing-masing komposisi dibuat 3 benda uji dengan total benda uji yaitu 48. Detail komposisi dapat dilihat pada **Tabel 4.27. – 4.41**.

Tabel 4.27. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 0% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	0	0
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 4.28. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 2% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	2	1.392
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 4.29. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 4% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	4	2.784
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 4.30. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 6% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	6	4.176
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 4.31. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 8% dan Serat Baja *Dramix* 0%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	8	5.568
8	<i>Dramix</i>	0	0

Tabel 4.32. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 0% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	0	0
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 4.33. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 2% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	2	1.392
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 4.34. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 4% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	4	2.784
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 4.35. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 6% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	6	4.176
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 4.36. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 8% dan Serat Baja *Dramix* 2%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	8	5.568
8	<i>Dramix</i>	2	1.392

Tabel 4.37. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 0% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	0	0
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Tabel 4.38. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 2% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	2	1.392
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Tabel 4.39. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 4% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	4	2.784
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Tabel 4.40. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 6% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	6	4.176
8	<i>Dramix</i>	4	2.784

Tabel 4.41. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*)
Resin *Epoxy* 8% dan Serat Baja *Dramix* 4%

No	Komposisi	%	Hasil (gr)
1	Abu Batu	40	480
2	Agregat Batu 3/4	25	300
3	Agregat Batu 1/2	25	300
4	Pasir	3	36
5	<i>Filler</i>	1.2	14.4
6	Aspal	5.8	69.6
Total		100	1200
7	Resin	8	5.568
8	<i>Dramix</i>	4	2.784



Gambar 4.13. Benda Uji Variasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*

4.6. Hasil Pengujian Kadar Aspal Variasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*

Setelah didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum, selanjutnya benda uji akan dilakukan uji Berat Jenis Maksimum Campuran dan pengujian *Marshall*.

4.6.1. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%

Pemeriksaan berat jenis maksimum campuran variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0% dilakukan sebanyak 2 buah benda uji untuk masing-masing variasi. Detail perhitungan tertera pada **Tabel 4.42**.

Tabel 4.42. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%

No.	Serat Baja 0%		Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)									
	Contoh No :		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Berat Botol + Contoh	gr	1.364	1.364	1.365	1.365	1.363	1.363	1.363	1.363	1.364	1.364
2	Berat Botol	gr	764,4	764,4	765	765	763,4	763,4	763	763	764	764
3	Berat Contoh	gr	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
4	Berat Botol + Air (batas kaliberasi)	gr	1.898	1.898	1.895	1.890	1.892,6	1.892,2	1.893,5	1.894	1.890	1.891
5	Berat Botol+Contoh+Air (batas kaliberasi)	gr	2.247,6	2.246	2.244	2.238	2.240	2.239	2.238	2.239	2.236	2.237
6	Berat Jenis Sebelum Koreksi (3/(3+4-5))	gr/cc	2,396	2,381	2,390	2,381	2,375	2,372	2,348	2,353	2,362	2,362
7	Koreksi suhu	°C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Berat Jenis Max (6 x 7)	gr/cc	2,396	2,381	2,390	2,381	2,375	2,372	2,348	2,353	2,362	2,362
Rata - rata GMM			2,389		2,386		2,373		2,351		2,362	
Variasi Kadar Aspal %			R0D0		R2D0		R4D0		R6D0		R8D0	

Berdasarkan **Tabel 4.42**. pemeriksaan berat jenis maksimum campuran aspal normal dengan variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0% didapatkan hasil rata-rata sebesar 2,372 gr/cc.

4.6.2. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 2%

Pemeriksaan berat jenis maksimum campuran variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 2% dilakukan sebanyak 2 buah benda uji untuk masing-masing variasi. Detail perhitungan tertera pada **Tabel 4.43**.

Tabel 4.43. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 2%

No.	Serat Baja 2%		Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)									
	Contoh No :		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Berat Botol + Contoh	gr	1.363	1.363	1.364	1.365	1.363	1.363	1.363	1.363	1.364	1.364
2	Berat Botol	gr	763,4	763,4	764,0	765,0	763,4	763,4	763,0	763,0	764,0	764,0
3	Berat Contoh	gr	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
4	Berat Botol + Air (batas kaliberasi)	gr	1.905	1.902,4	1.906	1.900	1.903	1.904,4	1.900	1.900	1.902	1.900
5	Berat Botol+Contoh+Air (batas kaliberasi)	gr	2.255	2.251	2.256	2.247	2.249	2.250	2.246	2.244	2.248	2.246
6	Berat Jenis Sebelum Koreksi (3/(3+4-5))	gr/cc	2,400	2,387	2,400	2,372	2,361	2,358	2,362	2,342	2,362	2,362
7	Koreksi suhu	gr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Berat Jenis Max (6 x 7)	gr/cc	2,400	2,387	2,400	2,372	2,361	2,358	2,362	2,342	2,362	2,362
Rata - rata GMM			2,393		2,386		2,360		2,352		2,362	
Variasi Kadar Aspal %			R0D2		R2D2		R4D2		R6D2		R8D2	

Berdasarkan **Tabel 4.43**, pemeriksaan berat jenis maksimum campuran aspal normal dengan variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 2% didapatkan hasil rata-rata sebesar 2,371 gram/cc.

4.6.3. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 4%

Pemeriksaan berat jenis maksimum campuran variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja Dramix 4% dilakukan sebanyak 2 buah benda uji untuk masing-masing variasi. Detail perhitungan tertera pada **Tabel 4.44**.

Tabel 4.44. Berat Jenis Maksimum Campuran (GMM) Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4%

No.	Serat Baja 4%		Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (GMM)									
	Contoh No :		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Berat Botol + Contoh	gr	1.363	1.363	1.365	1.365	1.364	1.364	1.363	1.363	1.364	1.364
2	Berat Botol	gr	763,4	763,4	765,0	765,0	764,0	764,0	763,0	763,0	764,0	764,0
3	Berat Contoh	gr	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
4	Berat Botol + Air (batas kaliberasi)	gr	1.900	1.900	1.904	1.902	1.899	1.901,2	1.903,2	1.905	1.902	1.901
5	Berat Botol+Contoh+Air (batas kaliberasi)	gr	2.248	2.247,2	2.250	2.248	2.244	2.246,2	2.249,5	2.250	2.248	2.246
6	Berat Jenis Sebelum Koreksi (3/(3+4-5))	gr/cc	2,381	2,373	2,360	2,362	2,353	2,353	2,365	2,355	2,362	2,353
7	Koreksi suhu	gr	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Berat Jenis Max (6 x 7)	gr/cc	2,381	2,373	2,360	2,362	2,353	2,353	2,365	2,355	2,362	2,353
Rata - rata GMM			2,377		2,361		2,353		2,360		2,358	
Variasi Kadar Aspal %			R0D4		R2D4		R4D4		R6D4		R8D4	

Berdasarkan **Tabel 4.44.** pemeriksaan berat jenis maksimum campuran aspal normal dengan variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4% didapatkan hasil rata-rata sebesar 2,362 gr/cc.

4.6.4. Hasil Pengujian Marshall Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%

Pengujian *Marshall* variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0% dilakukan sebanyak tiga sampel benda uji untuk setiap variasi. Detail perhitungan tertera pada Tabel 4.45.

Tabel 4.45. Hasil Pengujian *Marshall* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%

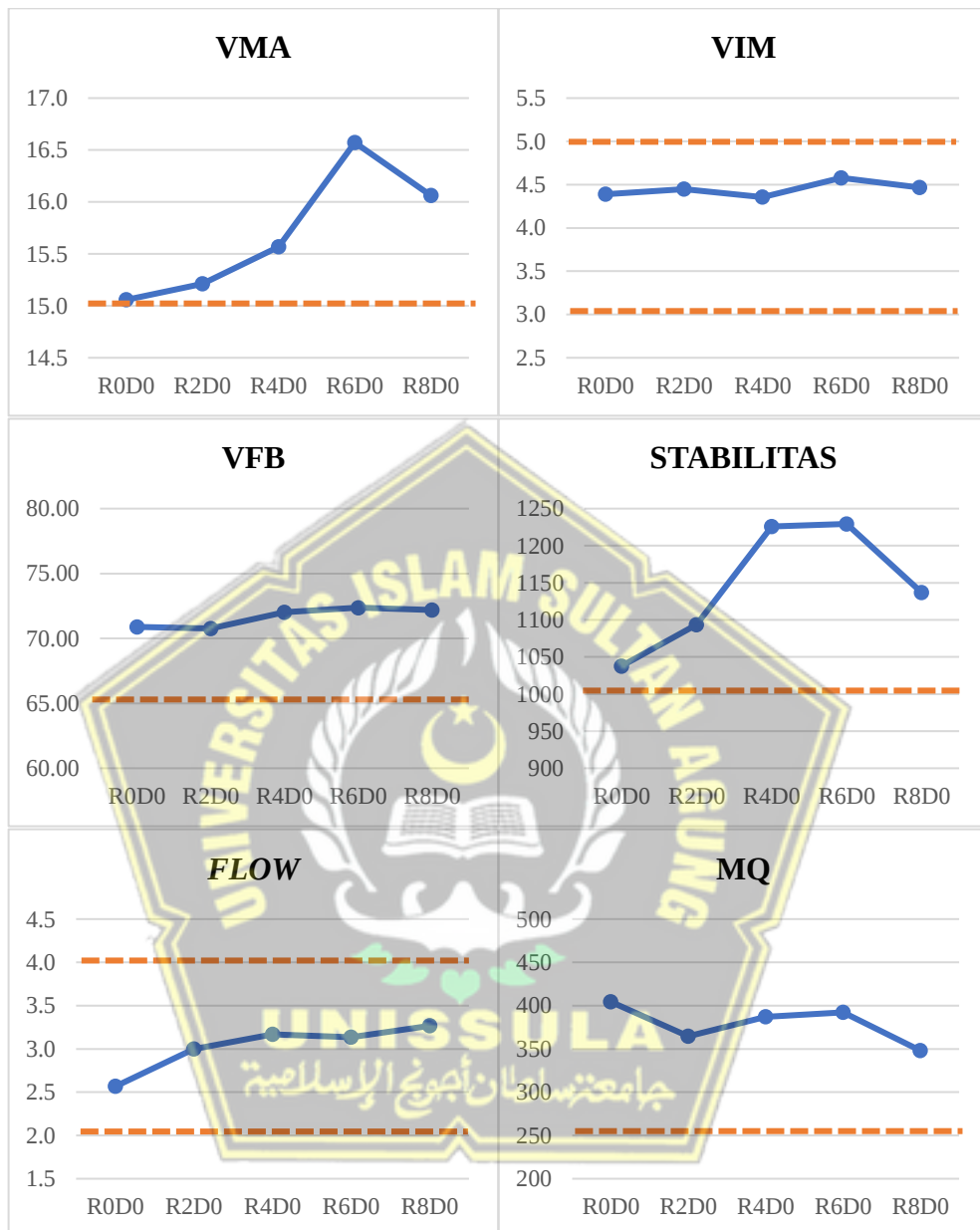
Pengujian (Komposisi Variasi Resin <i>Epoxy</i> 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan Serat Baja <i>Dramix</i> 0%)														
BJ Aspal (T) :		1.020		Efektif Total Agregat (Gse) 2.583		BJ Total Agg (Gsb) :		2.687		Kalibrasi Proving Ring :		10.00 Kg		
No Benda Uji	Kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dlm Air	Berat SSD	Volume/ Isi	BJ. Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga di Antara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp(VIM)	% Rongga Terisi Aspal(VFB)	Stabilitas		Kelelahan Plastis (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
	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*j)h	$\frac{100(i-j)}{i}$			1xmx Kalibrasi Proving Ring	n / o
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)		(kg)	(mm)
R0D0	5.8%	1176.3	671.2	1186.4	515.2	2.283	2.389	15.08	4.41	70.74	99.97	1.07	1067.80	2.50
R0D0	5.8%	1181.5	667.8	1187.0	519.2	2.276	2.389	15.36	4.73	69.21	100.65	1.01	1019.08	2.90
R0D0	5.8%	1168.2	664.6	1174.2	509.6	2.292	2.389	14.74	4.03	72.68	98.96	1.04	1026.71	2.30
Rata-rata	5.8%					2.284	2.389	15.06	4.39	70.88	99.86	1.04	1037.87	2.57
R2D0	5.8%	1176.8	670.3	1186.5	516.2	2.280	2.386	15.21	4.44	70.79	103.80	0.94	978.96	3.00
R2D0	5.8%	1161.6	657.5	1166.7	509.2	2.281	2.386	15.15	4.38	71.10	108.24	1.10	1189.96	3.10
R2D0	5.8%	1174.0	664.6	1180.0	515.4	2.278	2.386	15.28	4.52	70.41	109.76	1.01	1111.32	2.90
Rata-rata	5.8%					2.280	2.386	15.21	4.45	70.77	107.27	1.02	1093.42	3.00
R4D0	5.8%	1174.2	665.4	1182.2	516.8	2.272	2.373	15.49	4.27	72.43	117.53	0.99	1160.61	3.00
R4D0	5.8%	1181.4	664.6	1186.0	521.4	2.266	2.373	15.72	4.53	71.17	118.32	1.07	1263.81	3.20
R4D0	5.8%	1185.2	663.2	1184.8	521.6	2.272	2.373	15.48	4.26	72.47	120.76	1.04	1252.89	3.30
Rata-rata	5.8%					2.270	2.373	15.57	4.36	72.02	118.87	1.03	1225.77	3.17
R6D0	5.8%	1175.2	657.6	1181.3	523.7	2.244	2.351	16.53	4.54	72.57	121.88	1.04	1264.51	2.90
R6D0	5.8%	1173.6	664.1	1187.2	523.1	2.244	2.351	16.55	4.56	72.48	120.00	0.99	1185.00	3.20
R6D0	5.8%	1180.8	661.6	1188.4	526.8	2.241	2.351	16.63	4.64	72.07	119.37	1.04	1238.46	3.30
Rata-rata	5.8%					2.243	2.351	16.57	4.58	72.37	120.42	1.02	1229.32	3.13
R8D0	5.8%	1166.5	653.3	1170.0	516.7	2.257	2.362	16.03	4.43	72.35	119.86	0.96	1153.65	3.40
R8D0	5.8%	1159.3	648.8	1163.3	514.5	2.253	2.362	16.19	4.61	71.51	118.31	0.94	1115.81	3.10
R8D0	5.8%	1162.7	653.1	1167.7	514.6	2.259	2.362	15.96	4.35	72.74	115.56	0.99	1141.16	3.30
Rata-rata	5.8%					2.257	2.362	16.06	4.47	72.20	117.91	0.96	1136.87	3.27

Dari hasil di atas didapatkan nilai rata-rata untuk variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0% dapat direkapitulasi tiap parameter *Marshall* pada Tabel 4.46.

Tabel 4.46. Rekapitulasi Parameter *Marshall*

VARIASI	STABILITAS	FLOW	VIM	VMA	VFB	MQ
Resin <i>Epoxy</i> 0% Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	1037,87	2,57	4,39	15,06	70,88	404,36
Resin <i>Epoxy</i> 2% Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	1093,42	3,00	4,45	15,21	70,77	364,47
Resin <i>Epoxy</i> 4% Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	1225,77	3,17	4,36	15,57	72,02	387,08
Resin <i>Epoxy</i> 6% Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	1229,32	3,13	4,58	16,57	72,37	392,34
Resin <i>Epoxy</i> 8% Serat Baja <i>Dramix</i> 0%	1136,87	3,27	4,47	16,06	72,20	348,02

Setelah dihitung rata-rata yang tertera pada **Tabel 4.46.**, selanjutnya dapat dibuat grafik parameter *Marshall* yang tertera pada **Grafik 4.3.**



Grafik 4.3. Pengujian *Marshall* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan test *Marshall* di atas dengan variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%, sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga. Hasil analisa seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.45.** dan **Grafik 4.3.** diperoleh nilai karakteristik yang memenuhi syarat untuk VMA >15% pada semua variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja

Dramix 0%, VFB > 65% pada Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0% dan VIM 3,5% - 5,5% pada Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%.

4.6.5. Hasil Pengujian Marshall Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 2%

Pengujian *Marshall* variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 2% dilakukan sebanyak tiga sampel benda uji untuk masing-masing variasi. Detail perhitungan tertera pada **Tabel 4.47**.

Tabel 4.47. Hasil Pengujian *Marshall* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 2%

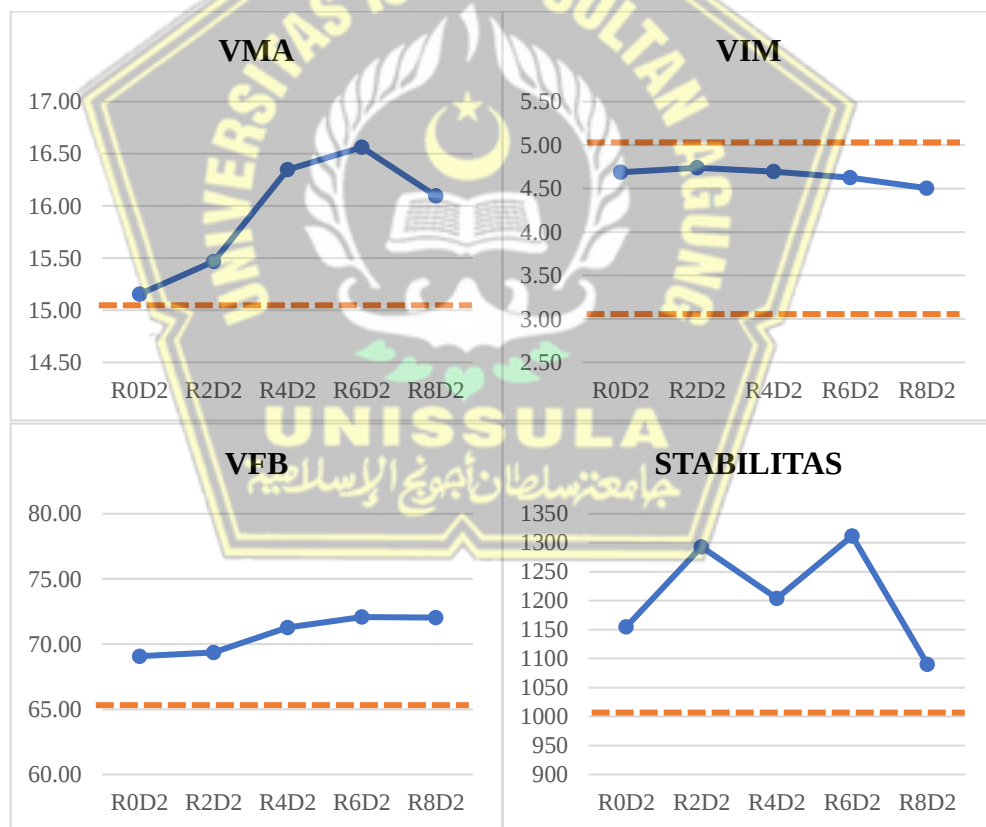
Pengujian (Komposisi Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan Serat Baja Dramix 2%)															
BJ Aspal (T) :		1.020	Efektif Total Agregat (Gsc 2.581				BJ Total Agg (Gsb) :		2.687	Kalibrasi Proving Ring :				10.00 Kg	
No Benda Uji	Kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dlm Air	Berat SSD	Volume/ Isi	BJ. Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga di Antara Agg. (VMA)	% Rongga dalam Camp (VIM)	% Rongga Terisi Aspal (VFB)	Stabilitas Dibaca Arloji	Angka Korelasi	Di sesuaikan	Kelelahan Plastis (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
	% Berat Total Campuran	Data Timbang	Data Timbang	Data Timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g	100 - (100 - c)h	100 - (100 - d)i			1 x m x		n / o
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)		(kg)	(mm)	(kg/mm)
R0D2	5.8%	1179.6	668.4	1185.7	517.3	2.280	2.393	15.19	4.72	68.90	113.20	0.99	1117.85	3.20	349.33
R0D2	5.8%	1172.7	663.7	1177.5	513.8	2.282	2.393	15.11	4.63	69.32	112.43	1.01	1138.35	3.40	334.81
R0D2	5.8%	1163.2	660.2	1170.2	510.0	2.281	2.393	15.17	4.70	69.00	109.98	1.10	1209.09	3.10	390.03
Rata-rata	5.8%					2.281	2.393	15.15	4.69	69.07	111.87	1.03	1155.10	3.23	357.25
R2D2	5.8%	1156.0	651.5	1160.0	508.5	2.273	2.386	15.44	4.71	69.49	126.00	1.10	1385.21	3.50	395.78
R2D2	5.8%	1161.6	656.2	1167.7	511.5	2.271	2.386	15.53	4.81	69.02	121.28	1.07	1212.80	3.20	379.00
R2D2	5.8%	1174.0	663.7	1180.0	516.3	2.274	2.386	15.42	4.69	69.59	128.14	0.99	1281.40	3.30	388.30
Rata-rata	5.8%					2.273	2.386	15.47	4.74	69.37	125.14	1.05	1293.14	3.33	387.94
R4D2	5.8%	1107.0	629.5	1121.0	491.5	2.252	2.360	16.23	4.56	71.90	121.20	0.96	1166.55	3.30	353.50
R4D2	5.8%	1178.4	657.9	1183.2	525.3	2.243	2.360	16.56	4.94	70.17	123.37	0.94	1163.53	3.60	323.20
R4D2	5.8%	1190.2	670.2	1198.8	528.6	2.252	2.360	16.25	4.59	71.77	120.00	1.07	1281.75	3.40	376.99
Rata-rata	5.8%					2.249	2.360	16.35	4.70	71.28	121.52	0.99	1203.94	3.43	350.66
R6D2	5.8%	1200.0	672.1	1206.8	534.7	2.244	2.352	16.53	4.58	72.26	128.98	1.01	1305.92	3.20	408.10
R6D2	5.8%	1178.4	659.2	1184.9	525.7	2.242	2.352	16.63	4.70	71.75	125.96	1.10	1384.77	3.80	364.41
R6D2	5.8%	1180.8	658.2	1184.4	526.2	2.244	2.352	16.53	4.59	72.22	129.30	0.96	1244.51	3.40	366.03
Rata-rata	5.8%					2.243	2.352	16.56	4.62	72.08	128.08	1.02	1311.74	3.47	378.39
R8D2	5.8%	1159.3	649.2	1165.3	516.1	2.246	2.362	16.45	4.91	70.17	108.20	1.04	1082.00	3.50	309.14
R8D2	5.8%	1203.0	676.4	1208.4	532.0	2.261	2.362	15.89	4.27	73.12	107.90	1.07	1079.00	3.65	295.62
R8D2	5.8%	1162.7	654.2	1168.7	514.5	2.260	2.362	15.95	4.33	72.83	110.98	1.04	1109.80	3.40	326.41
Rata-rata	5.8%					2.256	2.362	16.10	4.50	72.04	109.03	1.05	1090.27	3.52	310.03

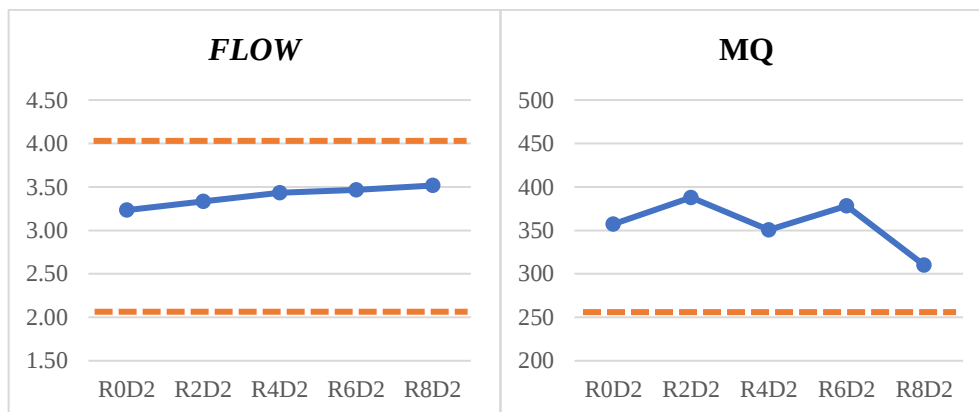
Dari hasil di atas didapatkan nilai rata-rata untuk variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 2% dapat direkapitulasi tiap parameter *Marshall* pada **Tabel 4.48**.

Tabel 4.48. Rekapitulasi Parameter *Marshall*

VARIASI	STABILITAS	FLOW	VIM	VMA	VFB	MQ
Resin <i>Epoxy</i> 0% Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	1155,10	3,23	4,69	15,15	69,07	357,25
Resin <i>Epoxy</i> 2% Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	1293,14	3,33	4,74	15,47	69,37	387,94
Resin <i>Epoxy</i> 4% Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	1203,94	3,43	4,70	16,35	71,28	350,66
Resin <i>Epoxy</i> 6% Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	1311,74	3,47	4,62	16,56	72,08	378,39
Resin <i>Epoxy</i> 8% Serat Baja <i>Dramix</i> 2%	1090,27	3,52	4,50	16,10	72,04	310,03

Setelah dihitung rata-rata yang tertera pada **Tabel 4.48.**, selanjutnya dapat dibuat grafik parameter *Marshall* yang tertera pada **Grafik 4.4.**





Grafik 4.4. Pengujian *Marshall* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 2%

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* di atas dengan variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 2%, sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga. Hasil analisa seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.47.** dan **Grafik 4.4.** diperoleh nilai karakteristik yang memenuhi syarat untuk $VMA > 15\%$ pada semua variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 2%, $VFB > 65\%$ pada Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0% dan $VIM 3,5\% - 5,5\%$ pada Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 2%.

4.6.6. Hasil Pengujian *Marshall* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4%

Pengujian *Marshall* variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4% dilakukan sebanyak tiga sampel benda uji untuk masing-masing variasi. Detail perhitungan tertera pada **Tabel 4.49.**

Tabel 4.49. Hasil Pengujian *Marshall* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4%

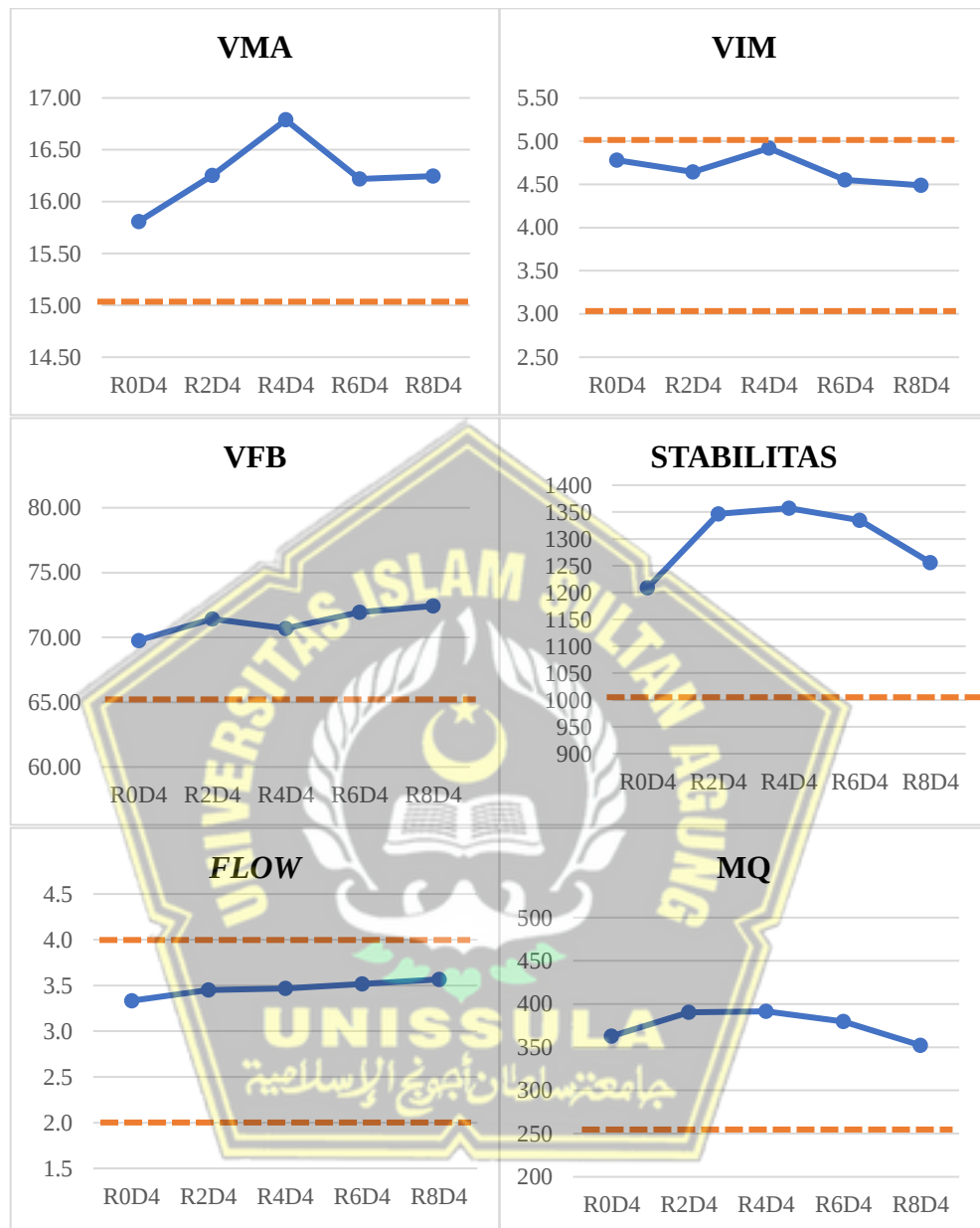
Pengujian (Komposisi Variasi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6%, 8% dan Serat Baja Dramix 4%)															
BJ Aspal (T) :		1.020		J Efektif Total Agregat (Gse) 2.570		BJ Total Agg (Gsb) :		2.687		Kalibrasi Proving Ring :			10.00 Kg		
No Benda Uji	Kadar Aspal	Berat di Udara	Berat dlm Air	Berat SSD	Volume/ Isi	BJ. Bulk Campuran	BJ. Maks Kombinasi Camp. Agg	% Rongga di Antara Agg.(VMA)	% Rongga dalam Camp(VIM)	% Rongga Terisi Aspal(VFB)	Stabilitas			Kelelahan Plastis (Flow)	Marshall Quotient (MQ)
	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p
	% 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			1 x m x Kalibrasi		n / o
	(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)		(kg)	(mm)	(kg/mm)
R0D4	5.8%	1172.3	657.8	1176.4	518.6	2.261	2.377	15.92	4.91	69.17	128.20	1.07	1369.34	3.20	427.92
R0D4	5.8%	1173.7	660.8	1179.5	518.7	2.263	2.377	15.84	4.81	69.61	120.50	1.04	1250.19	3.50	357.20
R0D4	5.8%	1163.2	657.2	1170.2	513.0	2.267	2.377	15.66	4.62	70.53	130.00	0.78	1007.50	3.30	305.30
Rata-rata	5.8%					2.264	2.377	15.81	4.78	69.77	126.23	0.96	1209.01	3.33	362.70
R2D4	5.8%	1198.7	675.9	1208.8	532.9	2.249	2.361	16.33	4.74	70.99	130.60	0.99	1289.68	3.45	373.82
R2D4	5.8%	1161.6	652.7	1167.7	515.0	2.256	2.361	16.11	4.48	72.20	129.23	1.01	1308.45	3.30	396.50
R2D4	5.8%	1174.0	658.2	1180.0	521.8	2.250	2.361	16.32	4.72	71.09	131.10	1.10	1441.28	3.60	400.36
Rata-rata	5.8%					2.252	2.361	16.25	4.64	71.43	130.31	1.03	1346.47	3.45	390.28
R4D4	5.8%	1200.2	673.4	1210.0	536.6	2.237	2.353	16.81	4.94	70.60	147.34	0.99	1454.98	3.50	415.71
R4D4	5.8%	1193.5	665.2	1198.6	533.4	2.238	2.353	16.78	4.90	70.76	144.20	1.01	1460.03	3.60	405.56
R4D4	5.8%	1189.4	662.6	1194.2	531.6	2.237	2.353	16.78	4.91	70.74	149.21	0.78	1156.38	3.30	350.42
Rata-rata	5.8%					2.237	2.353	16.79	4.92	70.70	146.92	0.93	1357.13	3.47	391.48
R6D4	5.8%	1175.2	658.7	1180.0	521.3	2.254	2.360	16.15	4.47	72.31	132.10	0.99	1304.49	3.65	357.39
R6D4	5.8%	1176.4	660.2	1182.2	522.0	2.254	2.360	16.18	4.50	72.17	128.42	1.07	1371.69	3.40	403.44
R6D4	5.8%	1180.8	659.5	1184.4	524.9	2.250	2.360	16.33	4.67	71.37	127.98	1.04	1327.79	3.50	379.37
Rata-rata	5.8%					2.253	2.360	16.22	4.55	71.95	129.50	1.03	1334.66	3.52	379.52
R8D4	5.8%	1196.5	672.4	1205.2	532.8	2.246	2.358	16.47	4.75	71.19	136.21	0.99	1345.07	3.60	373.63
R8D4	5.8%	1204.3	674.2	1211.2	537.0	2.243	2.358	16.59	4.87	70.61	132.10	1.07	1410.99	3.50	403.14
R8D4	5.8%	1162.7	654.8	1167.7	512.9	2.267	2.358	15.68	3.85	75.48	130.54	0.78	1011.69	3.60	281.02
Rata-rata	5.8%					2.252	2.358	16.25	4.49	72.43	132.95	0.94	1255.92	3.57	352.13

Dari hasil di atas didapatkan nilai rata-rata untuk variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4% dapat direkapitulasi tiap parameter *Marshall* pada Tabel 4.50.

Tabel 4.50. Rekapitulasi Parameter *Marshall*

VARIASI	STABILITAS	FLOW	VIM	VMA	VFB	MQ
Resin <i>Epoxy</i> 0% Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	1209,01	3,33	4,78	15,81	69,77	362,70
Resin <i>Epoxy</i> 2% Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	1346,47	3,45	4,64	16,25	71,43	390,28
Resin <i>Epoxy</i> 4% Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	1357,13	3,47	4,92	16,79	70,70	391,48
Resin <i>Epoxy</i> 6% Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	1334,66	3,52	4,55	16,22	71,95	379,52
Resin <i>Epoxy</i> 8% Serat Baja <i>Dramix</i> 4%	1255,92	3,57	4,49	16,25	72,43	352,13

Setelah dihitung rata-rata yang tertera pada **Tabel 4.50.**, selanjutnya dapat dibuat grafik parameter *Marshall* yang dapat dilihat pada **Grafik 4.5.**



Grafik 4.5. Pengujian *Marshall* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4%

Dari nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* dengan variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4%, sesuai Spesifikasi Bina Marga. Hasil analisa seperti ditunjukkan pada **Tabel 4.49.** dan **Grafik 4.5.** diperoleh nilai karakteristik yang memenuhi syarat untuk VMA >15% pada semua variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4%, VFB > 65% pada Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat

Baja *Dramix* 4% dan VIM 3,5% - 5,5% pada Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4%.

4.6.7. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Marshall

Berdasarkan perhitungan analisa *Marshall* pada campuran aspal modifikasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, dan 4% yang tertera dalam **Tabel 4.45. - 4.50.**, maka dapat dibuat rekapitulasi sebagai berikut:

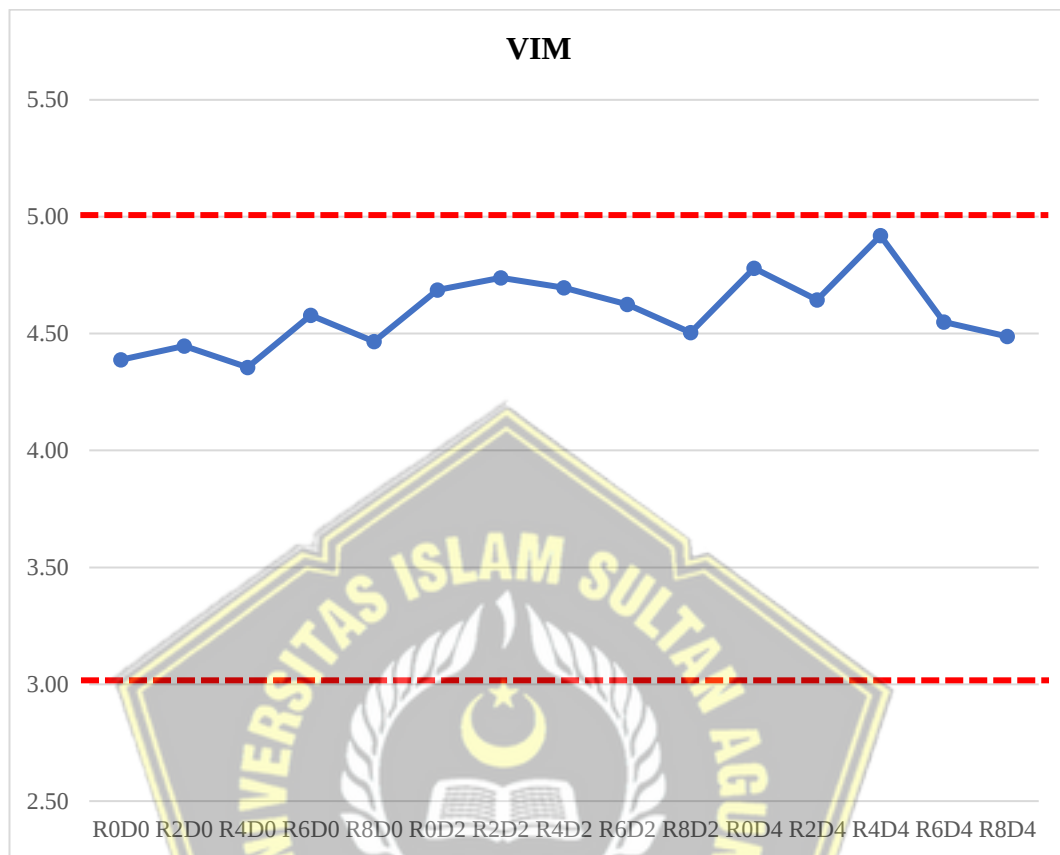
a. Nilai *Void in the Mix* (VIM)

Menurut Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, Nilai VIM campuran aspal normal ideal berada di antara 3,5 - 5,5%. Sedangkan untuk campuran aspal modifikasi Nilai VIM ideal berada di antara 3 - 5%. Pada **Tabel 4.51.** menyajikan rekapitulasi nilai VIM Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, dan 4%.

Tabel 4.51. Rekapitulasi Nilai *Void in the Mix* (VIM)

No Benda Uji	% Rongga dalam Camp (VIM)
R0D0	4.39
R2D0	4.45
R4D0	4.36
R6D0	4.58
R8D0	4.47
R0D2	4.69
R2D2	4.74
R4D2	4.70
R6D2	4.62
R8D2	4.50
R0D4	4.78
R2D4	4.64
R4D4	4.92
R6D4	4.55
R8D4	4.49

Dari hasil rekapitulasi yang tertera pada Tabel 4.51. maka selanjutnya dibuat grafik perhitungan Nilai *Void in the Mix* (VIM) yang tertera pada **Grafik 4.6.**



Grafik 4.6. Nilai VIM Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, dan 4%

Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 6 terkait dengan campuran aspal modifikasi, Nilai VIM harus berada di antara 3 – 5% sehingga hasil perhitungan VIM yang tertera pada grafik di atas dianggap telah memenuhi syarat tersebut dengan Nilai VIM tertinggi berada pada variasi Resin *Epoxy* 2% dengan Serat Baja *Dramix* 4%. Sedangkan Nilai VIM terendah berada pada variasi Resin *Epoxy* 4% dengan Serat Baja *Dramix* 0%.

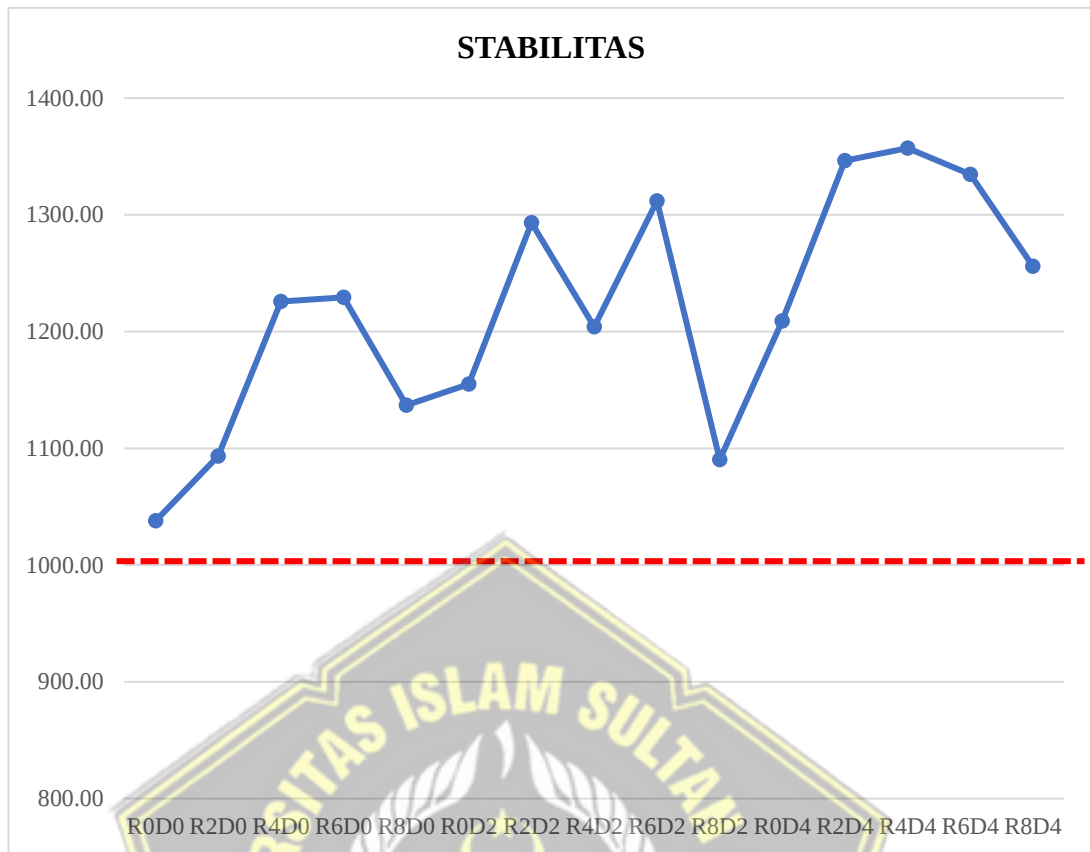
b. Nilai Stabilitas

Menurut Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, Nilai Stabilitas campuran aspal normal ideal tidak boleh kurang dari 800 gram. Sedangkan untuk campuran aspal modifikasi Nilai Stabilitas ideal tidak boleh kurang dari 1000 gram. Pada **Tabel 4.52.** menyajikan rekapitulasi Nilai Stabilitas Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, dan 4%.

Tabel 4.52. Rekapitulasi Nilai Stabilitas

No Benda Uji	Stabilitas (kg)
R0D0	1037.87
R2D0	1093.42
R4D0	1225.77
R6D0	1229.32
R8D0	1136.87
R0D2	1155.10
R2D2	1293.14
R4D2	1203.94
R6D2	1311.74
R8D2	1090.27
R0D4	1209.01
R2D4	1346.47
R4D4	1357.13
R6D4	1334.66
R8D4	1255.92

Dari hasil rekapitulasi yang tertera pada **Tabel 4.52.** maka selanjutnya dibuat grafik perhitungan Nilai Stabilitas yang tertera pada **Grafik 4.7.**



Grafik 4.7. Nilai Stabilitas Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, dan 4%

Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 6 terkait dengan campuran aspal modifikasi, Nilai Stabilitas berada pada minimal 1000 kg sehingga hasil perhitungan Stabilitas yang tertera pada grafik di atas dianggap telah memenuhi syarat tersebut dengan Nilai Stabilitas tertinggi berada pada variasi Resin *Epoxy* 2% dengan Serat Baja *Dramix* 4%. Sedangkan Nilai Stabilitas terendah berada pada variasi Resin *Epoxy* 0% dengan Serat Baja *Dramix* 0%.

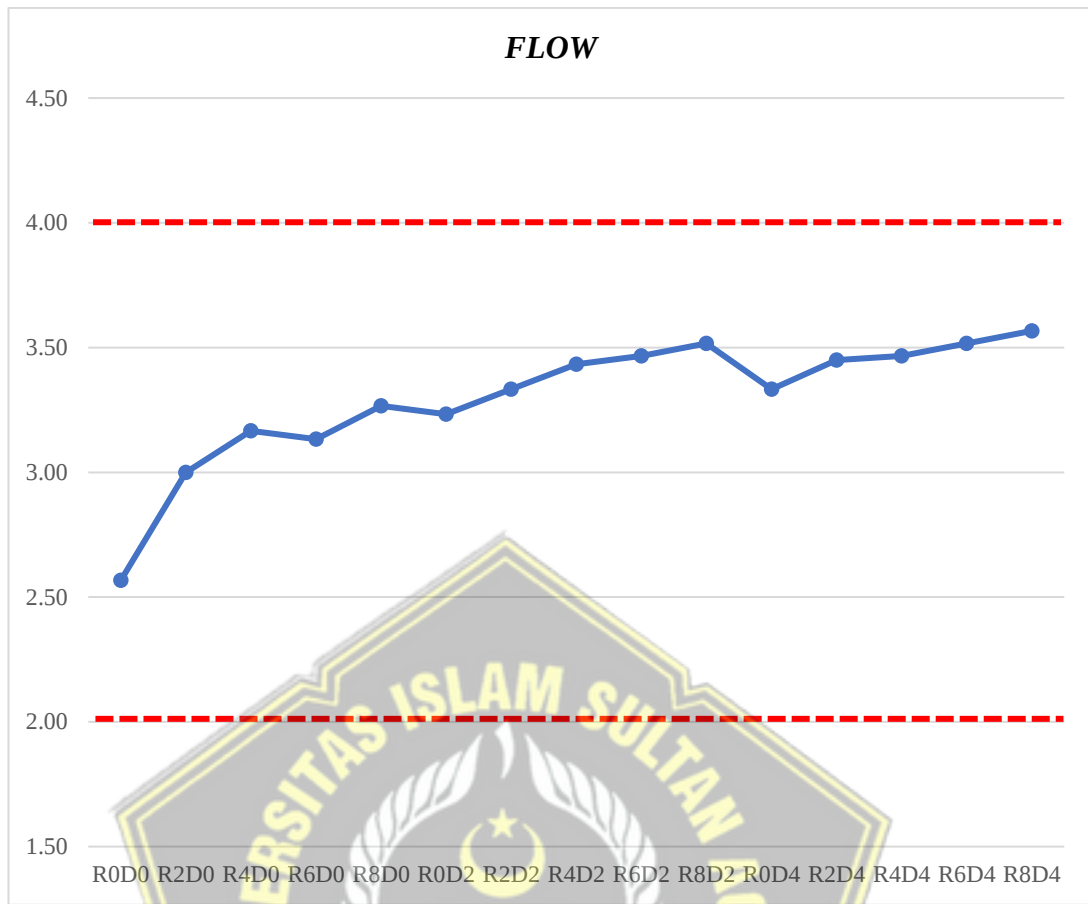
c. Nilai *Flow*

Menurut Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, Nilai *Flow* campuran aspal normal ideal berada di antara 3 - 5 mm. Sedangkan untuk campuran aspal modifikasi Nilai *Flow* ideal berada di antara 2 - 4 mm. Pada **Tabel 4.53.** menyajikan rekapitulasi Nilai *Flow* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, dan 4%.

Tabel 4.53. Rekapitulasi Nilai *Flow*

No Benda Uji	<i>Flow</i> (mm)
R0D0	2.57
R2D0	3.00
R4D0	3.17
R6D0	3.13
R8D0	3.27
R0D2	3.23
R2D2	3.33
R4D2	3.43
R6D2	3.47
R8D2	3.52
R0D4	3.33
R2D4	3.45
R4D4	3.47
R6D4	3.52
R8D4	3.57

Dari hasil rekapitulasi yang tertera pada **Tabel 4.53.** maka selanjutnya dibuat grafik perhitungan Nilai *Flow* yang tertera pada **Grafik 4.8.**



Grafik 4.8. Nilai *Flow* Variasi Resin *Epoxy* 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dengan Serat Baja *Dramix* 0%, 2%, dan 4%

Berdasarkan syarat spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 6 terkait dengan campuran aspal modifikasi, Nilai *Flow* harus berada di antara 2 - 4 mm sehingga hasil perhitungan *Flow* yang tertera pada grafik di atas dianggap telah memenuhi syarat tersebut dengan Nilai *Flow* tertinggi berada pada variasi Resin *Epoxy* 8% dengan Serat Baja *Dramix* 4%. Sedangkan Nilai *Flow* terendah berada pada variasi Resin *Epoxy* 0% dengan Serat Baja *Dramix* 0%.

4.6.8. Pengujian Ekstraksi Kadar Aspal

Ekstraksi kadar aspal adalah proses yang digunakan untuk menentukan jumlah aspal dalam campuran perkerasan jalan atau bahan lain yang mengandung aspal. Tujuan dari pengujian ini untuk menentukan kadar bitumen dalam campuran bitumen dengan menggunakan alat *centrifuge extractor*.

Tabel 4.54. Hasil Pengujian Ekstraksi

No	Pengujian Material	Rumus	Berat		Satuan
			I	II	
A	Berat Cawan		252	260	gr
B	Berat Aspal+Cawan Sebelum		452	460	gr
C	Berat Aspal+Cawan Sesudah		445,4	453,46	gr
D	Berat Sebelum Ekstraksi	(B-A)	200	200	gr
E	Berat Sesudah Ekstraksi	(C-A)	193,4	193,46	gr
F	Berat Kertas		5	5	gr
G	Berat Total Mineral	(C-A-F)	188,4	188,46	gr
H	Berat Aspal dalam Campuran	(D-G)	11,6	11,54	gr
I	Persen Aspal dalam Campuran	(H/D x 100)	5,80	5,77	gr
Rata - Rata			5,80		gr

Berdasarkan **Tabel 4.54.** hasil dari pengujian kadar aspal ekstraksi sebesar 5,80% untuk campuran modifikasi Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*. Hasil ini dianggap memenuhi karena nilai KAO tersebut telah memenuhi syarat karakteristik *Marshall* sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 6 terkait dengan campuran aspal modifikasi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada pengujian Laston AC-WC dengan penambahan Resin Epoxy dan Serat Baja Dramix telah didapatkan hasil penelitian dan analisis data. Berdasarkan tujuan penelitian maka kesimpulan yang didapatkan antara lain:

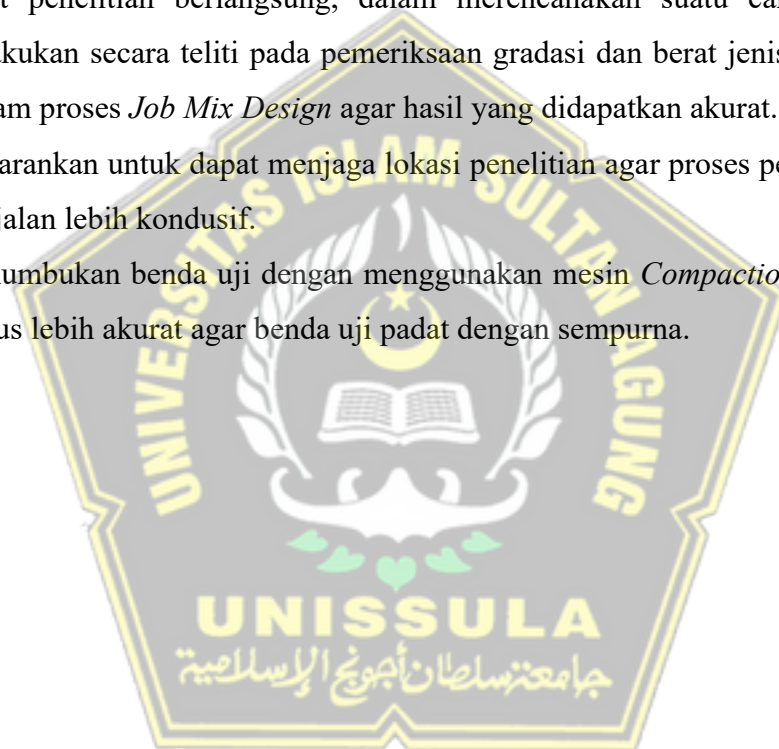
1. Pada penelitian dengan Job Mix Design komposisi Resin Epoxy 0%, 2%, 4%, 6%, dan 8% dengan Serat Baja Dramix 0%, 2% dan 4% didapatkan bahwa semua hasil yang telah dilakukan penelitian memenuhi pada spesifikasi Bina Marsga Tahun 2018 Revisi ke-2 sehingga komposisi ini dapat diaplikasikan pada perkerasan jalan.
2. Dari hasil tes *Marshall* yang telah dilakukan, parameter *Marshall* yang didapatkan yaitu Nilai *Void in Mineral Aggregate* (VIM), *Void in The Mix* (VMA), Stabilitas tertinggi didapatkan pada variasi Resin Epoxy 4% dan Serat Baja Dramix 4% masing-masing sebesar 4,92%; 16,79%; 1357,13 kg. Nilai *Void Filled with Bitumen* (VFB) dan *Flow* tertinggi didapatkan pada variasi Resin Epoxy 8% dan Serat Baja Dramix 4% dengan nilai sebesar 72,43% dan 3,57 mm.

5.2. Saran

Setelah peneliti melakukan penelitian, adalah beberapa saran yang peneliti sampaikan untuk dipertimbangkan dalam penelitian selanjutnya:

1. Disarankan saat melakukan pengujian lebih lanjut terhadap variasi komposisi Resin Epoxy dan Serat Baja Dramix dalam campuran aspal untuk menemukan kombinasi yang paling optimal.
2. Sebelum melakukan pengujian, disarankan untuk dapat melakukan penelitian lanjutan mengenai sifat-sifat kimia serta reaksi kimia yang terjadi akibat penambahan Resin Epoxy dan Serat Baja Dramix terhadap nilai stabilitas serta kuat tarik campuran aspal.

3. Disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan jenis Resin *Epoxy* lainnya, serta variasi ukuran dan distribusi Serat Baja *Dramix* untuk melihat apakah ada perbedaan yang signifikan atau tidak.
4. Dalam penelitian ini dikhususkan pada campuran AC-WC sehingga dapat disarankan untuk melakukan penelitian pada jenis *hot-mix* lain dengan komposisi penambahan Resin *Epoxy* dan Serat Baja *Dramix*.
5. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian selain *Marshall Test* seperti pengujian permeabilitas, uji ketahanan friksi campuran serta melakukan uji perendaman.
6. Saat penelitian berlangsung, dalam merencanakan suatu campuran harus dilakukan secara teliti pada pemeriksaan gradasi dan berat jenis agregat serta dalam proses *Job Mix Design* agar hasil yang didapatkan akurat.
7. Disarankan untuk dapat menjaga lokasi penelitian agar proses penelitian dapat berjalan lebih kondusif.
8. Penumbukan benda uji dengan menggunakan mesin *Compaction* atau manual harus lebih akurat agar benda uji padat dengan sempurna.



DAFTAR PUSTAKA

- Abd El Rahman, A. M. M., EL-Shafie, M., & El Kholy, S. A. (2012). Modification of local asphalt with epoxy resin to be used in pavement. *Egyptian Journal of Petroleum*, 21(2), 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2012.11.006>
- Andry, J., Pratikso, P., & Mudiyo, R. (2023, May). Perilaku Aspal Wearing Course terhadap Pengaruh Rendaman Air Pasang (ROB) dengan Bahan Tambah Polyethylene dan Fine Agregat Slag. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil UMS* (pp. 187-192).
- Asya Aldin, M. (2024). Pengaruh Penambahan Bahan Polymer Thermosetting Sebagai Bahan Additive pada Campuran Beton Aspal AC-WC. *Syntax Idea*, 6(2), 938–951. <https://doi.org/10.46799/syntax-idea.v6i2.2868>
- Bancin, E. D. L., Lubis, K., & Mahda, N. (2021). Pengaruh Penggunaan Tanah Merah Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Ac-Bc Terhadap Nilai Marshall. *Journal of Civil Engineering Building and Transportation*, 5(1), 17–25. <https://doi.org/10.31289/jcebt.v5i1.5072>
- Chen, Y., Hossiney, N., Yang, X., Wang, H., & You, Z. (2021). Application of Epoxy-Asphalt Composite in Asphalt Paving Industry: A Review with Emphasis on Physicochemical Properties and Pavement Performances. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/3454029>
- Dwi Sampurno, A., Satyarno, I., & Taufik Mulyono, A. (2019). Pengaruh Serat Baja (Dramix) Terhadap Kuat Lentur Pada Roller Compacted Concrete (Rcc). *INERSIA: LNformasi Dan Ekspose Hasil Riset Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 15(1), 43–53. <https://doi.org/10.21831/inersia.v15i1.24862>
- Hindarso, H., Epriliati, I., Ayucitra, A., & Budi, G. S. (2024). PEMANFAATAN LIMBAH KARET PT. SUMBER LANCAR CEMERLANG MENJADI PRODUK ASPAL KARET. *PeKA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(1), 19-29.
- Indonesia, L. B., Kartolo, J., & Course, A. C.-W. (2016). *BAB I*. 1–4.
- Iskandar, A., Arlini, I., Syafier, S., & Mulyawati, F. (2022). Studi Eksperimental Pengaruh Penggunaan Karet Alam Pada Pen 60/70 Terhadap Karakteristik Aspal. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur*, 8(2), 1–7. <https://doi.org/10.31943/jri.v8i2.172>

- Johannes, D., Mangundap, K., Sugiharto, H., & Wijaya, G. B. (2017). Pengaruh penambahan serat baja 4D dramix terhadap kuat tekan, tarik belah, dan lentur pada beton. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 6(2), 40–47.
- Kartolo, J., Putra, A. S., Yosuanita, D., & Sebayang, E. M. (2016). Pengaruh Penambahan Dempul Epoxy pada Campuran Beton Aspal. *Jurnal Teknik Dan Ilmu Komputer*, 5(20), 385–392.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2019). Perancangan dan Pelaksanaan Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus (Laston) Menggunakan Slag. *Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan Dan Rekayasa Sipil, Pd 05-2018-B SE*, 1–42.
- Lebang, N. L., & Lewaherilla, N. M. Y. (2021). Analisa Stabilitas Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Dan Karet Alam Sebagai Material Perkerasan Jalan. *Pharmacognosy Magazine*, 75(17), 399–405.
- Luo, Z., Liu, T., Wu, Y., Yuan, H., Qian, G., Meng, X., & Cai, J. (2021). Study on Epoxy Resin-Modified Asphalt Binders with Improved Low-Temperature Performance. *Advances in Civil Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5513338>
- Masdiana, M., Prasetya, M. S., Sulha, S., Mursidi, B., Machmud, S., & Lewikinta, A. B. (2021). Studi Pengaruh Limbah Plastik Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Mortar. *Rekayasa Sipil*, 15(3), 222–227. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasisipil.2021.015.03.9>
- Maulana, R. G., Arroffif, Z., Warsiti, W., Kusdiyono, K., & Risman, R. (2018). Meningkatkan Karakteristik Marshall Dengan Menambah Serbuk Ban Bekas Ke Dalam Campuran Laston AC-WC. *Bangun Rekaprima*, 4(2), 11. <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v4i2.1197>
- Mudiyono, R., Andry, J., & Azizah, N. U. (2024). The Volumetric Properties Modified Asphalt Concrete Wearing Course with the Addition of Epoxy Resin and Steel Fiber for Road Pavement. *Civil Engineering and Architecture*, 12(4), 3013–3023. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.120438>
- Nur, N. K., Mahyuddin, M., Bachtiar, E., Tumpu, M., Mukrim, M. I., Irianto, I., ... & Syukriah, S. (2021). Perancangan Perkerasan Jalan.

- Pangemanan, V. C., Kaseke, O. H., & Manoppo, M. R. E. (2015). Beraspal Panas Terhadap Stabilitas Dan Kelelahan (Flow). *Sipil Statik*, 3(2), 85–90. <https://ejournal.unsra.ac.id/v3/index.php/jss/article/view/6862><https://ejournal.unsra.ac.id/v3/index.php/jss/article/download/6862/6389>
- PRASTANTO, H., SAILAH, I., SUPARNO, O., & HERMADI, M. (n.d.). *PENGUKURAN TINGKAT KESIAPAN TEKNOLOGI (TKT) PENERAPAN ASPAL KARET DI INDONESIA*.
- Purnamasari, E., Adawiyah, R., Gazali, A., & Bororing, M. A. (2023). Komparasi Antara Sifat Aspal Karet Dengan Aspal Murni Pada Lapis Perkerasan Ac-Wc Menggunakan Agregat Kalimantan Selatan. *Konferensi Nasional Teknik Sipil Ke-17, November*, 16–17.
- Rochaeti, Utami, R., & Febrianty, L. (2018). Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing Course dengan Modifikasi Karet Alam Padat SIR 20. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 615–623.
- Saifulloh, R., Prima, Y., & Rumbyarso, A. (2024). 2024 Madani : Jurnal Ilmiah Multidisipline Analisis Pengaruh Penggunaan Limbah Cangkang Siput Pada Campuran Asphalt Concrete - Wearing Course (AC - WC) 2024 Madani : Jurnal Ilmiah Multidisipline. 2(8).
- SNI 06-2489-1991. (1991). Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall. *Badan Standardisasi Nasional*, 1, 7.
- SNI 2489:2018. (2018). SNI 2489:2018 Metode uji stabilitas dan pelelehan campuran beraspal panas dengan menggunakan alat Marshall. *Badan Standarisasi Nasional*.
- Sugiyartanto. (2018). Spesifikasi Umum 2018. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, September*, 1–1013.
- Sukirman, S. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. In *Nova Bandung*.
- Tommy Alparizia, M., Aswad, N. H., One, L., Jurusan Teknik Sipil, D., Teknik, F., Halu Oleo, U., Jurusan Teknik Sipil, M., Halu Oleo Koresponden Author, U., & Diperbaiki Disetujui, D. (2022). *STABILITA || Jurnal Ilmiah Teknik Sipil OPTIMALISASI CAMPURAN LAPIS TIPIS ASPAL BETON GRADASI SENJANG MENGGUNAKAN ASBUTON*. 10, 1–9.

- Vyrozhemskyi, V., Kopynets, I., Kischynskyi, S., & Bidnenko, N. (2017). Epoxy asphalt concrete is a perspective material for the construction of roads. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 236(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/236/1/012022>
- Wahjoedi. (2009). Karakteristik Marshall dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada Campuran Butonite Mastic Asphalt (BMA). *Jurnal Teknik Sipil Dan Perencanaan*, 11(2), 121–130.
- Widianto, B. W., & Faishal, M. I. (2021). Perubahan Karakteristik Aspal Pen 60/70 dengan Substitusi Getah Karet Alam Pangkalan Balai, Sumatera Selatan. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 6(3), 143. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v6i3.143>

