

TUGAS AKHIR

ANALISA ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE (AC – WC) MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN RESIN EPOXY DAN SERAT BAJA DRAMIX UNTUK PERKERASAN JALAN

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



Disusun Oleh :

**Nisa Ul Azizah
NIM : 30202000274**

**Carlen Rama Riska Ricardo
NIM : 30202000280**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE (AC-WC) MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN RESIN EPOXY DAN SERAT BAJA DRAMIX UNTUK PERKERASAN JALAN



Nisa Ul Azizah
NIM : 30202000274



Carlen Rama Riska Ricardo
NIM : 30202000280

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 2024

Tim Penguji

1. **Ir. Rachmat Mudyono, MT., Ph. D.**
NIDN: 0612106701
2. **Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT.**
NIDN: 0611118903
3. **Lisa Fitriyana, ST., M. Eng.**
NIDN: 0631128901

Tanda Tangan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nomor: 03 / A.2 / SA – T / VIII / 2023

Pada hari ini tanggal 30-1-2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Ir. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D.
Jabatan Akademik : Kepala Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT.
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

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

Nisa Ul Azizah
NIM : 30202000274

Carlen Rama Riska Ricardo
NIM : 30202000280

Judul : Analisa *Asphalt Concrete Wearing Coarse (Ac-Wc)* Modifikasi Dengan Penambahan Resin *Epoxy* Dan Serat Baja *Dramix* Untuk Perkerasan Jalan Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	26/07/2023	
2	Seminar Proposal	15/08/2023	ACC
3	Pengumpulan data	16/08/2023	
4	Analisis data	26/10/2023	
5	Penyusunan laporan	29/07/2023	
6	Selesai laporan	26/12/2023	ACC

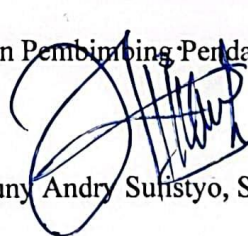
Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama



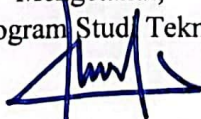
Ir. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D.

Dosen Pembimbing Pendamping



Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil



Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

1. NAMA : NISA UL AZIZAH
NIM : 30202000274
2. NAMA : CARLEN RAMA RISKA RICARDO
NIM : 30202000280

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

“ANALISA ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE (AC-WC) MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN RESIN EPOXY DAN SERAT BAJA DRAMIX 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, 2024

Yang membuat pernyataan 1

Yang membuat pernyataan 2

Nisa Ul Azizah
NIM: 30202000274



Carlen Rama Riska Ricardo
NIM: 30202000280

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

1. NAMA : NISA UL AZIZAH
NIM : 30202000274
2. NAMA : CARLEN RAMA RISKA RICARDO
NIM : 30202000280

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISA *ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE* (AC-WC) MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN RESIN *EPOXY* DAN SERAT BAJA *DRAMIX* 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 ijasah 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, 2024

Yang membuat pernyataan 1 Yang membuat pernyataan 2

Nisa Ul Azizah
NIM: 30202000274



Carlen Rama Riska Ricardo
NIM: 30202000280

MOTTO

“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”

(Q.S. Ali ‘Imran Ayat 110)

“Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”

(QS. Ar Ra’ad Ayat 11)

“Dan bahwasannya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya”

(QS. AN Najm Ayat 39)

“Barangsiapa yang mengerjakan kebaikan sekecil apa pun, niscaya dia akan melihat (balasan) nya”

(Q.S Al Zalzalah Ayat 7)

Nisa Ul Azizah

NIM : 30202000274

MOTTO

“Kami wasiatkan kepada manusia agar berbuat baik kepada kedua orang tuanya. Ibunya telah mengandungnya dengan susah payah dan melahirkannya dengan susah payah (pula). Mengandung sampai menyapihnya itu selama tiga puluh bulan. Sehingga, apabila telah dewasa dan umurnya mencapai empat puluh tahun, dia (anak itu) berkata, "Wahai Tuhanku, berilah petunjuk agar aku dapat mensyukuri nikmat-Mu yang telah Engkau anugerahkan kepadaku dan kepada kedua orang tuaku, dapat beramal saleh yang Engkau ridai, dan berikanlah kesalehan kepadaku hingga kepada anak cucuku. Sesungguhnya aku bertobat kepada-Mu dan sesungguhnya aku termasuk orang-orang muslim”

(Q.S. Al-Ahqaf Ayat 15)

“Jadilah baik. Sesungguhnya Allah menyukai orang-orang yang berbuat baik.”

(Q.S Al Baqarah Ayat 195)

“Bersemangatlah atas hal-hal yang bermanfaat bagimu. Minta tolonglah pada Allah, jangan engkau lemah.”

(HR. Muslim)

Carlen Rama Riska Ricardo

NIM: 30202000280

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua orang tua saya, Bapak Kusnul Fuadi dan Ibu Noor Indah, serta ketiga kakak saya Arianto Anggoro, Noor Aini, dan Habiburrahman serta keluarga besar saya yang sudah memberikan semangat, motivasi, dukungan materil, pendidikan mental, dan doa disetiap langkah yang saya lewati, sehingga saya bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Rachmat Mudiyono, MT., Ph.D. dan Bapak Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT. selaku dosen pembimbing saya yang telah sabar memberikan saya ilmu dalam pembuatan laporan ini.
3. Dosen dan Staf Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang yang telah memberi ilmu serta arahan kepada saya.
4. Carlen Rama Riska Ricardo selaku rekan saya yang telah berjuang, bekerja keras bersama dan sabar dalam menyusun Tugas Akhir ini.
5. Teman-teman seperjuangan saya khususnya teman-teman Kontrakan Shopee Ova, Wiwit, Sari dan Rosya yang selalu memberikan semangat, motivasi serta dukungannya.
6. Teman-teman Angkatan 2020 Fakultas Teknik khususnya kelas Sipil C dan seluruh keluarga besar Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Nisa Ul Azizah

30202000274

PERSEMBAHAN

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

1. Mama dan Papa saya (Ibu Sisriani dan Bapak David Ricardo) yang setiap saat selalu mendoakan jejak langkah saya. Terima kasih telah selalu mendukung dan menyemangati saya. Terima kasih telah selalu memberikan kasih sayang yang tulus untuk saya selama ini. Dan terima kasih juga telah selalu mengarahkan ketika saya mulai buta arah. Terima kasih atas segalanya.
2. Bapak Ir. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D. dan Bapak Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT. dosen pembimbing saya yang telah sabar memberikan saya ilmu dalam pembuatan laporan ini.
3. Rekan tugas akhir saya sekaligus teman yang selalu menemani saya dari awal masa perkuliahan, Nisa Ul Azizah, terima kasih telah selalu bersabar menghadapi saya selama ini, terima kasih atas semua bantuannya, dan terima kasih telah bekerja sama dengan baik untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Teman-teman dekat saya Opa, Wiwit, Eli, Nopi, Sari, dan Rosya yang selalu mendukung dan membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Panutan saya, Tay Tawan Vihokratana dan New Thitipoom Techaapaikhun yang selalu menjadi penghibur yang pembangkit semangat saya ketika lelah.
6. Teman-teman semua dari Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil angkatan 2020 khususnya Sipil C yang telah memberikan semangat dan motivasi dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Terakhir untuk diri saya sendiri. Carlen, terima kasih karena sudah dapat bertahan sampai selama ini, terima kasih telah selalu terus melangkah maju hingga dapat sampai pada titik sejauh ini, terima kasih telah selalu berusaha kuat dan pantang menyerah. Maaf dan terima kasih.

Carlen Rama Riska Ricardo

30202000280

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisa *Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC)* Modifikasi Dengan Penambahan Resin *Epoxy* Dan Serat Baja *Dramix* Untuk Perkerasan Jalan” guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

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

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
2. Bapak Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
3. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing utama yang telah memberikan arahan, ilmu serta bimbingan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Dr. Juny Andry Sulisty, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah memberikan arahan, ilmu serta bimbingan dalam pembuatan Laporan Tugas Akhir ini;
5. Kakak tingkat yang telah memberikan referensi Laporan Tugas Akhir;
6. Teman-teman angkatan 2020 Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang;
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyesuaian Tugas Akhir ini.

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

Semarang,

2024

Penulis

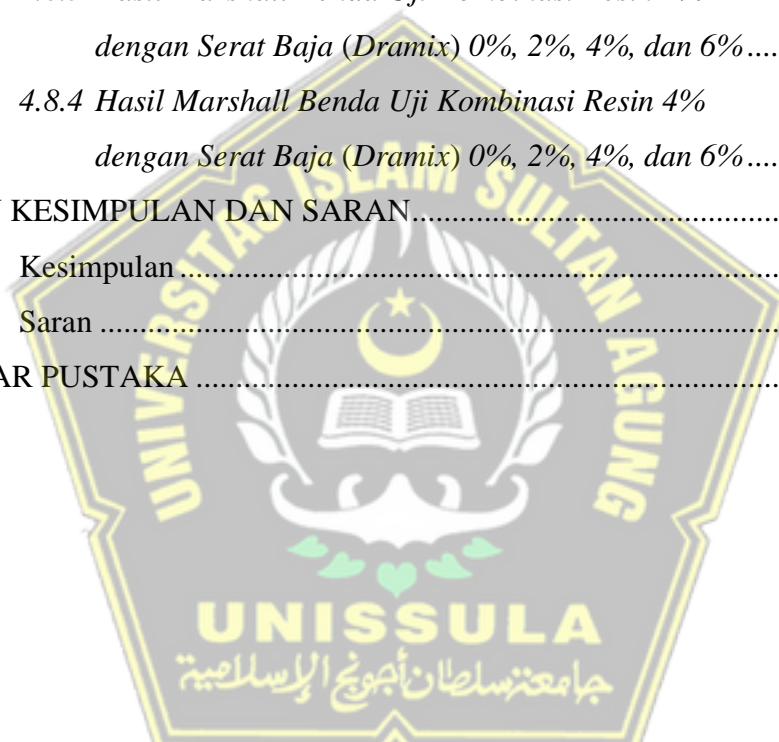
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
MOTTO.....	vi
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR GAMBAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR TABEL LAMPIRAN	xxi
ABSTRAK	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Pendahuluan.....	5
2.2 Karakteristik Beton Aspal (AC-WC).....	5
2.2.1 Stabilitas.....	6

2.2.2	<i>Keawetan atau Durabilitas</i>	7
2.2.3	<i>Kelenturan atau fleksibilitas</i>	8
2.2.4	<i>Ketahanan terhadap kelelahan (fatigue resistance)</i>	8
2.2.5	<i>Kekesatan atau tahanan geser (skid resistance)</i>	8
2.2.6	<i>Kedap air (impermeabilitas)</i>	8
2.2.7	<i>Mudah dilaksanakan (workability)</i>	9
2.3	<i>Serat Baja Dramix</i>	9
2.4	<i>Epoxy Resin</i>	9
2.5	<i>Agregat</i>	10
2.5.1	<i>Agregat Kasar</i>	11
2.5.2	<i>Agregat Halus</i>	12
2.5.3	<i>Bahan Pengisi (Filler) Untuk Campuran Beraspal</i>	12
2.6	<i>Gradasi Agregat</i>	13
2.7	<i>Perencanaan Gradasi Campuran</i>	14
2.8	<i>Pengujian Marshall</i>	15
2.8.1	<i>Berat Jenis Bulk Dari Total Agregat</i>	16
2.8.2	<i>Berat Jenis Semu dari Total Agregat</i>	17
2.8.3	<i>Berat Jenis Efektif Agregat</i>	17
2.8.4	<i>Berat Jenis Maksimum Campuran</i>	17
2.8.5	<i>Berat Jenis Bulk Campuran Padat</i>	18
2.8.6	<i>Kepadatan (density)</i>	18
2.8.7	<i>VIM (Void In the Mix)</i>	18
2.8.8	<i>VMA (Void in Mineral Aggregate)</i>	19
2.8.9	<i>VFA (Void Filled with Asphalt)</i>	19
2.8.10	<i>Stabilitas Dan Kelelahan (Flow)</i>	19
2.9	<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	21

2.10	Peneliti Terdahulu.....	22
2.11	Rencana Penelitian.....	31
2.12	Kerangka Berpikir.....	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		33
3.1	Pendekatan.....	33
3.2	Alat dan Bahan Pengujian.....	33
3.3	Keperluan dan Analisis Data.....	34
	3.3.1 Keperluan Data.....	34
	3.3.2 Analisis Data.....	34
3.4	Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji.....	35
3.5	Rancangan Campuran.....	37
3.6	Tahap Pengujian <i>Marshall</i>	38
3.5	Tahapan penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Pendahuluan.....	41
4.2	Pembuatan Benda Uji Dengan Kadar Aspal.....	42
4.3	Pembuatan Benda Uji Dengan Bahan Tambah Resin dan Serat Baja <i>Dramix</i>	43
4.4	Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>).....	50
4.5	Pengujian Laboratorium.....	51
	4.5.1 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal <i>Pertamina Pen 60/70</i>	51
	4.5.2 Pengujian <i>Gradasi Aggregate Hot Bin II</i>	52
	4.5.3 Pengujian <i>Gradasi Aggregate Hot Bin III</i>	53
	4.5.4 Pengujian <i>Gradasi Aggregate Hot Bin IV</i>	54
	4.5.5 Pengujian <i>Pasir</i>	55
	4.5.6 Pengujian <i>Filler (Semen)</i>	56
	4.5.7 Hasil Perhitungan Kombinasi Agregat.....	57
4.6	Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (AASHTO-209s).....	59

4.6.1	<i>Berat Jenis Dengan Campuran Komposisi Normal</i>	59
4.7	Pengujian Kadar Aspal Dan Ekstraksi (SNI 03-3640-1994)	59
4.7.1	<i>Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)</i>	60
4.7.2	<i>Ringkasan Hasil Pegujian AC-WC</i>	62
4.8	Hasil Pemeriksaan Pengujian <i>Marshall</i>	63
4.8.1	<i>Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Resin 0% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%</i>	63
4.8.2	<i>Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Resin 2% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%</i>	69
4.8.3	<i>Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Resin 4% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%</i>	74
4.8.4	<i>Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Resin 4% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%</i>	79
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		85
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		xxvi



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Ketentuan Agregat Kasar	11
Tabel 2.2. Persyaratan Agregat Halus.....	12
Tabel 2.3. Ukuran Ayakan	13
Tabel 2.4. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	14
Tabel 2.5. Faktor koreksi stabilitas	20
Tabel 2.6. Tabel Penelitian Terdahulu.....	23
Tabel 3.1. Rencana Campuran Penelitian.....	36
Tabel 4.1. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Kadar Aspal 4,5%.....	42
Tabel 4.2. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Kadar Aspal 5%.....	42
Tabel 4.3. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Kadar Aspal 5,5%.....	42
Tabel 4.4. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Kadar Aspal 6%.....	43
Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) Kadar Aspal 6,5%.....	43
Tabel 4.6. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 0% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%	44
Tabel 4.7. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 0% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 2%	44
Tabel 4.8. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 0% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 4%	44
Tabel 4.9. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 0% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 6%	45
Tabel 4.10. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 2% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%	45
Tabel 4.11. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 2% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 2%	45
Tabel 4.12. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 2% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 4%	46
Tabel 4.13. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 2% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 6%	46
Tabel 4.14. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 4% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%	47
Tabel 4.15. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 4%	

dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 2%	47
Tabel 4.16. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 4% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 4%	47
Tabel 4.17. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 4% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 6%	48
Tabel 4.18. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 6% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%	48
Tabel 4.19. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 6% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 2%	48
Tabel 4.20. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 6% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 4%	49
Tabel 4.21. Rancangan Campuran Aspal (<i>Job Mix Design</i>) dengan Resin 6% dan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 6%	49
Tabel 4.22. Pembuatan Benda Uji.....	50
Tabel 4.23. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Pen 60/70	51
Tabel 4.24. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin II (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	52
Tabel 4.25. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin III (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	53
Tabel 4.26. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin IV (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	54
Tabel 4.27. Hasil Analisa Pembagian Butiran Pasir (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	55
Tabel 4.28. Hasil Analisa Pembagian Butiran Filler Semen (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	56
Tabel 4.29. Perhitungan Kombinasi Agregat (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	57
Tabel 4.30. Spesifikasi Batas Kombinasi Lolos Saringan (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	57
Tabel 4.31. Pemeriksaan Berat Jenis Campuran Maksimum GMM Campuran Komposisi Normal.....	59
Tabel 4.32. Hasil Pengujian Kadar Aspal	60

Tabel 4.33. Data Hasil Pengujian Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	61
Tabel 4.34. Hasil <i>Marshall</i> Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	64
Tabel 4.35. Rekap Hasil Rata-Rata <i>Marshall</i> Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	67
Tabel 4.36. Hasil <i>Marshall</i> Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	69
Tabel 4.37. Rekap Hasil Rata-Rata <i>Marshall</i> Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	72
Tabel 4.38. Hasil <i>Marshall</i> Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	74
Tabel 4.39. Rekap Hasil Rata-Rata <i>Marshall</i> Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	77
Tabel 4.40. Hasil <i>Marshall</i> Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	79
Tabel 4.41. Rekap Hasil Rata-Rata <i>Marshall</i> Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	83



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Satu Set Ayakan	13
Gambar 2.2. Alat <i>Marshall</i>	15
Gambar 2.3. Diagram Alur Kerangka Berfikir	32
Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian	40
Gambar 4.1. Pengambilan Agregat Material.....	41
Gambar 4.2. Aspal Pen 60/70	41
Gambar 4.3. Kombinasi Agregat	58
Gambar 4.4. Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	62
Gambar 4.5. VIM untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	64
Gambar 4.6. VMA untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	65
Gambar 4.7. VFB untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	65
Gambar 4.8. Stabilitas untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	66
Gambar 4.9. <i>Flow</i> untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	66
Gambar 4.10. <i>Marshall</i> Quotient untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	67
Gambar 4.11. VIM untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	69
Gambar 4.12. VMA untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	70
Gambar 4.13. VFB untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	70
Gambar 4.14. Stabilitas untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	71
Gambar 4.15. <i>Flow</i> untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	71
Gambar 4.16. <i>Marshall</i> Quotient untuk Komposisi Resin 2% dengan	

Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	72
Gambar 4.17. VIM untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	74
Gambar 4.18. VMA untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	75
Gambar 4.19. VFB untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	75
Gambar 4.20. Stabilitas untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	76
Gambar 4.21. <i>Flow</i> untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	76
Gambar 4.22. <i>Marshall</i> Quotient untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	77
Gambar 4.23. VIM untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	79
Gambar 4.24. VMA untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	80
Gambar 4.25. VFB untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	80
Gambar 4.26. Stabilitas untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	81
Gambar 4.27. <i>Flow</i> untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	81
Gambar 4.28. <i>Marshall</i> Quotient untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (<i>Dramix</i>) 0%, 2%, 4%, dan 6%	82

DAFTAR GAMBAR LAMPIRAN

Gambar 1.1. Pengujian Analisa Saringan Agregat.....	87
Gambar 1.2. Pengujian Berat Jenis Agregat	87
Gambar 1.3. Pengujian Keausan Agregat (Abrasi)	87
Gambar 1.4. Pengujian Penetrasi Aspal.....	88
Gambar 1.5. Pengujian Titik Lembek.....	88
Gambar 1.6. Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal	88
Gambar 1.7. Pengujian Kadar Aspal (<i>Ekstrasi</i>)	89
Gambar 1.8. Pencampuran Benda Uji.....	89
Gambar 1.9. Proses Pencampuran Benda Uji	89
Gambar 1.10. Penumpukan Benda Uji.....	90
Gambar 1.11. Mengeluarkan Benda Uji.....	90
Gambar 1.12. Waterbath suhu 60°	90
Gambar 1.13. Pengujian <i>Marshall</i>	91
Gambar 1.14. Cawan.....	91
Gambar 1.15. Ember	91
Gambar 1.16. Oven	92
Gambar 1.17. Saringan.....	92
Gambar 1.18. Wajan	92
Gambar 1.19. Kompor.....	92
Gambar 1.20. Cetakan Benda Uji.....	93
Gambar 1.21. Alat Pemadat Benda Uji.....	93
Gambar 1.22. Dongkrak Hidrolik	93
Gambar 1.23. Botol Piknometer.....	93
Gambar 1.24. Alat <i>Specific Gravity Vacum</i>	94
Gambar 1.25. Agregat Kasar.....	94
Gambar 1.26. Pasir	94
Gambar 1.27. <i>Filler</i> /Semen.....	94
Gambar 1.28. Abu Batu	95
Gambar 1.29. Aspal Pan 60/70	95
Gambar 1.30. Epoxy Resin	95
Gambar 1.31. Dramix Serat Baja	95

DAFTAR TABEL LAMPIRAN

Tabel 2.1. Hasil Pengujian Penetrasi Aspal (SNI 06-2456-1991).....	96
Tabel 2.2. Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 2433:2011).....	96
Tabel 2.3. Hasil Pengujian Titik Lembek (SNI 06-2434-1991).....	96
Tabel 2.4. Hasil Pengujian Daktalitas (SNI 2433:2011).....	97
Tabel 2.5. Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras (SNI 2433:2011)	97
Tabel 2.6. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Pertamina Pen 60/70.....	98
Tabel 3.1. Hasil Pengujian Keausan Agregat (SNI 03-24171991)	99
Tabel 3.2. Data Hasil Pengujian Kelekatan Agregat 1/2 terhadap Aspal Pen 60/70	99
Tabel 3.3. Data Hasil Pengujian Kelekatan Agregat 3/4 terhadap Aspal Pen 60/70	100
Tabel 3.4. Hasil Pengujian Pipih dan Lonjong Agregat 1/2 Terhadap Aspal Pen 60/70	100
Tabel 3.5. Hasil Pengujian Pipih dan Lonjong Agregat 3/4 Terhadap Aspal Pen 60/70	100
Tabel 3.6. Hasil Pengujian Agregat 1/2 Lolos Saringan No.200 (SNI 03 - 4142 – 1996)	100
Tabel 3.7. Hasil Pengujian Agregat 3/4 Lolos Saringan No.200 (SNI 03 - 4142 – 1996)	101
Tabel 3.8. Hasil Pengujian Agregat 1/2 Berat Jenis dan Penyerapan (SNI 03 - 1969 – 199-)	101
Tabel 3.9. Hasil Pengujian Agregat 3/4 Berat Jenis dan Penyerapan (SNI 03 - 1969 – 199-)	102
Tabel 3.10. Hasil Pengujian Abu Batu Lolos Saringan No.200.....	102
Tabel 3.11. Hasil Pengujian Pasir Lolos Saringan No.200.....	102
Tabel 3.12. Hasil Pengujian Abu Batu Berat Jenis dan Penyerapan.....	103
Tabel 4.1. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin II (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)	104
Tabel 4.2. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin III (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)	104

Tabel 4.3. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin IV (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	105
Tabel 4.4. Hasil Analisa Pembagian Butiran Pasir (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	105
Tabel 4.5. Hasil Analisa Pembagian Butiran Filler Semen (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	106
Tabel 4.6. Perhitungan Kombinasi Agregat (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	107
Tabel 4.7. Spesifikasi Batas Kombinasi Lolos Saringan (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88).....	107
Tabel 5.1. Pemeriksaan Berat Jenis Campuran Maksimum GMM Campuran Komposisi Normal.....	108
Tabel 5.2. Hasil Pengujian Kadar Aspal.....	108
Tabel 5.3. Data Hasil Pengujian Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	108
Tabel 5.4. Data Hasil Pengujian Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	109
Tabel 6.1. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Kadar Aspal 4,5%	110
Tabel 6.2. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Kadar Aspal 5%	110
Tabel 6.3. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Kadar Aspal 5,5%	110
Tabel 6.4. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Kadar Aspal 6%	110
Tabel 6.5. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) Kadar Aspal 6,5%	111
Tabel 6.6. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 0% dan Serat Baja (Dramix) 0%	111
Tabel 6.7. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 0% dan Serat Baja (Dramix) 2%	111
Tabel 6.8. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan	

Resin 0% dan Serat Baja (Dramix) 4%	111
Tabel 6.9. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 0% dan Serat Baja (Dramix) 6%	112
Tabel 6.10. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 2% dan Serat Baja (Dramix) 0%	112
Tabel 6.11. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 2% dan Serat Baja (Dramix) 2%	112
Tabel 6.12. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 2% dan Serat Baja (Dramix) 4%	113
Tabel 6.13. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 2% dan Serat Baja (Dramix) 6%	113
Tabel 6.14. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 4% dan Serat Baja (Dramix) 0%	113
Tabel 6.15. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 4% dan Serat Baja (Dramix) 2%	113
Tabel 6.16. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 4% dan Serat Baja (Dramix) 4%	114
Tabel 6.17. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 4% dan Serat Baja (Dramix) 6%	114
Tabel 6.18. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 6% dan Serat Baja (Dramix) 0%	114
Tabel 6.19. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 6% dan Serat Baja (Dramix) 2%	115
Tabel 6.20. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 6% dan Serat Baja (Dramix) 4%	115
Tabel 6.21. Rancangan Campuran Aspal (Job Mix Design) dengan Resin 6% dan Serat Baja (Dramix) 6%	115
Tabel 6.22. Hasil Marshall Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%	116
Tabel 6.23. Hasil Marshall Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%	116
Tabel 6.24. Hasil Marshall Komposisi Resin 4% dengan	

Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%	117
Tabel 6.26. Hasil Marshall Komposisi Resin 6% dengan	
Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%	117



**ANALISA ASPHALT CONCRETE WEARING COARSE (AC – WC)
MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN RESIN EPOXY DAN SERAT
BAJA DRAMIX UNTUK PERKERASAN JALAN**

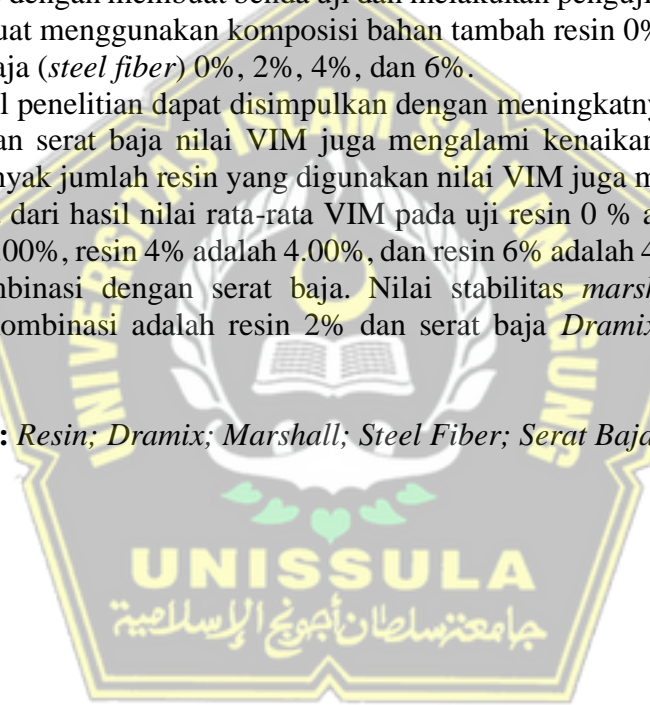
Abstrak

Jalan aspal di Indonesia memerlukan perawatan atau restorasi untuk mengatasi keausan, retak, lubang dan kerusakan umum lainnya. Penyebab utama kerusakan pada lapisan AC-WC adalah beban berlebih dan cuaca, dimana lapisan ini terletak di atas sehingga bersentuhan langsung dengan beban dan cuaca. Penelitian ini bertujuan untuk menambahkan material baru pada campuran AC-WC resin dan serat baja (*Dramix*) yang diharapkan dapat memenuhi kriteria *marshall*.

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian percobaan (*experiment*) dengan membuat benda uji dan melakukan pengujian *marshall*. Benda uji yang dibuat menggunakan komposisi bahan tambah resin 0%, 2%, 4%, dan 6% serta serat baja (*steel fiber*) 0%, 2%, 4%, dan 6%.

Pada hasil penelitian dapat disimpulkan dengan meningkatnya kadar persentase dari resin dan serat baja nilai VIM juga mengalami kenaikan secara signifikan. Semakin banyak jumlah resin yang digunakan nilai VIM juga mengalami kenaikan dapat dilihat dari hasil nilai rata-rata VIM pada uji resin 0 % adalah 3.68%, resin 2% adalah 4.00%, resin 4% adalah 4.00%, dan resin 6% adalah 4.58% pada masing-masing kombinasi dengan serat baja. Nilai stabilitas *marshall* tertinggi pada komposisi kombinasi adalah resin 2% dan serat baja *Dramix* 4% yaitu sebesar 2159.74 kg.

Kata Kunci: *Resin; Dramix; Marshall; Steel Fiber; Serat Baja; AC-WC*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan penduduk Indonesia yang meningkat pesat mengakibatkan naiknya mobilitas penduduk semakin tinggi. Transportasi adalah kebutuhan mendasar setiap individu dan kelompok guna memenuhi kebutuhan, mobilitas, dan pekerjaan masing-masing hal ini mengakibatkan banyaknya kendaraan yang melintas di jalan raya. Salah satu prasarana transportasi yang mendukung hal tersebut adalah jalan yang memadai akan tetapi saat ini struktur perkerasan memiliki berbagai permasalahan, seperti retakan halus pada badan jalan dan lubang pada perkerasan jalan. Dengan melihat peningkatan mobilitas maka dibutuhkan kualitas dan kuantitas jalan yang dapat memenuhi hal tersebut.

Jalan aspal di Indonesia memerlukan perawatan atau restorasi untuk mengatasi keausan, retak, lubang dan kerusakan umum lainnya. Pemeliharaan jalan aspal dengan menerapkan lapisan baru pada perkerasan lama merupakan cara yang umum dilakukan di Indonesia. Penambahan aspal yang konstan menyebabkan aspal menebal, yang menghambat drainase dan ketinggian trotoar. Kondisi demikian mendorong masyarakat untuk mendaur ulang aspal sehingga memberikan nilai tambah secara kualitatif dan ekonomis.

Beban berat dan cuaca buruk menjadi sumber utama kerusakan pada campuran AC-WC yang merupakan lapisan aspal yang terletak di atas. Bersentuhan langsung dengan beban dan cuaca secara terus menerus membuat terjadinya kerusakan pada konstruksi jalan beraspal. Dampak air merupakan faktor lain yang merusak aspal. Berbagai inisiatif telah dilakukan untuk meningkatkan standar aspal beton. Untuk mendapatkan komposisi baru pada campuran AC-WC penulis mencoba menggabungkan dua bahan yakni resin dan serat baja *Dramix* yang diharapkan dapat membentuk *Job Mix Design* baru.

Perekat *epoxy* adalah perekat berbasis resin dan *hardener*. *Hardener* digunakan untuk mengeraskan *epoxy* dengan cepat. *Hardener* dan resin digabungkan, dan kombinasi dari keduanya kemudian akan mengalami proses *curing*. Setelah proses *curing* terjadi, resin *epoxy* tidak akan dapat dicairkan lagi walaupun dipanaskan, sehingga resin ini akan mengisi rongga dengan baik.

Campuran resin *epoxy* ini tahan terhadap kelembapan, tekanan, dan memiliki penyusutan yang baik. Campuran ini juga memiliki daya rekat yang baik. Pengujian *Marshall* diperlukan untuk menentukan seberapa memengaruhi perekat *epoxy* pada campuran beton aspal.

Terdapat dua pembebanan yang diterima oleh permukaan perkerasan; beban tarik dan tekan. Berdasarkan kondisi lapangan, dapat disimpulkan bahwa beban tarik sering mengakibatkan keretakan. Retak dimulai dari bagian bawah lapisan perkerasan dan kemudian menyebar ke permukaan. Upaya untuk mengatasi hal tersebut yaitu dengan menambahkan *Dramix* serat baja atau *steel fiber* untuk menunjang kekuatan perkerasan. *Steel fiber* berfungsi menahan penyebaran keretakan dan menahan gaya tarik karena *dramix* serat baja ini memiliki pengikatan, modulus elastisitas serta kekuatan yang cukup tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat diambil berdasarkan masalah dan latar belakang yang sudah dipaparkan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan material resin dan serat baja *Dramix* terhadap stabilitas?
2. Bagaimana komposisi campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan penambahan material resin dan serat baja *Dramix*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang dapat diambil berdasarkan rumusan masalah dan latar belakang yang sudah dibahas adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui komposisi *Job Mix Design* (JMD) yang sesuai terhadap *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) terhadap stabilitas dengan penambahan material resin *epoxy* dan serat baja *Dramix*
2. Untuk mengkaji pengaruh *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) terhadap kadar aspal optimum terhadap nilai stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient*, *VMA*, *VIM* dan *VFB* didapat dari hasil *Marshall Test*.

1.4 Batasan Masalah

Riset dan penelitian pada tugas akhir ini hanya meliputi tentang komposisi benda uji *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* (AC-WC) menggunakan aspal penetrasi 60/70 sehingga pengujian – pengujiannya hanya meliputi :

1. Penelitian dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Fraksi agregat kasar dan halus berasal dari diperoleh pemecahan batu (stone crusher) dari AMP (Asphalt Mixing Plant) PT. Mohandas Oelong (Kendal)
3. Bahan aspal menggunakan aspal penetrasi 60/70.
4. Pembuatan campuran dan benda uji berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) revisi 2 dan campuran aspal yang dibuat adalah Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Modifikasi.
5. Material substitusi yang digunakan adalah resin epoxy dan serat baja *Dramix*.
6. Pengujian yang dilakukan terhadap benda uji berupa *Marshall* Test meliputi: Stabilitas, *Flow*, *Marshall* quotient, VIM, VMA dan VFA.
7. Berdasarkan pedoman dari Spesifikasi Umum 2018 Divisi 6 Revisi 2, gradasi campuran aspal beton yang digunakan didasarkan pada gradasi agregat gabungan.

1.5 Sistematika Penulisan

Proses dan sistematika penulisan yang digunakan untuk menyusun Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan dasar landasan teori yang digunakan, beruoa temuan penelitian sebelumnya yang akan digunakan untuk pedoman pada penelitian dan mengkaji perbedaan terhadap penelitian yang akan dilakukan.

BAB 3 METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini menguraikan rencana penelitian dan prosedur yang akan digunakan dalam menyusun laporan. Pembahasan berisi metode

penelitian, pengumpulan data-data, dan juga pengujian yang akan dilakukan di dalam penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Pada bab ini menguraikan hasil dari pengujian yang telah dilaksanakan lalu akan dibahas sesuai tujuan dari penelitian ini, adapun yang dibahas pada bab ini adalah hasil dari pengujian marshal dan akan didapat nilai kadar aspal optimal.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini menguraikan kesimpulan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan, untuk menjawab apakah penelitian ini dapat digunakan atau tidak. Apakah penelitian dapat bermanfaat dan dapat dikembangkan dan juga dampaknya. Penulis juga dapat menguraikan saran yang dapat digunakan untuk acuan pada penelitian selanjutnya apabila ingin melakukan penelitian dengan topik yang sama.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Campuran aspal dan agregat yang seragam, dengan atau tanpa bahan tambahan, membentuk beton aspal yang merupakan suatu jenis perkerasan jalan. Komponen-komponen beton aspal dicampur pada suhu tertentu di instalasi pencampuran sebelum dikirim ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan.

Dalam upaya untuk meningkatkan kualitas campuran aspal beton agar kedap air, saat ini banyak dilakukan penelitian untuk mencari bahan tambahan yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi atau aditif. Untuk memilih bahan yang sesuai, harus dilakukan pengujian dengan memasukkan bahan tersebut ke dalam campuran beton aspal, melakukan pengujian *Marshall*, dan setelah itu memeriksa pengaruh dari penambahan bahan tersebut. Perekat *epoxy* merupakan bahan yang layak untuk dicoba.

Dramix steel fiber adalah jenis serat baja yang dibuat dengan cara penarikan dingin (*cold drawn*) dan memiliki lekukan di ujungnya yang diharapkan dapat memberikan pengikatan yang terbaik. Berdasarkan jumlah lekukannya, ada tiga jenis serat baja yang berbeda; *Dramix 3D*, *4D*, dan *5D*. Pengikatannya lebih baik jika semakin banyak lekukan.

Hardener dan resin merupakan dua komponen penyusun perekat *epoxy*. Untuk mengeringkan *epoxy* dengan cepat, ditambahkan *hardener* adalah untuk melakukan hal tersebut. Proses curing akan diterjadi pada campuran kedua bahan tersebut setelah resin dan *hardener* dicampur. Hasil pencampuran kedua bahan ini memiliki daya susut rendah, daya rekat yang kuat, tahan terhadap kelembaban udara, dan tahan terhadap tekanan.

2.2 Karakteristik Beton Aspal (AC-WC)

Campuran agregat dan aspal, baik dengan atau tanpa bahan tambahan, membentuk suatu jenis perkerasan beton aspal. Aspal beton adalah jenis perkerasan terbaik karena aspal beton terbuat dari aspal yang dicampur dengan agregat yang digradasi secara terus-menerus dan sesuai untuk jalan yang sering dilalui kendaraan berat.

Komponen-komponen beton aspal dicampur pada suhu tertentu di instalasi pencampuran sebelum dikirim ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Jenis aspal

yang akan digunakan menentukan suhu pencampuran. Aspal beton campuran panas dibuat dengan suhu pencampuran kisaran antara 145° dan 155° C. Nama lain dari campuran ini adalah *hotmix*.

Jika dibandingkan dengan lapisan lainnya, lapisan teratas, aspal beton, memiliki struktur yang paling halus. Lapisan ini sangat sensitif terhadap proporsi campuran karena campuran AC-WC berisi campuran yang bergradasi rapat dengan sedikit rongga. Laston, yang juga dikenal sebagai AC-WC, adalah lapisan yang menopang beban langsung dari kendaraan sehingga harus memiliki stabilitas yang tinggi untuk mencegah terjadinya *bleeding*, perubahan alur, dan deformasi. Ketebalan minimumnya adalah 4 cm. AC-WC harus dapat menyalurkan beban secara merata ke lapisan di bawahnya dalam kapasitasnya sebagai *surface course*.

Alasan mengapa laston juga disebut sebagai lapisan aus adalah karena ban kendaraan yang melintas mengalami keausan atau penyusutan karena lapisan ini mengalami gesekan yang konstan dari gaya pengereman. Untuk mencegah terjadinya proses penuaan, lapisan struktural paling atas, yang dikenal sebagai laston, harus kedap terhadap udara dan air dari lingkungan sekitar.

Berikut ini adalah parameter yang harus dipenuhi oleh campuran beton aspal:

1. Stabilitas
2. Keawetan atau durabilitas
3. Kelenturan atau fleksibilitas
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)
5. Kekesatan permukaan atau ketahanan geser
6. Kedap air
7. Mudah untuk dilaksanakan.

2.2.1 Stabilitas

Kapasitas perkerasan jalan untuk menahan tekanan lalu lintas tanpa mengalami deformasi jangka panjang seperti retak, gelombang, atau alur dikenal sebagai stabilitas. Jumlah lalu lintas dan tujuan rute menentukan seberapa besar stabilitas yang dibutuhkan.

Perkerasan dengan stabilitas tinggi dibutuhkan pada jalan dengan lalu lintas kendaraan yang padat dan volume lalu lintas yang tinggi. Di sisi lain, perkerasan

dengan lalu lintas kendaraan yang rendah tidak perlu memiliki nilai stabilitas yang tinggi.

Faktor – faktor yang membentuk stabilitas aspal beton adalah :

1. Bentuk butiran, gradasi agregat, kepadatan campuran, ketebalan lapisan aspal, dan kekasaran permukaan butiran agregat, semuanya berkontribusi terhadap gesekan internal. Gesekan internal yang terjadi antara butiran agregat yang saling berhubungan menciptakan stabilitas. Agregat yang berukuran lebih kecil mengisi ruang di antara butiran. Kepadatan dapat menghasilkan stabilitas yang diharapkan bila dilakukan pemilihan agregat yang bergradasi baik atau rapat yang tentu memperkecil rongga di antara agregat.
2. Daya kohesif aspal berasal dari daya rekatnya, yang membuat butiran agregat tetap berhubungan satu sama lain. Faktor utama yang mempengaruhi kekompakan adalah penetrasi aspal, variasi viskositas yang disebabkan oleh suhu, intensitas pembebanan, komposisi kimiawi aspal, pengaruh waktu, dan usia aspal. Umur aspal dan karakteristik reologi menentukan seberapa rentan aspal terhadap kerapuhan dan pengerasan, yang melemahkan daya kohesifnya.

2.2.2 Keawetan atau Durabilitas

Kapasitas beton aspal untuk menahan keausan akibat faktor cuaca dan iklim, seperti fluktuasi udara, air, atau suhu, serta beban lalu lintas yang berulang, seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda dan permukaan jalan, dikenal dengan istilah daya tahan. Jumlah rongga dalam campuran, kepadatan, kedap air, dan ketebalan lapisan aspal atau selimut aspal, semuanya berpengaruh pada seberapa lama beton aspal dapat bertahan.

Agregat akan tertutup secara merata oleh selimut aspal yang tebal, sehingga beton aspal menjadi lebih kedap air. Hasilnya, beton aspal tahan terhadap kerusakan. Namun, semakin tebal selimut aspal, semakin besar kemungkinan terjadi *bleeding* pada aspal beton, sehingga jalan menjadi lebih licin.

Umur beton aspal dipengaruhi oleh jumlah rongga yang tersisa di dalam campuran selama pemadatan. Beton aspal menjadi kurang kedap air seiring dengan bertambahnya ukuran rongga. Selimut aspal dapat teroksidasi dan menjadi rapuh

karena udara dan kehilangan daya tahan jika terdapat lebih banyak udara di dalam beton aspal.

2.2.3 Kelenturan atau fleksibilitas

Kemampuan beton aspal untuk melentur tanpa retak dalam merespon tanah dasar atau penurunan pondasi (konsolidasi atau *settlement*) dikenal sebagai fleksibilitas. Beban lalu lintas yang berulang atau berat sendiri timbunan karena dibangun di atas tanah asli menyebabkan penurunan. Penggunaan agregat bergradasi terbuka dengan kadar aspal yang tinggi akan meningkatkan fleksibilitas.

2.2.4 Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*)

Kemampuan beton aspal untuk menahan lendutan berulang akibat beban lalu lintas yang berulang tanpa mengalami kelelahan berupa retak atau alur dikenal sebagai ketahanan lelah. Penggunaan kadar aspal yang tinggi akan membantu mencapai hal ini.

2.2.5 Kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*)

Kekesatan atau tahanan geser (*skid resistance*) adalah kapabilitas beton aspal untuk memberikan gesekan pada roda kendaraan yang melintas, agar tidak tergelincir terutama pada cuaca yang lembab atau saat hujan. Kekasaran permukaan butiran agregat, bidang kontak butiran, bentuk butiran, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan ketebalan lapisan aspal merupakan parameter yang sama yang menentukan kekesatan jalan dan juga stabilitas yang tinggi. Ukuran maksimum butiran agregat menentukan kekasaran permukaan. Oleh karena itu, agregat yang digunakan harus tahan lama selain memiliki permukaan yang kasar untuk mencegah permukaan menjadi licin akibat kendaraan yang melintas berulang kali.

2.2.6 Kedap air (*impermeabilitas*)

Kapasitas aspal beton untuk mencegah udara atau air masuk ke dalam lapisan dikenal sebagai impermeabilitas. Udara dan air dapat menyebabkan aspal menua lebih cepat dan menyebabkan selimut aspal atau lapisan aspal terkelupas dari permukaan agregat. Jumlah ruang yang tersisa setelah pemadatan beton aspal dapat berfungsi sebagai pengukur impermeabilitas campuran. Daya tahan beton aspal berkorelasi terbalik dengan tingkat kedap air.

2.2.7 Mudah dilaksanakan (*workability*)

Kemudahan campuran beton aspal untuk dihamparkan dan dipadatkan dikenal dengan istilah *workability*. Tingkat efisiensi kerja ditentukan oleh seberapa mudahnya campuran tersebut diaplikasikan. Viskositas aspal, seberapa sensitif aspal terhadap fluktuasi suhu, serta gradasi dan kondisi agregat merupakan faktor yang mempengaruhi kemudahan pencampuran dan pemadatan. Jika terdapat masalah dalam pelaksanaannya, desain campuran dapat direvisi atau diperbaiki.

2.3 Serat Baja *Dramix*

Dramix steel fiber adalah jenis serat baja yang dibuat dengan cara penarikan dingin (*cold drawn*) dan memiliki lekukan di bagian ujungnya yang memiliki pengikatan yang baik. Karena serat baja menyediakan komponen penting dari prinsip penguat, seperti kekuatan luluh, keuletan, dan daya rekat yang cukup-maka serat baja sering digunakan dalam aplikasi struktural. Serat baja memiliki modulus elastisitas dan kekuatan yang relatif tinggi. Selain itu, alkali tidak menyebabkan serat baja berubah bentuk.

Berdasarkan banyak lekukannya, terdapat 3 jenis serat baja yaitu *Dramix* 3D, 4D, dan 5D. Semakin banyak lekukan semakin baik mengait (Johannes et al., 2017). Pada dasarnya, serat baja dapat dikategorikan ke dalam lima kelompok, tergantung pada proses manufaktur dan bentuk dan/atau bagiannya: kawat tarik dingin, lembaran potong, ekstraksi lelehan, potongan gilingan, dan kawat tarik dingin modifikasi (Han et al., 2014).

Penambahan serat baja merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan ketahanan retak suhu rendah pada beton aspal dengan menambahkan berbagai jenis serat baja. (Park dkk., 2015). Mempelajari sifat fisik dan mekanik campuran aspal panas yang diperkuat serat dan menemukan bahwa stabilitas *Marshall* dan nilai *flow* campuran aspal dapat ditingkatkan dengan kandungan serat baja yang berbeda. (Cetin., 2014). Campuran aspal yang diperkuat serat baja dapat digunakan untuk memperbaiki retakan dengan pemanasan induksi. (García dkk., 2013) dan Liu dkk. (2010).

2.4 Epoxy Resin

Epoxy resin adalah cairan yang kental dan hampir padat; digunakan untuk mengeraskan material. *Epoxy resin* dibuat melalui reaksi *kimia in situ*, di mana

katalis atau *hardener* dan resin digabungkan di satu wadah yang selanjutnya proses pengerasan (*polimerisasi*) akan berlangsung.

Asselerator dan *katalisator* adalah dua elemen yang membentuk *hardener*, yang merupakan campuran resin. Panas yang dihasilkan oleh kedua bahan ini mempercepat proses pengawetan.

Hardener yang digunakan dalam sistem *curing* dengan temperatur ruang resin *epoxy* biasanya adalah senyawa *poliamid* dengan dua atau lebih gugus *amina*. Reaktivitas atom hidrogen dalam senyawa *amina* menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan sistem *epoxy* untuk mengering. Saat basah, *epoxy* akan menahan korosi lebih efektif daripada *poliester*; namun demikian, *epoxy* tidak tahan terhadap asam. Epoksi memiliki retensi panas yang sangat baik, stabilitas dimensi, serta memiliki sifat mekanik, dan juga listrik.

Epoxy resin ini memiliki sifat mekanis yang kuat, penyusutan yang rendah, daya rekat yang baik pada banyak bahan logam, tahan terhadap kelembapan udara, dan tahan terhadap tekanan. Setelah dikeraskan, resin ini tidak dapat dilelehkan lagi, bahkan dengan pemanasan sekalipun.

Namun, kualitas mekanis bervariasi secara signifikan pada suhu tertentu. Suhu transisi gelas (T_g) adalah titik di mana terjadi perubahan yang besar pada temperturnya. Struktur molekul termoset bertransisi dari polimer kristal yang keras menjadi polimer yang lebih *fleksibel* di atas temperatur gelas ini. Lebih jauh lagi, resin mengalami penurunan yang signifikan dalam modulus, yang menyebabkan penurunan kompresibilitas dan kekuatannya. Ketika suhu naik di atas temperatur kaca ini, juga adanya penurunan ketahanan air dan stabilitas warna. Untuk itu diperlukan pembuatan nanokomposit, dengan menggunakan nanopartikel tambahan, seperti nanopartikel titanium dioksida (TiO_2) pada *epoxy* resin.

2.5 Agregat

Material berbutir yang keras dan dipadatkan dikenal sebagai agregat, batu, atau material granular. Di antara material lainnya, batu besar, batu pecah, abu batu, dan pasir, semuanya termasuk dalam kata "agregat". Dalam prasarana transportasi, agregat sangat penting, terutama dalam hal perkerasan jalan. Sifat-sifat agregat yang digunakan pada perkerasan jalan sangat mempengaruhi daya dukungnya.

Keberhasilan pembangunan atau pemeliharaan jalan akan tergantung pada pemilihan agregat yang tepat dan memenuhi persyaratan.

Secara umum, agregat adalah struktur kerak yang keras dan padat. Agregat didefinisikan oleh ASTM sebagai material yang terdiri dari massa besar atau fragmen mineral padat. Konstituen utama konstruksi perkerasan jalan adalah agregat, yang menyumbang 90-95% dari persentase berat agregat atau 75-85% dari persentase volume. Sifat agregat dan campuran yang dihasilkan dari agregat bersama elemen lain menentukan kualitas perkerasan jalan.

2.5.1 Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar yang tertahan oleh ayakan basah No. 4 (4,75 mm) akan digunakan dalam desain campuran. Agregat kasar harus memenuhi persyaratan yang ditentukan dan harus keras, tahan lama, bersih, dan bebas dari lempung atau komponen lain yang tidak diinginkan. Batu yang dihancurkan dengan mesin yang membentuk fraksi agregat kasar harus disiapkan dalam ukuran nominal berdasarkan jenis campuran yang dimaksudkan.

Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persentase berat agregat yang lebih tinggi dari 4,75 mm dengan satu atau lebih permukaan yang retak berdasarkan pengujian. Angularitas yang diperlukan harus ada pada agregat kasar. Menurut SNI 7619:2012, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metoda Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks.12 %
	magnesium sulfat		Maks.18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles ¹⁾	Campuran AC Modifikasi dan SMA	100 putaran	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 : Bina Marga 2020 revisi 2)

2.5.2 Agregat Halus

Material yang melewati ayakan No. 4 dan tertahan oleh ayakan No. 200 disebut sebagai agregat halus, biasanya berupa pasir murni yang telah disaring oleh penghancur batu, atau campuran keduanya.

Agregat halus harus bersih dari kotoran dan bahan organik, kuat, tahan lama, dan bersih. Setelah melalui ayakan No. 40, butiran tidak boleh plastis atau memiliki nilai plastisitas yang masih dalam batas toleransi. Untuk material berbutir halus, tidak ada nilai batas gradasi; namun, material yang lolos ayakan No. 200 untuk daya tahan dan kemudahan pencampuran sesuai dengan tabel 2.2.

Tabel 2.2. Persyaratan Agregat Halus

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

(Sumber : Bina Marga 2020 revisi 2)

Kehilangan soundness yang ditertahan pada saringan No. 50 kurang dari 15% bila pasir berasal dari sumber alami. Pasir dari sumber pantai yang mengandung garam dapat digunakan jika diperkirakan tidak akan mempengaruhi kombinasi.

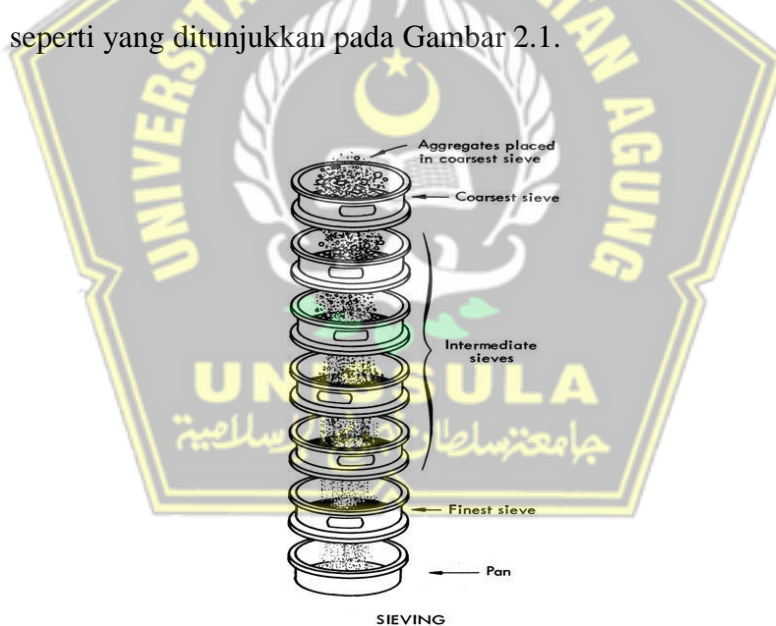
2.5.3 Bahan Pengisi (Filler) Untuk Campuran Beraspal

Filler yang digunakan terdiri dari mineral, semen, debu batu kapur, (*limestone dust*, *Calcium Carbonate*, CaCO_3), yang dihasilkan dari Asbuton yang sumbernya telah disetujui oleh Direksi Pekerjaan, yang disesuaikan dengan AASHTO M303-89 (2006). Ketika menggunakan Aspal Modifikasi yang dibuat dari Asbuton yang telah diproses, jumlah filler yang diberikan ditentukan oleh jumlah filler yang ada di dalam Asbuton.

Bahan pengisi harus kering dan tidak membentuk gumpalan. Saat diuji dengan pengayakan sesuai SNI ASTM C136: 2012, bahan yang lolos ayakan No.200 (75 *micron*), kecuali mineral Asbuton, harus mengandung tidak kurang dari 75% beratnya. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi (*filler added*) setidaknya 1% dari berat total agregat. (Banurea & Kuson Farnsiskus, 2020).

2.6 Gradasi Agregat

Susunan butir agregat sesuai ukurannya disebut gradasi agregat, yang merupakan sifat yang sangat signifikan yang berdampak pada kualitas perkerasan secara keseluruhan untuk menentukan ukuran butiran agregat berdasarkan jenisnya. Ukuran butir agregat dapat dihitung melalui analisis ayakan. Dalam set standar ayakan biasanya terdiri dari ukuran 4 inch, 3½ inch, 3 inch, 2½ inch, 2 inch, 1½ inch, 1 inch, ¾ inch, ½ inch, 3/8 inch, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, dan No.200. Nomor ayakan menunjukkan jumlah bukaan per inci panjang, sementara panjang ayakan menunjukkan ukuran bukaan. Di bawah ini pada tabel 2.5 menunjukkan bukaan ayakan berdasarkan AASHTO. Dengan menggunakan satu set ayakan, gradasi agregat diperoleh dari hasil pengujian dan analisis. Penysusunan ayakan yang paling atas adalah ayakan dengan ukuran terbesar dan ayakan paling bawah adalah ayakan No.200 terletak di atas pan/cawan (Sukirman, 2003). Oleh karena itu, satu set ayakan dimulai dari pan dan berakhir dengan tutup ayakan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Satu Set Ayakan

(Sumber : <https://jualbatuagregatsplit.files.wordpress.com>)

Tabel 2.3 Ukuran Ayakan

Ukuran Ayakan	Bukaan Ayakan (mm)
4 inch	100
3 ½ inch	90

3 inch	75
2 ½ inch	63
2 inch	50
1 ½ inch	37,5
¾ inch	25
½ inch	19
3/8 inch	9,5
No.4	4,75
No.8	2,36
No16	1,18
No.30	0,6
No.50	0,3
No.100	0,15
No.200	0,075

(Sumber : SNI ASTM C136:2012)

2.7 Perencanaan Gradasi Campuran

Penentuan gradasi untuk campuran aspal beton berfungsi untuk mendapatkan kemampuan/kepadatan pada campuran, di mana semakin bervariasi ukuran butir maka kemampuan yang akan didapatkan semakin baik.

Untuk membentuk lapisan aspal beton, pemilihan gradasi agregat campuran sangat penting dalam menyusun komposisi benda uji. Campuran gradasi agregat yang digunakan sesuai dengan yang biasa digunakan pada campuran AC-WC.

Tabel 2.4 menunjukkan spesifikasi gradasi campuran aspal AC-WC berdasarkan Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2004.

Tabel 2.4. Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Laston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	AC	BC	Base
1 ½"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
3/8"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No.4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No.8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41

No.16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No.30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-15
No.50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No.100	0,150						6-15	5-13	4-10
No.200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

(Sumber : Bina marga 2020 revisi 2)

2.8 Pengujian Marshall

Untuk mengetahui seberapa baik beton aspal padat berfungsi, uji coba dilakukan dengan menggunakan benda uji berikut:

1. Uji berat dan volume benda uji.
2. Uji nilai stabilitas dari benda uji
3. Uji hasil kelelahan (*flow*) dari benda uji
4. Membandingkan nilai kelelahan dan stabilitan untuk mendapatkan nilai *Marshall Quotient* (MQ)
5. Menghitung berbagai volume rongga yang berada pada benda uji (VIM, VMA, dan VFA)
6. Menganalisa dan menghitung tebal selimut atau film aspal.

Pengujian *Marshall*—diciptakan oleh Bruce *Marshall* dan dilanjutkan oleh Engineer Corps Amerika Serikat—digunakan untuk menguji kinerja beton aspal padat. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, alat *Marshall* adalah alat tekan yang dilengkapi dengan *flowmeter* dan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (=5000 lbf).



Gambar 2.2. Alat *Marshall*

(Sumber : <https://www.indotrading.com/>)

Dari keenam parameter *Marshall*, hanya nilai stabilitas dan *Flow* yang ditentukan melalui bacaan dengan menggunakan alat pengujian *Marshall*. Parameter lainnya seperti nilai VIM, VMA, VFB, dan *Marshall Quotient* didapatkan dengan melakukan analisa perhitungan.

Berikut ini adalah tujuan melakukan pengujian *Marshall*:

1. Untuk merancang campuran beton aspal yang akan digunakan
2. Digunakan sebagai sistem dalam menjamin kualitas mutu campuran
3. Untuk meneliti karakteristik beton aspal pada benda uji

Proses pembuatan benda uji *Marshall* dapat berbeda dari tujuan pengujian. Oleh karena itu, tujuan pengujian harus dilakukan sebelum campuran komposisi benda uji disiapkan. (Sukirman, 2003).

Secara umum test *Marshall* adalah:

1. Melakukan pembuatan benda uji.
2. Melakukan pengujian berat jenis *bulk* benda uji.
3. Melakukan pengujian stabilitas dan *flow*.
4. Melakukan perhitungan sifat volumetric benda uji.

2.8.1 Berat Jenis Bulk Dari Total Agregat

Pada suhu dan volume tertentu, berat jenis curah dihitung sebagai berat zat di udara (mencakup ruang kedap air serta ruang yang menyerap air) dibagi dengan berat air suling pada suhu dan volume yang sama. Nilai berat jenis agregat bervariasi tergantung pada fraksi agregat (agregat halus, filler, dan agregat kasar).

Untuk menghitung nilai berat *bulk*, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$Gsb_{total} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{Gsb_1} + \frac{P_2}{Gsb_2} + \frac{P_3}{Gsb_3} + \dots + \frac{P_n}{Gsb_n}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

- Gsb_{total} : Berat jenis *Bulk* agregat gabungan , (gr/cc)
 P_1, P_2, P_3 : Persentase berat dari masing-masing agregat, (%)
 Gsb_1, Gsb_2, Gsb_3 : Berat jenis *Bulk* masing-masing agregat, (gr/cc)

2.8.2 Berat Jenis Semu dari Total Agregat

Untuk menghitung nilai berat jenis semu, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan :

$$G_{s\text{total}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{sa1}} + \frac{P_2}{G_{sa2}} + \frac{P_3}{G_{sa3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{san}}} \dots \dots \dots (2.2)$$

$G_{s\text{total}}$: Berat jenis semu agregat gabungan , (gr/cc)

P_1, P_2, P_3 : Persentase berat dari masing-masing agregat, (%)

$G_{sa1}, G_{sa2}, G_{sa3}$: Berat jenis semu masing-masing agregat, (gr/cc)

2.8.3 Berat Jenis Efektif Agregat

Berat zat di udara (ruang yang menyerap aspal tidak dihitung) pada satuan volume dan suhu tertentu dibagi dengan berat air suling dengan volume dan suhu yang sama untuk menentukan berat jenis efektif.

Untuk menghitung nilai berat jenis efektif, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan :

$$G_{se} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

G_{se} : Berat jenis efektif total agregat, (gr/cc)

G_{sb} : Berat jenis *Bulk* agregat, (gr/cc)

G_{sa} : Berat jenis semu agregat, (gr/cc)

2.8.4 Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran digunakan untuk mendapatkan dan mengetahui jumlah kadar rongga udara dalam campuran benda uji. Untuk menghitung nilai berat jenis maksimum campuran, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_{mm} - P_b}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

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

P_{mm} : Persentase berat total campuran (=100)

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

P_b : Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran (%)

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

Gb : Berat jenis aspal (gr/cc)

2.8.5 Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Untuk menghitung nilai berat jenis *bulk* campuran padat, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$Gmb = \frac{Wa}{VBulk} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

Gmb : Berat jenis campuran setelah dipadatkan (gr/cc)

VBulk : Volume campuran setelah pemadatan (cc)

Wa : Berat di udara (gr)

2.8.6 Kepadatan (density)

Tingkat kerapatan pada campuran benda uji setelah dilakukan pemadatan disebut sebagai density. Untuk menghitung nilai kepadatan, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$\text{Kepadatan} = \frac{Wm}{Wmssd - Wmpw} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

Wm : Berat benda uji kering (gr)

Wmssd : Berat benda uji ssd setelah dipadatkan (gr)

Wmpw : Berat benda uji dalam air setelah dipadatkan (gr)

2.8.7 VIM (Void In the Mix)

VIM adalah nilai dari presentase rongga yang terdapat di dalam campuran secara keseluruhan. Berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2010, nilai VIM tidak boleh melebihi atau kurang dari 3% sampai dengan 5%. Untuk menghitung nilai VIM, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$VIM = \frac{Gmm - Gmb}{Gmm} \times 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran (%)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum setelah pemadatan (gr/cc)

Gmb : Berat jenis *Bulk* campuran setelah pemadatan (gr/cc)

2.8.8 VMA (Void in Mineral Aggregate)

VMA adalah nilai persentase volume aspal efektif (volume aspal yang diserap oleh agregat tidak dihitung) dan ruang kosong di antara partikel agregat dalam campuran, termasuk rongga udara. Berdasarkan spesifikasi dari Bina Marga 2020 (revisi 2) nilai VIM tidak boleh kurang dari 15%. Untuk menghitung nilai VMA, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$VMA = \frac{100 (Gsb - Gmb) + Gmb.Ps}{Gsb} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

VMA : Rongga udara pada mineral agregat (%)

Gmb : Berat jenis *Bulk* campuran setelah pemadatan (gr/cc)

Gsb : Berat jenis *Bulk* dari total agregat (gr/cc)

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

2.8.9. VFA (Void Filled with Asphalt)

VFA adalah nilai dari rongga yang terisi oleh aspal pada benda uji setelah dilakukan pemadatan. Berdasarkan spesifikasi dari Bina Marga 2020 (revisi 2) nilai VIM tidak boleh kurang dari 65%. Untuk menghitung nilai VFA, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$VFA = \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \times 100 \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

VFA : Persentase rongga udara yang terisi aspal (%)

VMA : Persentase rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM : Persentase rongga udara pada campuran (%)

2.8.10. Stabilitas Dan Kelelehan (Flow)

Pada dasarnya, stabilitas didefinisikan sebagai kemampuan lapis keras untuk menahan perubahan bentuk aspal yang diakibatkan oleh beban lalu lintas. Kelelehan, atau *flow*, adalah besarnya perubahan bentuk vertikal suatu benda uji pada permulaan pembebanan yang mengurangi stabilitasnya. Oleh karena itu, pengujian stabilitas harus dilakukan agar mengetahui seberapa tahan benda uji terhadap beban, dan *flowmeter* digunakan untuk mengetahui seberapa besar kelelehan yang disebabkan oleh beban. Sebelum melakukan pengujian, benda uji dipanaskan di dalam panci selama tiga puluh atau empat puluh menit pada suhu

enam puluh derajat Celcius. Ini dilakukan untuk memastikan bahwa suhu benda uji sesuai dengan suhu tertinggi di lapangan (Banurea & Kuson Farnsiskus, 2020).

Alat *Marshall* digunakan untuk mengukur benda uji. Benda uji dibebani dengan kecepatan 2 inci per menit atau 51 milimeter per menit. Uji *Marshall* sendiri merupakan metode pengujian untuk mengukur beban maksimum yang dapat ditanggung sebelum hancur (*Marshall Stability*) dan deformasi permanen dari suatu benda sebelum kelelahan (*Marshall Flow*). Nilai kelelahan dapat dilihat dari bacaan pada arloji pengukur dari proving ring saat benda uji mengalami keruntuhan, nilai tersebut dapat dilihat dan dibaca pada *flowmeternya*. Nilai stabilitas dihitung dengan mengalikan nilai arloji pengukur dengan nilai kalibrasi ring proving dan kemudian dikoreksi dengan angka koreksi yang disebabkan oleh perbedaan ketinggian benda uji (Banurea & Kuson Farnsiskus, 2020).

Selama pengujian dengan alat *Marshall*, nilai stabilitas benda uji dihitung melalui pembacaan arloji stabilitas. Selanjutnya, angka kalibrasi proving ring dengan satuan Ibs atau kilogram disesuaikan, dan tetap dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji.

Untuk menghitung nilai stabilitas, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$S = p \times q \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

- S : Nilai Stabilitas (kg)
- P : Pembacaan arloji satbilitas x kalibrasi alat
- Q : angka korelasi tebal benda uji

Tabel 2.5. Faktor koreksi stabilitas

Isi	Tebal Benda Uji	Angka Koreksi
200-213	25.4	5.56
214-225	27	5.00
226-237	28.6	4.55
238-250	30.2	4.17
251-264	31.8	3.85
265-276	33.3	3.57
277-289	34.9	3.33
290-301	35.5	3.03
302-316	38.1	2.78

317-328	39.7	2.5
329-340	41.3	2.27
341-353	42.9	2.08
354-367	44.4	1.92
368-379	46	1.79
380-392	47.6	1.67
393-405	49.2	1.56
406-420	50.8	1.47
421-431	52.4	1.39
432-443	54	1.32
444-456	55.6	1.25
457-470	57.2	1.19
471-482	58.7	1.14
483-495	60.3	1.09
496-508	61.9	1.04
509-522	63.5	1.00
523-535	65.1	0.96
536-546	66.7	0.93
547-559	68.3	0.89
560-573	69.9	0.86
574-585	71.4	0.83
586-598	73	0.81
599-610	74.6	0.78
611-625	76.2	0.76

(sumber : SNI 06-2489-1991)

2.9 Marshal Quotient (MQ)

Nilai kekakuan campuran uji ditunjukkan oleh nilai MQ. Benda uji cenderung kaku dan mudah patah jika nilai MQ terlalu tinggi. Di sisi lain, nilai MQ yang terlalu rendah membuat campuran uji menjadi terlalu fleksibel dan kurang dapat diandalkan untuk penggunaan praktis.

Hasil-hasil tersebut dapat digunakan untuk menentukan kadar aspal yang ideal untuk kesanggupan campuran yang setara dengan Standar Bina Marga. Benda uji campuran aspal yang dirancang harus memenuhi parameter, dimana nilai stabilitas tinggi, nilai fleksibilitas rendah, rongga pori yang kecil serta rongga dalam campuran juga kecil.

Marshall quotient didapatkan dengan membagi nilai stabilitas dan *flow*. Sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2010, nilai *Marshall quotient* yang disyaratkan harus lebih besar dari 250 kg/mm. (Banurea & Kuson Farnsiskus, 2020).

Untuk menghitung nilai *Marshall quotient*, di bawah ini adalah rumus dan perhitungan yang digunakan:

$$MQ = S / F \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

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

S : Nilai stabilitas (kg)

F : Nilai *flow* (mm)

2.10 Peneliti Terdahulu

Pentingnya untuk mengkaji peneliti terdahulu adalah untuk menemukan perbedaan sehingga penelitian ini dapat mengembakan penelitian sebelumnya dan menjadi acuan dalam melakukan penelitian ini. Oleh karena itu peneliti mencantumkan temuan penelitian sebelumnya dalam Tinjauan Pustaka ini, sebagai berikut :



Tabel 2.6. Tabel Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Penelitian terdahulu tentang aspal (AC-WC) dengan penambahan slag baja					
1	Pengaruh Penambahan Serat Baja 4D <i>Dramix</i> Terhadap Kuat Tekan, Tarik Belah, dan Lentur Pada Beton. (2017)	Dennis Johannes, Kevin Mangundap, Handoko Sugiharto, Gunawan Budi Wijaya	Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui seberapa signifikan penambahan serat baja 4D <i>Dramix</i> terhadap kuat tekan, tarik belah, dan lentur pada SFRC serta mengetahui karakteristik daktilitas pada SFRC	Pertama, penelitian literatur tentang SFRC dilakukan; kedua, desain rancangan penelitian; ketiga, menyiapkan bahan; keempat, melakukan analisis ayakan; kelima, menimbang bahan; keenam, mengocorin beton dengan 1.5% <i>Dramix</i> dari serat baja 4D, dan ketujuh, melakukan pengetesan di laboratorium beton. dan terakhir, mencatat dan membuat laporan.	Sifat-sifat beton 4D <i>Dramix</i> (1,5%) menunjukkan sifat daktail setelah mencapai puncak. Beton normal memiliki modulus elastisitas yang hampir sama pada waktu elastis, tetapi serat baja menunjukkan peningkatan tegangan dan regangan setelah mencapai puncak, di mana beton normal hanya didesain 0.003, sedangkan serat baja 4D <i>Dramix</i> (1,5%) mampu melebihi 0.005.
No	Judul Penelitian	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian

2	Analisis Perbandingan Pengaruh Penambahan Serat Baja Karbon 3D <i>Dramix</i> dan Serat Kawat Bendrat Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik Belah, dan Kuat Tarik Lentur Pada Beton Mutu Normal. (2022)	Netta Riana	Menganalisis perbandingan antara campuran beton dengan serat baja karbon 3D <i>Dramix</i> dan campuran beton dengan serat kawat bendrat terhadap kuat tekan, kuat tarik belah, dan kuat tarik lentur pada beton mutu normal.	Eksperimen dilakukan di Laboratorium Bahan dan Konstruksi Fakultas Teknik Universitas Lampung. Penelitian dilakukan dengan membuat beton dengan mutu normal dan menambahkan kadar serat baja karbon 3D <i>Dramix</i> dan serat kawat bendrat sebanyak 0, 1, 1,5, dan 2 persen dari volume adukan beton. Mutu beton yang direncanakan adalah 25 MPa. Benda uji untuk pengujian kekuatan tekan dan tarik belah terdiri dari balok beton 100 x 100 x 400 mm dan silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Benda uji berumur 28 hari sebelum diuji.	Dalam uji, beton dengan campuran serat baja karbon 3D <i>Dramix</i> memiliki kekuatan tekan, tarik belah, dan tarik lentur yang lebih tinggi daripada beton dengan campuran serat kawat bendrat. Ini karena beton dengan campuran serat baja karbon 3D <i>Dramix</i> memiliki lebar keretakan yang lebih menyebar dan memiliki kemampuan penyerapan energi yang lebih besar. Setelah menambah beton yang terbuat dari campuran serat baja karbon 3D <i>Dramix</i> dan serat kawat bendrat, pengujian workability pada beton serat, termasuk uji lump dan waktu VB, diperoleh pada persentase volume 1%.
No	Judul Penelitian	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian

3	Using steel fibers to accelerate the heat conduction in asphalt mixture and its performance evaluation. (2021)	Du Yinfei, Wang Jiacheng, Deng Haibin, Liu Yingchen, Tian Jun, Wu Xiaowei	Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penggunaan serat baja untuk mempercepat konduksi panas dalam campuran aspal dan mengevaluasi kinerjanya.	Pertama dilakukan <i>X-ray computed tomography</i> , kedua <i>Thermal conductivity test</i> , ketiga <i>Thermal conductivity test</i> , keempat <i>Confined dynamic repeated creep test</i> , kelima <i>Semi-circular bending test</i> , dan keenam <i>Three-point bending test</i>	Serat baja dapat mengubah distribusi rongga udara pada campuran aspal. Semua SFAM memiliki kandungan rongga udara lebih besar di kedua ujungnya dan kandungan rongga yang lebih kecil di bagian tengah, dibandingkan dengan campuran kontrol. Distribusi rongga udara seperti ini akan mengurangi kinerja pemadatan campuran aspal. Serat baja mengurangi kinerja campuran aspal di bawah beban dinamis. Serat baja juga dapat meningkatkan konduktivitas termal campuran aspal yang sangat membantu percepatan aliran panas. Penambahan serat baja juga meningkatkan ketahanan terhadap retak pada campuran aspal. Kesimpulannya, meskipun serat baja dapat digunakan untuk mendinginkan perkerasan aspal, kinerja ketahanan terhadap rutting masih harus diverifikasi lebih lanjut.
---	--	---	--	---	---

No	Judul Penelitian	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
Penelitian terdahulu tentang aspal (AC-WC) dengan penambahan slag baja					
4	Penambahan <i>Gilsonite</i> Resin Pada Aspal Prima 55 untuk Meningkatkan Kualitas Perkerasan <i>Hot Mix</i> .(2007)	Rachmad Basuki, Machsus	Berdasarkan latar belakang, menjadi penting untuk melihat apakah kualitas Aspal Prima 55 yang diproduksi Pertamina dapat ditingkatkan dengan menambahkan pengubah <i>Gilsonite Resin</i> , seperti yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya, untuk membuat perkerasan <i>Hot Mix</i> lebih tahan lama dan memenuhi kriteria.	Menurut penelitian sebelumnya, aspal Prima 55 yang sudah dibuat oleh Pertamina ditingkatkan kualitasnya dengan menambahkan modifier <i>Gilsonite Resin</i> . Ini membuat perkerasan <i>Hot Mix</i> memenuhi spesifikasi dan lebih awet.	Hasil pengujian kualitas Aspal Prima 55 menunjukkan bahwa, kecuali berat jenis dan daktilitas, sifat fisik aspal multigrade—penetrasi, titik nyala, dan titik lembek—tidak memenuhi spesifikasinya. Untuk meningkatkan kualitas perkerasan campuran panas jenis HRS B, AC, dan ATB yang menggunakan aspal prima 55, resin <i>gilsonite</i> digunakan dalam penelitian ini untuk meningkatkan kualitas aspal hingga mencapai kriteria aspal multigrade.

No	Judul Penelitian	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
5	Pengaruh Penambahan Gilsonite Resin Pada Campuran Beton Aspal. (2016)	Yosef Putuhena, Anastasia Wardaningrum, Arutu Elkarsa, Lidya Suryatenggara,	Perkerasan jalan adalah bagian penting dari desain jalan, jadi perlu ada ide baru untuk membuat jenis perkerasan yang berkualitas tinggi dan efisien dalam penggunaan material dan meningkatkan kualitasnya.	Setelah data dikumpulkan, setiap tes dianalisis untuk mengetahui kandungan material yang digunakan untuk standarisasi SNI 06-2489-1991, metode pengujian campuran aspal dengan alat <i>Marshall</i> , dan SNI 06-2434-1991, analisis saringan agregat kasar dan halus [6]. Agregat dikeringkan setidaknya selama empat jam pada suhu antara 105 dan 110 derajat Celcius. Setelah dikeluarkan dari pengering, tunggu sampai beratnya tetap [7]. Dengan menggunakan penyaringan, agregat dibagi menjadi fraksi yang diinginkan sesuai dengan SNI 03-1969-1990 mengenai metode pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar. Aspal dipanaskan sampai mencapai kekentalan yang dibutuhkan untuk pencampuran dan pemadatan.	Hasil uji untuk setiap parameter <i>Marshall</i> yang memenuhi persyaratan menunjukkan kadar gilsonite resin terbaik; untuk berat jenis Bulk, kadar 0-12% VMA, 0-12% VFA, stabilitas 0-12%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa menggunakan gilsonite resin pada campuran beton aspal akan meningkatkan nilai stabilitas, meningkatkan nilai stabilitas, menurunkan nilai VIM dan VMA, menurunkan nilai VFA, dan menurunkan kelelehan. Nilai stabilitas tertinggi dicapai dengan kadar gilsonite resin 8%, yaitu 1.902,85 kg. Nilai stabilitas meningkat 22,06% jika tidak menggunakan gilsonite resin.

No	Judul Penelitian	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
6	Pengaruh penambahan dempul epoxy pada campuran beton aspal (2016)	Jason Kartolo, Aditya Sanjaya Putra, Deviyanti Yosuanita, Enma Mediawati Sebayang	Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan perkerasan, termasuk perendaman air, volume lalu lintas yang tinggi, dan komposisi perkerasan yang tidak tepat. Sektor jalan raya dan transportasi saat ini sedang mencari solusi untuk masalah lapisan perkerasan yang rusak. Berdasarkan permasalahan tersebut beberapa perekat epoksi diaplikasikan dalam penelitian ini untuk meningkatkan kekuatan dan umur lapisan perkerasan. Parameter jalan dapat ditingkatkan dengan resin dan pengeras yang terdapat pada perekat epoksi.	Data tentang <i>Flow</i> dan stabilitas dempul epoksi pada tingkat 8%, 10%, dan 15% telah diperiksa dan dianalisa untuk penelitian ini. Uji coba dan kesalahan digunakan untuk menentukan % penambahan dempul epoksi. Untuk setiap tingkat, tiga sampel digunakan untuk mengumpulkan data tentang nilai <i>Flow</i> dan stabilitas.	Penambahan 8% perekat epoxy dapat meningkatkan stabilitas menjadi 1.066,97 dan aliran menjadi 5,177. Dengan menambah perekat epoxy sebesar 10%, stabilitas dapat meningkat menjadi 1.073,81 dan <i>Flow</i> dapat meningkat menjadi 4,583. Penambahan epoxy sebesar 15% juga dapat meningkatkan stabilitas menjadi 1.615,84 dan <i>Flow</i> -nya menjadi 3,99. Mengoptimalkan nilai <i>Flow</i> dan meningkatkan stabilitas dapat dicapai dengan menambahkan 10% perekat resin epoksi.
No	Judul Penelitian	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
7	Modifikasi Campuran	Shazna Dinda Yuskiyani Putri,	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi	Pendekatan kualitatif digunakan dalam penelitian ini	Hasil pengujian kualitas campuran dengan menggunakan

	Perkerasan Laston Ac – Wc Dengan Penambahan Kadar 8% Gilsonite Resin (2018)	Kurnia Hadi Putra	kombinasi Laston AC-WC yang telah dimodifikasi dengan penambahan Gilsonite Resin. Dalam penelitian ini, pendekatan kualitatif termasuk pemeriksaan temuan <i>Marshall</i> Test digunakan.	untuk menganalisis hasil <i>Marshall</i> Test. Pembuatan benda uji dalam penelitian ini didasarkan pada Spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum tahun 2018.	gilsonite resin menunjukkan bahwa, pada kadar 8%, campuran memiliki tingkat stabilitas yang paling tinggi, yaitu 1274,6 kilogram, aliran sedangkang dengan nilai 2,70 milimeter, dan nilai koefisien <i>Marshall</i> dengan nilai 472,092 kilogram per milimeter. Namun, seiring dengan peningkatan kadar gilsonite resin yang ditambahkan, nilai VIM dan VMA turun, dan nilai VMA turun.
No	Judul Penelitian	Peneliti	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
8	Tinjauan Durabilitas	Ratna Yuniarti, Desi Widianty,	Penelitian ini menggunakan aspal tua pada campuran aspal	Aspal yang digunakan dalam pengujian adalah aspal	Penuaan aspal dilakukan selama 120 jam dengan pemanasan pada

	<p>Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Menggunakan Aspal Tua Dengan Berbagai Bahan Peremaja. (2020)</p>	<p>Rohani, Hasyim</p>	<p>concrete wearing course yang telah direvitalisasi dengan minyak jelantah, minyak tanah, oli bekas, dan resin epoksi untuk mengevaluasi durabilitas kombinasi lapis perkerasan aspal beton.</p>	<p>penetrasi 60/70, yang berumur dengan cara dioven pada suhu 85°C selama 120 jam.</p>	<p>suhu 85 °C. Nilai rendaman <i>Marshall</i> menunjukkan daya tahan campuran terhadap rendaman air. Nilai rendaman <i>Marshall</i> juga menunjukkan hubungan antara nilai rendaman <i>Marshall</i> dengan rongga dalam campuran (VIM), rongga di antara mineral agregat (VMA), rongga yang terisi aspal (VFB), dan padatan. Menurut analisis, campuran aspal yang telah mengalami penuaan dapat dipertahankan lebih lama dengan menggunakan bahan peremaja seperti resin epoxy, minyak jelantah, dan oli bekas.</p>
--	--	-----------------------	---	--	--



2.11 Rencana Penelitian

Rencana Penelitian bertujuan untuk menunjukkan rencana peneliti dari tujuan, metode yang digunakan dan hasil yang diharapkan. Adapun rencana penelitian dapat dilihat sebagai berikut:

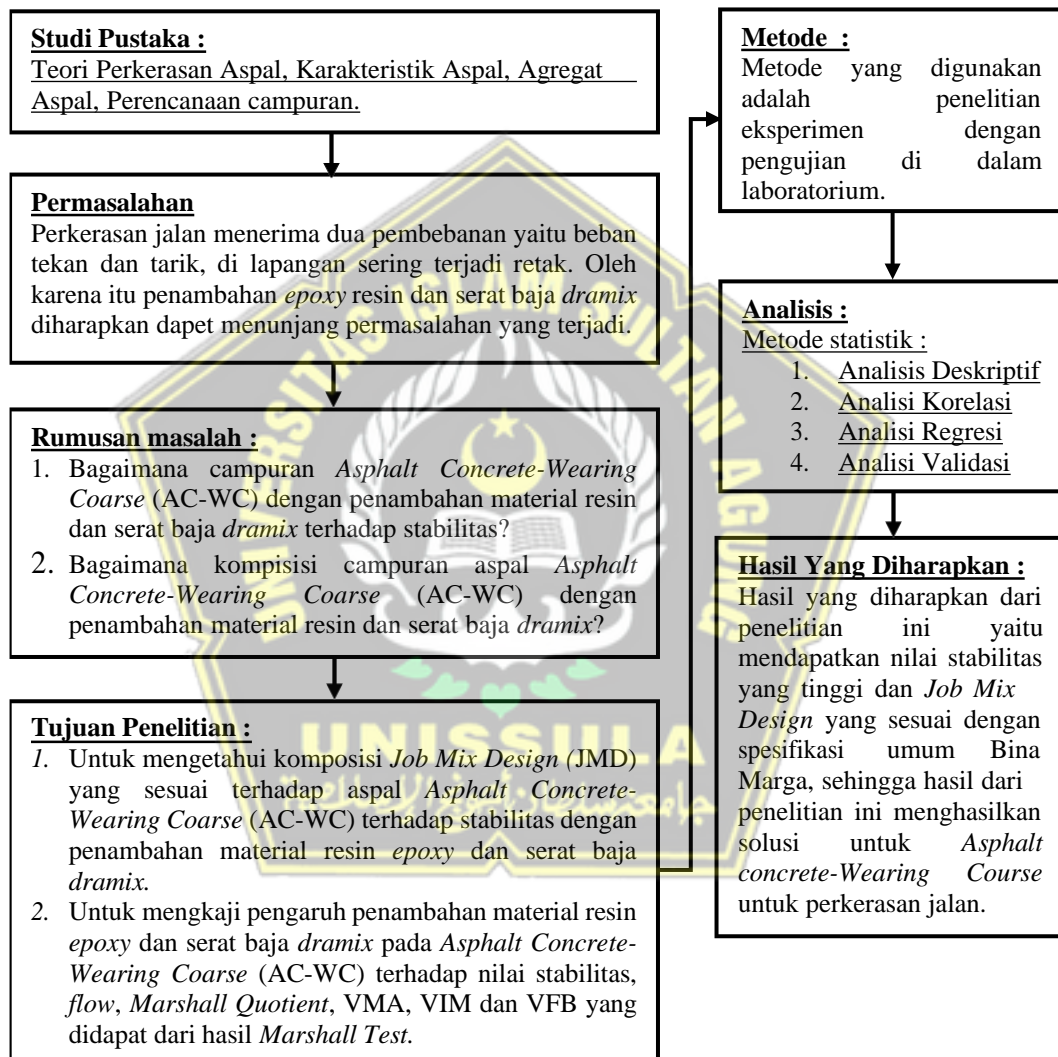
Struktur perkerasan yang merupakan salah satu prasarana pendukung transportasi memiliki berbagai permasalahan, seperti retakan halus pada badan jalan dan lubang pada perkerasan jalan. Dilihat dari peningkatan mobilitas, peneliti menilai dibutuhkan peningkatan kualitas dan kuantitas jalan yang dapat memenuhi hal tersebut, karena itu peneliti; Nisa Ul Azizah dan Carlen Rama Riska Ricardo merencanakan penelitian dengan judul "Analisa *Asphalt Concrete-Wearing Coarse* (AC-WC) dengan Penambahan Resin dan Serat Baja *Dramix*" yang bertujuan menginvestigasi nilai stabilitas *Asphalt Concrete-Wearing Course* dengan campuran serat baja *Dramix* dan resin dengan komposisi 0%, 2%, 4%, 6% *Dramix* dan kadar campuran resin 0%, 2%, 4%, dan 6%.

Resin *epoxy* merupakan suatu bahan yang memiliki daya susut yang rendah, daya rekat yang baik, tahan lembab, dan tahan tekanan sehingga cocok untuk dijadikan bahan tambahan campuran aspal beton dengan harapan perekat *epoxy* tersebut akan menambah kekuatan pada permukaan perkerasan jalan yang akan dilalui oleh banyak kendaraan setiap harinya. Sedangkan penambahan serat baja *Dramix* atau *steel fiber* berfungsi menahan penyebaran keretakan dan menahan gaya tarik yang sering terjadi akibat dari peningkatan mobilitas pada permukaan perkerasan jalan. Pada penelitian ini, peneliti akan menganalisa kombinasi campuran resin *epoxy* dan serat baja *Dramix* dengan kadar berapa yang paling efektif.

Dalam pengujian ini menggunakan metode kuantitatif dengan membuat benda uji berdasarkan spesifikasi bina marga dan melihat kemudian melakukan analisa hasil uji dari *Marshall Test*. Hasil yang diharapkan pada pengujian ini adalah untuk mendapatkan nilai stabilitas yang tinggi dan *Job Mix Design* yang sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga, sehingga hasil dari penelitian ini menghasilkan solusi untuk *Asphalt concrete – Wearing Course* untuk perkerasan jalan.

2.12 Kerangka Berpikir

Hasil dari data dan informasi dari studi pustaka yang digunakan dan berbagai macam penelitian yang dilakukan dengan menggunakan resin, didapatkan hasil bahwa temperatur perkerasan aspal dipengaruhi oleh rendaman air. Gambar 2.3 menunjukkan kerangka berpikir pengujian ini, yang mencakup konsep masalah, konsep penanganan masalah, konsep tahapan dan prosedur, konsep skenario penelitian, konsep metode analisis, dan konsep evaluasi.



Gambar 2.3. Diagram Alur Kerangka Berfikir

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendekatan

Metode penelitian adalah proses pengambilan, analisis, dan identifikasi variabel penelitian dalam upaya menemukan solusi untuk masalah pokok penelitian. Penelitian ini akan menggunakan penelitian percobaan (*experiment*), yaitu penelitian yang dilaksanakan dengan percobaan di laboratorium untuk mengumpulkan data. Selanjutnya, data diproses dengan mempertimbangkan persyaratan atau standar spesifikasi untuk menghasilkan hasil perbandingan yang diinginkan.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang dengan dasar memakai sistem penggabungan aspal panas *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC). Di dalam penelitian ini berupa pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran (uji *Marshall*). Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang memakai sistem penggabungan aspal panas yang dikenal sebagai *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC). Pengujian yang dilakukan antara lain adalah uji agregat (kasar, halus, dan *filler*), aspal, dan campuran (uji *Marshall*). Pengujian agregat berupa pengujian berat jenis dan porositas. Metode yang diaplikasikan sebagai penguji campuran ialah metode *Marshall*, di mana dari pengujian *Marshall* tersebut diperoleh hasil-hasil yang berbentuk komponen-komponen *Marshall*, yaitu berat volume benda uji, nilai stabilitas, *flow*, *void in the mix* (VIM), *void in mineral aggregate* (VMA), *void filled with asphalt* (VFA), nilai tebal selimut atau film aspal berdasarkan hasil tersebut dapat ditentukan *Marshall quotient*.

3.2. Alat dan Bahan Pengujian

Berikut ini adalah peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian:

- 1) Bahan material yang digunakan:
 - Agregat kasar berupa kerikil
 - Agregat halus berupa pasir dan abu batu
 - Aspal pen 60/70
 - *Filler*

- Resin
 - Serat baja *Dramix*
- 2) Alat yang digunakan:
- a. Alat uji pemeriksaan aspal
Peralatan yang terdiri dari penguji penetrasi, titik lembek, titik nyala, daktilitas, dan kelarutan, serta timbangan dan piknometer, digunakan dalam pemeriksaan aspal.
 - b. Alat uji pemeriksaan agregat
Mesin uji abrasi, saringan standar, alat uji kepipihan, pengering (oven), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), bak perendam, dan tabung *sand equivalent* adalah alat yang digunakan untuk memeriksa agregat.
Instrumen yang dipakai untuk mengecek agregat meliputi mesin uji abrasi, ayakan standar, alat uji serpihan, oven pengering, timbangan, alat uji berat jenis (yang menggabungkan piknometer, timbangan, dan pemanas), bak perendaman, dan tabung *sand equivalent*.
 - c. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal
Alat uji yang dipakai ialah satu set alat untuk metode *Marshall*.

3.3 Keperluan dan Analisis Data

Selepas semua proses penelitian selesai, termasuk seluruh pengujian sifat bahan dan karakteristik *Marshall* campuran kemudian penyajian analisis data dilakukan.

3.3.1 Kebutuhan Data

Kebutuhan data yang diperlukan berkaitan dengan sifat material dan sifat campuran *Marshall* yang ditentukan oleh hasil pengujian. Tujuan dari pengujian ini adalah mendapatkan informasi untuk menganalisis data pengujian, khususnya untuk mengetahui karakteristik *Marshall* dari jenis campuran aspal beton tertentu.

3.3.2 Analisis Data

Pada tahap ini, semua data yang didapatkan dari hasil pengujian dianalisa untuk mengevaluasi dampak dari percobaan. Ini termasuk mengidentifikasi karakteristik *Marshall* dari jenis campuran beton aspal yang digunakan.

3.4 Penentuan Jumlah dan Persiapan Benda Uji

Selepas semua bahan yang lolos tahap pengujian sesuai spesifikasi, langkah berikutnya adalah menentukan jumlah benda uji dan menyediakan bahan campuran sesuai dengan komposisi campuran yang dihasilkan, juga dikenal sebagai desain campuran kerja (*Job Mix Design*). Pada tabel 3.1 berikut menunjukkan jumlah benda uji dari masing-masing campuran.



Tabel 3.1. Rencana Campuran Penelitian

Nama sampel	Agg batu $\frac{3}{4}$ "		Agg batu $\frac{1}{2}$ "		Abu batu		Filler		Pasir		Aspal		Resin		Dramix		Total Agg		Jumlah sampel
	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	(gr)	(%)	
R0D0	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	0	0	0	0	1200	100	1
R0D2	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	0	0	1,392	2	1201,392	102	1
R0D4	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	0	0	2,784	4	1202,784	104	1
R0D6	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	0	0	4,176	6	1204,176	106	1
R2D0	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	1,392	2	0	0	1201,392	102	1
R2D2	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	1,392	2	1,392	2	1202,784	104	1
R2D4	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	1,392	2	2,784	4	1204,176	106	1
R2D6	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	1,392	2	4,176	6	1205,568	108	1
R4D0	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	2,784	4	0	0	1202,784	104	1
R4D2	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	2,784	4	1,392	2	1204,176	106	1
R4D4	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	2,784	4	2,784	4	1205,568	108	1
R4D6	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	2,784	4	4,176	6	1206,96	110	1
R6D0	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	4,176	6	0	0	1204,176	106	1
R6D2	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	4,176	6	1,392	2	1205,568	108	1
R6D4	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	4,176	6	2,784	4	1206,96	110	1
R6D6	300	25	300	25	480	40	14,4	1,2	36	3	69,6	5,8	4,176	6	4,176	6	1208,352	112	1
TOTAL SAMPLE																			16

3.5 Rancangan Campuran

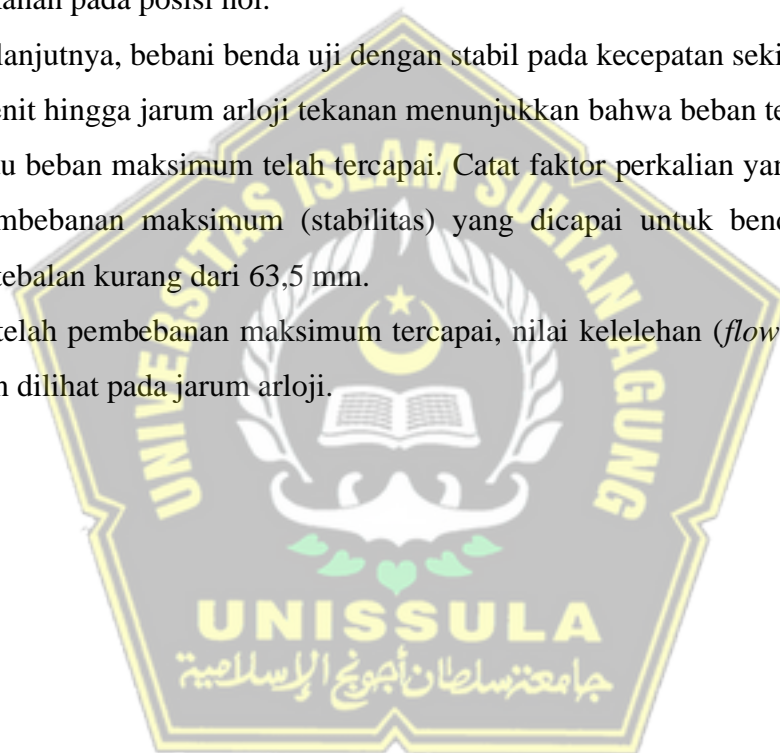
Setelah menetapkan kadar aspal yang diperlukan untuk campuran aspal beton AC–WC dengan mengaplikasikan kadar aspal 5,8%, benda uji tes *Marshall* disiapkan sesuai dengan langkah-langkah berikut:

1. Uji *Marshall* standar, dengan penumbukan 75 kali pada kedua sisi benda uji, dilakukan berdasarkan kadar aspal yang digunakan sebesar 5,8%. Jenis aspal pertamina pen 60/70 digunakan. Pengujian durabilitas untuk Stabilitas, Aliran, VIM, VMA, VFA, *Density* (kepadatan), dan MQ. Kadar agregat dapat dihitung dengan menggunakan hubungan kadar aspal 5,8%.
2. Kemudian membuat 48 komposisi benda uji yang sudah dirancakangkan. Dalame persiapan benda uji yang sudah lolos standar, agregat yang akan digunakan ditimbang sesuai jenisnya dan dipisahkan dalam masing-masing cawan atau wadah. Agregat kemudian dimasukan ke dalam oven selama minimum 4 jam dengan suhu 160°C. Setelah itu agregat dikeluarkan dari oven lalu tunggu sampai beratnya tetap. Timbang agregat sesuai kebutuhan dengan kadar aspal 5,8% pada tiap komposisi modifikasi yang akan dibuat. Setelah itu agregat yang sudah ditimbang dimasukan kedalam campuran aspal seusai dengan perhitungan menggunakan aspal 5,8%. Aspal dan agregat yang dipanasan diatas kompor harus diatuk secara merata sampai seluruh permukaan agregat berwarna hitam. Ketika semua sudah hitam merata, tuangkan resin dan *Dramix* dengan kadar variasi yang sudah ditentukan yaitu 0%, 2%, 4%, dan 6% , kemudian aduk kembali hingga merata. Setelah campuran keseluruhan merata masukan campuran ke dalam alat cetak lalu tumbuk sebanyak 2x75 tumbukan. Setelah benda uji selesai dicetak, kemudian dilakukan pengujian *Marshall* (*Marshall test*) untuk mengetahui nilai stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, VFA dan *density* (kepadatan).

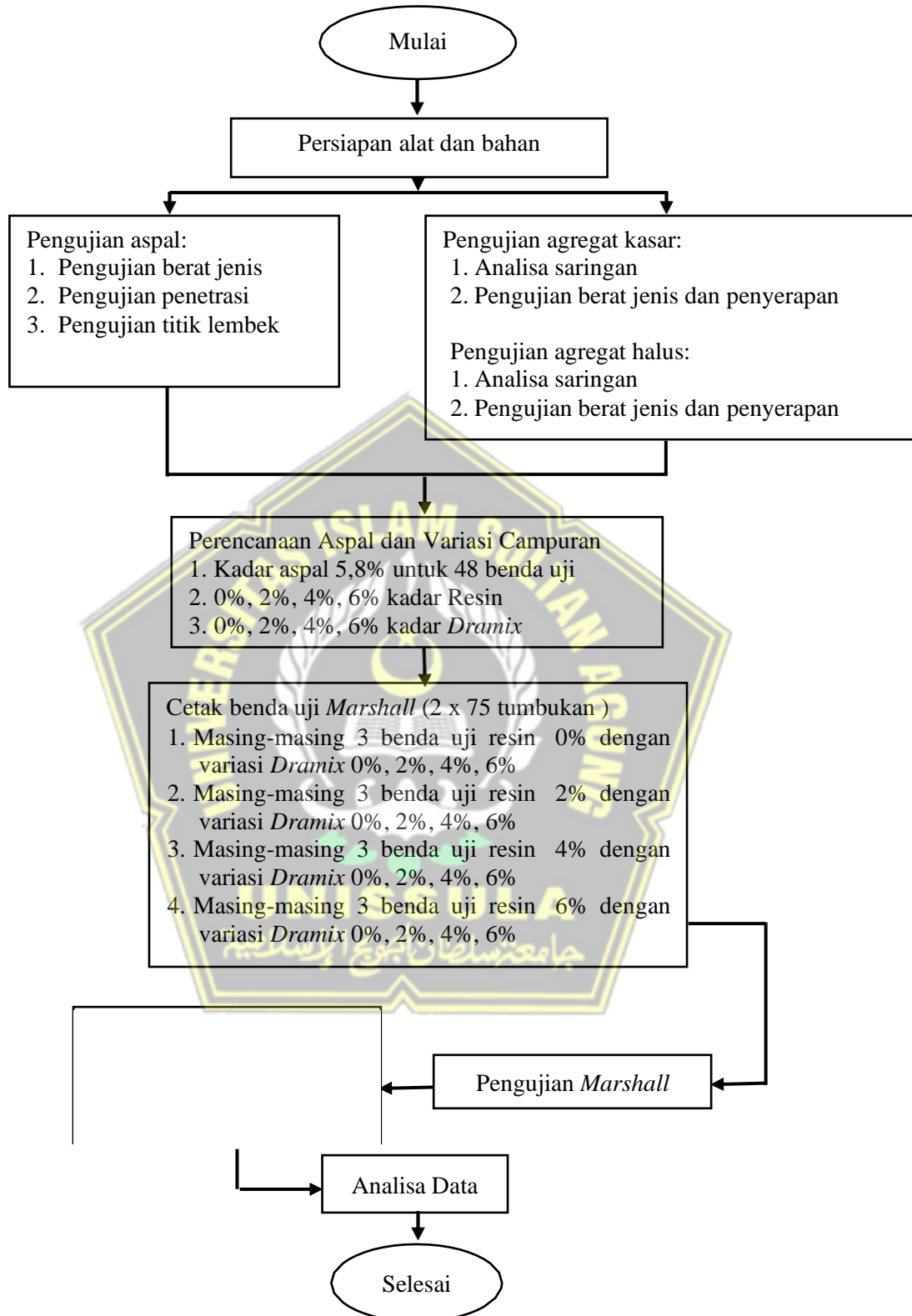
3.6 Tahap Pengujian *Marshall*

1. Agregat ditimbang untuk setiap variasi berdasarkan persentase yang ditentukan dari target gradasi yang diinginkan. Campuran tersebut memiliki diameter 4 inci dan berat sekitar 1200 gram. Campuran agregat kemudian dikeringkan pada suhu $\pm 145^{\circ}\text{C}$ hingga mencapai berat yang ditetapkan.
2. Tentukan berapa berat aspal yang harus dimasukkan ke dalam campuran agregat.
3. Aspal dipanaskan untuk pencampuran pada viskositas kinematik, yang memastikan temperatur campuran agregat dan aspal tetap. Untuk melakukan ini, aspal dicampur di atas pemanas atau kompor, dan campuran dilakukan secara merata.
4. Setelah komposisi dicampur dengan baik dan merata pada suhu 145°C , letakkan kertas karton atau kertas filter di bagian bawah cetakan. Kemudian, gunakan spatula untuk menjerojok campuran sebanyak 25 kali di bagian bawah dan 10 kali di bagian tengah. Tutup kembali cetakan dengan kertas.
5. Pemadatan dilakukan dengan mesin compactor sebanyak 75 kali tumbukan secara bolak-balik. Setelah satu sisi selesai ditumbuk sebanyak 75 kali, benda uji dibalik ke sisi lainnya untuk ditumbuk sebanyak 75 kali.
6. Benda uji kemudian didiamkan untuk menurunkan suhu sebelum dikeluarkan dengan alat ejector. Setelah suhu turun benda uji dikeluarkan dan diberi nama dan kode sesuai variasi dari komposisi yang dibuat.
7. Ukur ketebalan benda uji dalam empat sisi sejajar untuk mengetahui ketebalan rata-ratanya. Kemudian, timbang berat benda uji untuk mendapatkan berat sampel kering.
8. Kemudian, benda uji direndam dalam air selama lima belas atau dua puluh menit sampai gelembung udara keluar dari pori-porinya.
9. Selanjutnya adalah menimbang sampel setelah direndam untuk mengetahui beratnya dalam air.
10. Setelah melakukan penimbangan dan perendaman di dalam air, benda uji harus dikeluarkan dan dikeringkan menggunakan kain lap atau handuk dan kemudian melakukan penimbangan untuk mendapatkan berat sampel setelah perendaman.

11. Kemudian melakukan perendaman pada benda uji yang telah dibuat pada suhu 60° C selama 30 menit.
12. Kemudian benda uji dipasang ke dalam segmen bawah kepala penekan, selanjutnya pasang segmen atas dan letakkan seluruh mesin penguji *Marshall*
13. Pegang selongsong dengan erat di atas bagian atas kepala tekanan dan pasang arloji pengukur aliran (*flow*) pada salah satu batang pemandu. Atur jarum penunjuk ke angka nol.
14. Benda uji dan kepala penekan diangkat hingga bersentuhan dengan dasar cincin uji sebelum dilakukan pembebanan. Selanjutnya, posisikan jarum arloji tekanan pada posisi nol.
15. Selanjutnya, bebani benda uji dengan stabil pada kecepatan sekitar 50 mm per menit hingga jarum arloji tekanan menunjukkan bahwa beban telah berkurang atau beban maksimum telah tercapai. Catat faktor perkalian yang relevan dan pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai untuk benda uji dengan ketebalan kurang dari 63,5 mm.
16. Setelah pembebanan maksimum tercapai, nilai kelelahan (*flow*) dapat dicatat dan dilihat pada jarum arloji.



3.7 Tahapan penelitian



Gambar 3.1. Bagan Alir Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pendahuluan

Pada bab ini membahas mengenai hasil penelitian, yaitu berupa hasil persiapan bahan penelitian, penentuan kada aspal, pembuatan benda uji dan pengujian *Marshall* di laboratorium. Pada tahap penyediaan bahan diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Mohandas Oeloeng Kendal. Semua proses pembuatan benda uji dan properti material selanjutnya dilakukan di laboratorium transportasi jalan Universitas Islam Sultan Agung Semarang.



Gambar 4.1. Pengambilan Agregat Material

Pengambilan material aspal pen 60/70 diambil dari *Asphalt Mixing Plant* (AMP) PT. Deltamarga Adyatama Jekulo Kudus, yang nantinya akan digunakan sebagai bahan material pada penelitian.



Gambar 4.2. Aspal Pen 60/70

4.2. Pembuatan Benda Uji Dengan Kadar Aspal

Komposisi aspal normal yang di rencanakan menggunakan kadar 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Pembuatan benda uji nantinya akan digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum yang nantinya akan digunakan mada campuran aspal modifikasi. Campuran normal tanpa bahan tambah resin dan serat baja akan dibuat masing-masing adalah 3 buah dengan total keseluruhan benda uji adalah 15 buah dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 4.1. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) Kadar Aspal 4,5%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	44%	504,24 gram
2	Pasir	3%	34,38 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	12%	137,52 gram
4	<i>Coarse Aggregate ½"</i>	40%	458,4 gram
5	<i>Filler</i>	1,0%	11,46 gram
		100%	1146 gram
Keterangan Aspal			
	Aspal	4,5%	54 gram

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

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	44%	501,6 gram
2	Pasir	3%	34,2 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	12%	136,8 gram
4	<i>Coarse Aggregate ½"</i>	40%	456 gram
5	<i>Filler</i>	1,0%	11,40 gram
		100%	1140 gram
Keterangan Aspal			
	Aspal	5%	60 gram

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

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	44%	498,96 gram
2	Pasir	3%	33,84 gram

3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	12%	136,08 gram
4	<i>Coarse Aggregate ½"</i>	40%	453,6 gram
5	<i>Filler</i>	1,0%	11,34 gram
		100%	1134 gram
Keterangan Aspal			
Aspal		5,5%	66 gram

Tabel 4.4. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) Kadar Aspal 6%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	44%	496,32 gram
2	Pasir	3%	33,84 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	12%	135,36 gram
4	<i>Coarse Aggregate ½"</i>	40%	451,2 gram
5	<i>Filler</i>	1,0%	11,28 gram
		100%	1128gram
Keterangan Aspal			
Aspal		6%	72 gram

Tabel 4.5. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) Kadar Aspal 6,5%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	44%	493,68 gram
2	Pasir	3%	33,66 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	12%	134,64 gram
4	<i>Coarse Aggregate ½"</i>	40%	448,8 gram
5	<i>Filler</i>	1,0%	11,22 gram
		100%	1122gram
Keterangan Aspal			
Aspal		6,5%	78 gram

4.3. Pembuatan Benda Uji Dengan Bahan Tambah Resin dan Serat Baja *Dramix*

Komposisi aspal modifikasi menggunakan aspal 5.8% yang direncanakan dengan bahan tambah resin dan serat baja dramis memiliki 16 variasi dengan masing masing persentase campuran adalah 0%, 2%, 4%, dan 6%. Masing-masing variasi

yang dibuat adalah 3 buah benda uji dengan total keseluruhan aspal modifikasih adalah 48 benda uji. Dibawah ini adalah detail komposisi campuran yang dibuat.

Tabel 4.6. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 0% dan Serat Baja (*Dramix*) 0%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram

Tabel 4.7. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 0% dan Serat Baja (*Dramix*) 2%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Agregat ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	<i>Dramix</i>	2%	1,392 gram

Tabel 4.8. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 0% dan Serat Baja (*Dramix*) 4%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Agregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram

6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	<i>Dramix</i>	4%	2,784 gram

Tabel 4.9. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 0% dan Serat Baja (*Dramix*) 6%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	<i>Dramix</i>	6%	4,176 gram

Tabel 4.10. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 2% dan Serat Baja (*Dramix*) 0%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	2%	1,392 gram

Tabel 4.11. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 2% dan Serat Baja (*Dramix*) 2%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram

4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	2%	1,392 gram
8	<i>Dramix</i>	2%	1,392 gram

Tabel 4.12. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 2% dan Serat Baja (*Dramix*) 4%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	2%	1,392 gram
8	<i>Dramix</i>	4%	2,784 gram

Tabel 4.13. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 2% dan Serat Baja (*Dramix*) 6%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	2%	1,392 gram
8	<i>Dramix</i>	6%	4,176 gram

Tabel 4.14. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 4% dan Serat Baja (*Dramix*) 0%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	4%	2,784 gram

Tabel 4.15. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 4% dan Serat Baja (*Dramix*) 2%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	4%	2,784 gram
8	<i>Dramix</i>	2%	1,392 gram

Tabel 4.16. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 4% dan Serat Baja (*Dramix*) 4%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram

6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	4%	2,784 gram
8	<i>Dramix</i>	4%	2,784 gram

Tabel 4.17. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 4% dan Serat Baja (*Dramix*) 6%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	4%	2,784 gram
8	<i>Dramix</i>	6%	4,176 gram

Tabel 4.18. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 6% dan Serat Baja (*Dramix*) 0%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	6%	4,176 gram

Tabel 4.19. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 6% dan Serat Baja (*Dramix*) 2%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram

2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	6%	4,176 gram
8	<i>Dramix</i>	2%	1,392 gram

Tabel 4.20. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 6% dan Serat Baja (*Dramix*) 4%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	6%	4,176 gram
8	<i>Dramix</i>	4%	2,784 gram

Tabel 4.21. Rancangan Campuran Aspal (*Job Mix Design*) dengan Resin 6% dan Serat Baja (*Dramix*) 6%

No.	Komposisi	%	Hasil
1	Abu Batu	40%	480 gram
2	Pasir	3%	36 gram
3	<i>Medium Aggregate ¾"</i>	25%	300 gram
4	<i>Coarse Agregat ½"</i>	25%	300 gram
5	<i>Filler</i>	1,2%	14,4 gram
6	Aspal	5,8%	69,6 gram
Total		100,0%	1200 gram
7	Resin	6%	4,176 gram
8	<i>Dramix</i>	6%	4,176 gram

Perancangan dan pembuatan benda uji yang akan digunakan untuk penelitian dengan metodel *Marshall*. Setelah semua material penyusun campuran aspal, termasuk agregat kasar dan halus dan aspal pen 60/70 telah diuji dan memenuhi spesifikasi. Selanjutlannya pengujian *Marshall* sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 (PA-0305-76, AASHTO T- 44-81, dan ASTM D-2042-76).

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

Pada pembuatan campuran aspal yang akan diuji, tiap variasi sample modifikasi dan normal dibuat sebanyak 3 komposisi campuran. Masing-masing komposisi modifikasi dengan resin dan serat baja memiliki kadar persen bahan tambah 0%, 2%, 4%, dan 6% yang nantinya akan digunakan sebagai pembanding untuk memnentukan campuran yang terbaik pada penilitan ini. Detail pembuatan benda uji dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 4.22. Pembuatan Benda Uji

No.	Komposisi	Jumlah
1	Resin 0% + <i>Dramix</i> 0%	3 buah
2	Resin 0% + <i>Dramix</i> 2%	3 buah
3	Resin 0% + <i>Dramix</i> 4%	3 buah
4	Resin 0% + <i>Dramix</i> 6%	3 buah
5	Resin 2% + <i>Dramix</i> 0%	3 buah
6	Resin 2% + <i>Dramix</i> 2%	3 buah
7	Resin 2% + <i>Dramix</i> 4%	3 buah
8	Resin 2% + <i>Dramix</i> 6%	3 buah
9	Resin 4% + <i>Dramix</i> 0%	3 buah
10	Resin 4% + <i>Dramix</i> 2%	3 buah
11	Resin 4% + <i>Dramix</i> 4%	3 buah
12	Resin 4% + <i>Dramix</i> 6%	3 buah
13	Resin 6% + <i>Dramix</i> 0%	3 buah
14	Resin 6% + <i>Dramix</i> 2%	3 buah
15	Resin 6% + <i>Dramix</i> 4%	3 buah
16	Resin 6% + <i>Dramix</i> 6%	3 buah
	Normal Kadar Aspal (4;4,5;5;5,5;6)	15 buah
	Total Benda Uji	53 buah

Masing-masing benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk perbandingan masing-masing benda uji apabila ada salah satu sample tidak memenuhi standar spesifikasi Teknik Bina Marga Tahun 2018 Revisi ke-2 dan 2 benda uji lainnya memenuhi spesifikasi Teknik Bina Marga Tahun 2018 Revisi ke-2 maka benda uji tersebut dapat digunakan dan dibandingkan hasilnya.

4.5. Pengujian Laboratorium

4.5.1. Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik dan Mekanis Aspal Pertamina Pen 60/70

Material aspal yang digunakan adalah aspal pen 60/70. Pengujian yang dilakukan untuk menguji aspal polimer ini memiliki 5 parameter yaitu penetrasi, titik lembek, daktalitas, titik nyala, dan berat jenis aspal untuk hasil yang lebih terperinci dapat dilihat pada lampiran 2 data pengujian aspal. Parameter ini dapat digunakan untuk menunjukkan sifat utama aspal polimer yang digunakan dalam campuran perkerasan lentur. Hasil pengujian ditunjukkan pada tabel di bawah ini dengan menggunakan perbandingan dari Spesifikasi Pemeriksaan Jalan No. 01/MN/BM/1976 Bina Marga.

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

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Spesifikasi Aspal Pen 60/70		Hasil Pemeriksaan	Spesifikasi	Keterangan
			Min	Max			
1	Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik	0,1 mm	60	70	65	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
2	Titik Lembek 5°C (Ring and Ball Test)	°C	48	58	52,45	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
3	Titik Nyala (Cleaveland Open Cup)	°C	Min 200	-	315	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
4	Daktalitas	cm	Min 100	-	151,5	SNI-06-2456-1991	Memenuhi
5	Berat Jenis	%	Min 1,0	-	1,039	SNI-06-2456-1991	Memenuhi

Dalam proses pencampuran aspal polimer, tiga komponen penting adalah suhu yang digunakan selama proses pencampuran, kekuatan mixer, dan waktu pengadukan. Pencampuran aspal polimer memerlukan waktu 2,3 hingga 3 jam dengan mixer sebesar 2000 rpm dan suhu 150 hingga 170 °C.

4.5.2. Pengujian Gradasi Agregat Hot Bin II

Pengujian gradasi agregat Hot Bin II adalah pengujian *coarse aggregate* pengujian dilakukan untuk agregat kasar pada komposisi AC-WC. Cara menentukan gradasi agregat pada lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) maka agregat kasar yang digunakan adalah batu pecah dengan ukuran maksimal ¾". Detail hasil gradasi disajikan pada table di bawah ini berdasarkan peraturan dari (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)

Tabel 4.24. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin II (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN		Percobaan 1			UKURAN SARINGAN	Percobaan 2		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
SIEVE SIZE		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	2,813	45.07	54.93	1/2"	2,245	38.66	61.34
3/8"	9.5	4,978	79.75	20.25	3/8"	4,556	78.46	21.54
# 4	4.75	6,109	97.87	2.13	# 4	5,665	97.55	2.45
# 8	2.36	6,126	98.14	1.86	# 8	5,766	99.29	0.71
# 16	1.15	6,179	98.99	1.01	# 16	5,801	99.90	0.10
# 30	0.6	6,188	99.13	0.87	# 30	5,801	99.90	0.10
# 50	0.3	6,191	99.18	0.82	# 50	5,801	99.90	0.10
#100	0.15	6,191	99.18	0.82	#100	5,801	99.90	0.10
# 200	0.075	6,191	99.18	0.82	# 200	5,801	99.90	0.10
Weight Of Sample (gr)		6,242				5,807		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Menurut analisis saringan agregat kasar yang dilakukan pada Hot Bin II, agregat yang lolos saringan 3/4” sebanyak 58,14% dan tertahan pada saringan 1/2” atau 9,52 mm sebanyak 61,34%., sebanyak 25% dari total sample analisa saringan medium merupakan agregat lolos saringan 3/8” dan tertahan pad saringan No.4 atau 4,75 mm sebanyak 2,13%.

4.5.3. Pengujian Gradasi Aggregate Hot Bin III

Hot Bin III terdiri dari materian medium agregat atau agregat kasar yang lolos saringan nomo 1 ½ - ½ dan tertahan pada saringan nomor 3/8 sampai dengan saringan #200, detail hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.25 di bawah ini.

Tabel 4.25. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin III (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 1			UKURA N SARINGAN AN inch	Percobaan 2		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%		gr	%	%
inch	mm							
1"	25				1"			
3/4"	19				3/4"			
1/2"	12.5	-	-	100.00	1/2"	-	-	100.00
3/8"	9.5	927	27.97	72.03	3/8"	931	27.81	72.19
# 4	4.75	2,106	63.55	36.45	# 4	2,540	75.87	24.13
# 8	2.36	3,015	90.98	9.02	# 8	3,252	97.13	2.87
# 16	1.15	3,144	94.87	5.13	# 16	3,187	95.19	4.81
# 30	0.6	3,208	96.80	3.20	# 30	3,257	97.28	2.72
# 50	0.3	3,246	97.95	2.05	# 50	3,278	97.91	2.09
#100	0.15	3,257	98.28	1.72	#100	3,301	98.60	1.40
# 200	0.075	3,298	99.52	0.48	# 200	3,329	99.43	0.57
Weight Of Sample (gr)		3,314				3,348		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Menurut analisis saringan agregat kasar yang dilakukan pada Hot Bin II, agregat yang lolos saringan 3/4” sebanyak 58,14% dan tertahan pada saringan 1/2” atau 9,52

mm sebanyak 72,11%. Sementara itu hasil dari sebaran agregat medium, sebanyak 72,19% dari total sample analisa saringan medium merupakan agregat lolos saringan 3/8” dan tertahan pada saringan No.4 atau 4,75 mm sebanyak 30,29%.

4.5.4. Pengujian Gradasi Agregate Hot Bin IV

Hot Bin IV merupakan material agregat halus yang lolos saringan 1 ½ - #4 dan tertahan mulai dari saringan no #8 yang terdiri dari material abu batu dan detail hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada tabel 4.26 di bawah ini.

Tabel 4.26. Hasil Analisa Pembagian Butiran Hot Bin IV (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 1			UKURAN SARINGAN	Percobaan 2		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%		Gr	%	%
inch	mm				inch			
1"	25				1"			
3/4"	19				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	182.3	23.73	76.27	# 8	177.0	21.55	78.45
# 16	1.15	396.8	51.65	48.35	# 16	421.2	51.28	48.72
# 30	0.6	540.0	70.29	29.71	# 30	553.2	67.36	32.64
# 50	0.3	576.0	74.97	25.03	# 50	624.6	76.05	23.95
#100	0.15	638.9	83.16	16.84	#100	678.7	82.64	17.36
# 200	0.075	705.2	91.79	8.21	# 200	764.5	93.08	6.92
Weight Of Sample (gr)		768.3				821.3		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Menurut analisis saringan agregat kasar yang dilakukan pada Hot Bin II, agregat yang lolos saringan 3/4” sebanyak 58,14% dan tertahan pada saringan 1/2” atau 9,52 mm sebanyak 100%. Sementara itu hasil dari sebaran agregat medium, sebanyak 100% dari total sampel analisa saringan medium merupakan agregat lolos saringan

No.4” dan tertahan pada saringan No.8” atau 1,15 mm sebanyak 77,36%. Untuk agregat halus terbagi di setiap saringan sesuai tabel di atas.

4.5.5. Pengujian Pasir

Pasir merupakan material agregat halus yang lolos pada saringan nomo 1 ½ - #30 dan tertahan mulai dari saringan #50. Hasil pengujian saringan pasir dapat dilihat pada tabel 4.27 di bawah ini.

Tabel 4.27. Hasil Analisa Pembagian Butiran Pasir (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN		Percobaan 1			Rata - rata	Percobaan 2		
		TERTAHAN		LOLOS		TERTAHAN		LOLOS
inch	mm	gr	%	%		gr	%	%
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.0	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.0	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.5	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.5	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00
# 4	4.75	0.00	0.00	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00
# 8	2.36	0.00	-	100.00	100.00	0.00	-	100.00
# 16	1.15	0.00	-	100.00	100.00	0.00	-	100.00
# 30	0.6	0.00	-	100.00	100.00	0.00	-	100.00
# 50	0.3	311.5	62.30	37.70	39.63	292.2	58.44	41.56
#100	0.15	415.3	83.06	16.94	14.32	441.5	88.30	11.70
# 200	0.075	482.1	96.42	3.58	4.50	472.9	94.58	5.42
Berat Contoh		500.0				500.0		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Pada hasil analisa saringan pasir sebanyak 100% lolos saringan Np.30” atau 0,6 mm dan tertahan pada saringan No.5” atau 0,4 mm sebanyak 41,56%. Sementara itu hasil dari sebaran agregat medium sebanyak 100% dari total sampel analisa saringan medium merupakan agregat lolos saringan No.30” dan tertahan pada saringan No.50 sebanyak 100%.

4.5.6. Pengujian Filler (Semen)

Semen merupakan material yang digunakan sebagai filler pada komposisi aspal, yang digunakan adalah semen portland, yang lolos saringan #8 samapi dengan #100 dan tertahan mulai dari saringan #200, hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.28 di bawah ini.

Tabel 4.28. Hasil Analisa Pembagian Butiran Filler Semen (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)

UKURAN SARINGAN SIEVE SIZE		Percobaan 1			Percobaan 2		
		TERTAHAN		LOLOS	TERTAHAN		LOLOS
		gr	%	%	gr	%	%
inch	mm						
1 1/2"	37.5						
1"	25.0						
3/4"	19.0						
1/2"	12.5						
3/8"	9.5						
# 4	4.75						
# 8	2.36	-	-	100.00	-	-	100.00
# 16	1.15	-	-	100.00	-	-	100.00
# 30	0.6	-	-	100.00	-	-	100.00
# 50	0.3	-	-	100.00	-	-	100.00
#100	0.15	-	-	100.00	-	-	100.00
# 200	0.075	1.7	1.72	98.28	1.3	1.31	98.69
Weight Of Sample (gr)		96.0			99.6		

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Untuk filler terbagi di setiap saringan dan lolos di atas saringan kecuali saringan NO.200 atau 0,075 mm yang tertahan sebanyak 1,72%. Pada tabel analisa pembagian butiran jenis material semen semua material lolos saringan 1” samapi dengan saringan No.100 atau 0,15 mm kecuali pada saringan No.200 sebanyak 98,28%.

4.5.7. Hasil Perhitungan Kombinasi Agregat

Kombinasi agregat adalah hasil dari penggabungan dari masing-masing material agregat yang lolos saringan $\frac{3}{4}$ dan tertahan mulai dari saringan ukuran $\frac{1}{2}$ sampai dengan #200, kombinasi agregat ini terdiri dari Hot Bin II, Hot Bin III, Hot Bin IV, Pasir, dan Filler (Semen). Untuk hasil kombinasi secara lebih jelas tertera pada tabel 4.29 di bawah ini.

Tabel 4.29. Perhitungan Kombinasi Agregat (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)

Uraian	Ukuran Saringan (SIEVE SIZE)											
	Inch	1"	3/4"	1/2"	3/8"	# 4	# 8	# 16	# 30	# 50	# 100	# 200
mm	25	19	12.7	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
Data Material												
Batu Pecah Max 3/4' (%)	100.00	100.00	58.14	20.90	2.29	1.29	0.56	0.49	0.46	0.46	0.46	0.46
Batu Pecah Max 1/2' (%)	100.00	100.00	100.00	72.11	30.29	5.95	4.97	2.96	2.07	1.56	1.56	1.56
Abu Batu (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	77.36	48.54	31.18	24.49	17.10	7.57	7.57
Pasir (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	39.63	14.32	4.50	4.50
Filler Semen (%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.64	98.64
Total Campuran		70.00	70.00	62.05	48.28	34.71	22.72	14.59	9.47	7.20	6.15	3.09
Batu Pecah Max 3/4' (%)	12.0%	12.00	12.00	6.98	2.51	0.27	0.15	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06
Batu Pecah Max 1/2' (%)	40.0%	40.00	40.00	40.00	28.84	12.12	2.38	1.99	1.18	0.83	0.62	0.62
Abu Batu (%)	44.0%	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	34.04	21.36	13.72	10.78	7.52	3.33
Pasir	3.0%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	1.19	0.43	0.14
Filler Semen (%)	1.0%	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
Total Campuran	100%	100.00	100.00	94.98	79.35	60.39	40.57	27.41	18.96	13.85	9.63	5.13
Spesifikasi Gradasi												
Max		100	100	95	80	65	48	35	25	18	12	7
Min		100	100	85	70	50	33	23	12	8	5	3
Toleransi Komposisi												
max		100.00		95.00	80.00	62.50	43.50	32.00	21.50	16.00	10.50	6.00
min		95.00		85.00	70.00	52.50	37.50	26.00	15.50	10.00	6.50	4.00
Luas Permukaan Agregat	:	5.70										

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

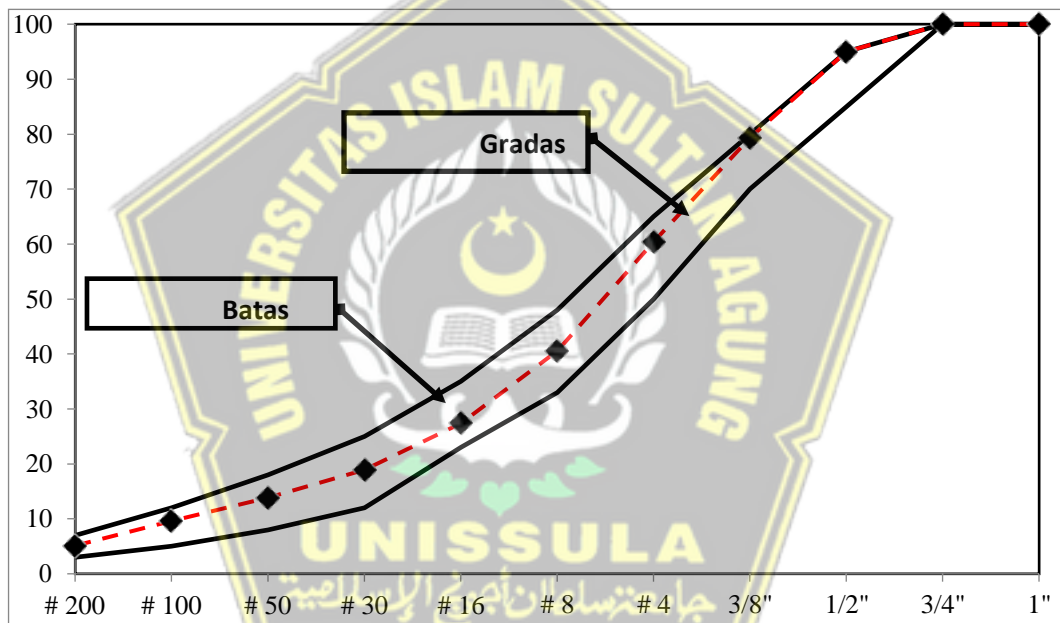
Tabel 4.30. Spesifikasi Batas Kombinasi Lolos Saringan (SNI 03-1968-1990/AASHTO T.27-88)

No Saringan	Spesifikasi		Prosentase Lolos (Kombinasi)
	Batas Atas	Batas Atas	
# 200	7	3	5.13
# 100	12	5	9.63
# 50	18	8	13.85
# 30	25	12	18.96
# 16	35	23	27.41
# 8	48	33	40.57

# 4	65	50	60.39
3/8"	80	70	79.35
1/2"	95.0	85	94.98
3/4"	100.0	100	100.00
1"	100.0	100.00	100.00

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Berdasarkan hasil tabel 4.30 didapatkan hasil total campuran gradasi kombinasi agregat yang tidak boleh melampaui batas maksimal dan minimal dari spesifikasi yang sudah ditetapkan, hasil grafik kombinasi gradasi agregat dan batas spesifikasi dapat dilihat pada gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3. Kombinasi Agregat

Dapat dilihat dari pembacaan gambar 4.3 kombinasi agregat prosentase lolos saringan No.200 atau 0,075 mm sampai dengan 1" tidak diperbolehkan melewati batasa maksimal dan minimal yang sudah ditentukan pada masing-masing agregat yang sudah diuji melalui saringan. Apabila ada agregat yang melewati batas atas maupun batas bawah, maka tidak diijinkan menjadi material pengisi pada AC-WC.

4.6. Pengujian Berat Jenis Campuran Aspal (AASHTO-209s)

Untuk menentukan berat jenis campuran aspal adalah dengan mengukur berat isi dan benda uji dimana udara yang ada di dalam benda uji harus dikeluarkan salah satunya dengan melakukan pengisapan.

4.6.1. Berat Jenis Dengan Campuran Komposisi Normal

Pemeriksaan berat jenis campuran aspal normal memiliki 5 kadar variasi aspla yang berbeda yakni 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% dengan benda uji GMM sebanyak 2 buah untuk masing-masing kadal berat jenis campuran aspal.

Tabel 4.31. Pemeriksaan Berat Jenis Campuran Maksimum GMM Campuran Komposisi Normal



(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Hasil pemeriksaan berat jenis campuran aspal dengan komposisi normal terdiri dari 5 variasi kadal aspal yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5% di dapatkan berat jenis maksimum aspal adalah 2,459 gr/cc.

4.7. Pengujian Kadar Aspal Dan Ekstraksi (SNI 03-3640-1994)

Kadar aspal dalam campuran adalah jumlah aspal yang ada di dalam campuran aspal yang didapatkan dengan melakukan ekstraksi menggunakan alat refluk ekstraktor. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan kadar aspal dalam suatu komposisi campuran (agregat+aspal) yang akan digunakan dalam perencanaan perkerasan jalan.

Tabel 4.32. Hasil Pengujian Kadar Aspal

No	Uraian Pemeriksaan		No.1	No.2	Sat
A	Berat Pan / Cawan		16.0	20.0	Gr
B	Berat Material + Pan Sebelum		549.0	531.2	Gr
C	Berat Material + Pan Sesudah		524.3	508.3	Gr
D	Berat Sebelum Ekstraksi	(B - A)	533.0	511.2	Gr
E	Berat Setelah Ekstraksi	(C - A)	508.3	488.3	Gr
F	Berat Kertas Filter		6.5	6.5	Gr
G	Berat Total Mineral	(C - A - F)	501.8	481.8	Gr
H	Berat Aspal Dalam Campuran	(D - G)	31.2	29.4	Gr
I	Prosen (%) Aspal Dalam Campuran	(H / D X 100)	5.85	5.75	%
	Rata - Rata		5.80		%

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Berdasarkan hasil tabel di atas dari pengujian kadar aspal dan ekstraksi digunakan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu sebesar 5,8% untuk campuran aspal modifikasi dengan bahan tambah resin dan serat baja *Dramix*. Hasil ini memenuhi syarat dikarenakan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) tersebut telah memenuhi syarat karakteristik *Marshall* sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 3 terkait penggunaan campuran aspal modifikasi.

4.7.1. Hasil Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran lapisan aspal beton (Laston0 dalam penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal yaitu 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Pengujian kadar aspal menggunakan 3 buah benda uji pada setiap kadar variasi aspal yang dibuat. Sehingga total benda uji adalah 15 benda uji dari 5 variasi. Data hasil pengujian dan analisa parameter dapat dilihat pada tabel 4.33 selanjutnya kadar aspal optimum ditentukan dengan menggunakan standar Bina Marga. Terdapat enam parameter yang harus dipenuhi antara lain adalah stabilitas, kelelahan (*flow*), *marshall quotient* (MQ), rongga terisi aspal (VFB), rongga dalam campuran (VIM) dan rongga dalam agregat (VMA).

Tabel 4.33. Data Hasil Pengujian Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Karakteristik <i>Marshall</i> Campuran Beraspal		Stabilitas (Kg)	<i>Flow</i> (mm)	MQ (Kg/mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)
Spesifikasi	Min	800	3	250	3	15	65
	Maks	-	-	0	5	-	-
4,5		2919.32	2.12	1167.14	5.32	15.99	53.65
		2213.22	2.23	1341.99	5.14	16.42	54.77
		2134.81	2.45	1189.31	6.22	16.17	52.46
Rata-rata		2422.45	2.27	1232.81	5.56	16.19	53.63
5		3000.77	2.12	1001.88	5.22	16.70	69.12
		3108.66	2.23	1106.77	5.00	15.66	68.18
		3141.44	2.45	1781.44	5.06	16.60	57.33
Rata-rata		3083.62	2.27	1296.70	5.09	16.32	64.88
5,5		2699.78	3.20	889.35	5.06	15.99	53.65
		2658.04	3.30	901.77	4.88	16.42	54.77
		2567.99	3.30	808.38	4.56	16.17	52.46
Rata-rata		2641.94	3.27	866.50	4.83	16.19	53.63
6		2419.42	4.00	577.12	4.62	16.81	73.66
		2673.22	4.20	598.59	4.88	17.24	74.02
		2454.81	3.10	603.77	4.31	17.55	72.98
Rata-rata		2515.82	3.77	593.16	4.60	17.20	73.55
6,5		2657.99	4.50	544.32	4.00	16.23	75.81
		2345.88	4.40	556.97	4.01	16.98	76.01
		2194.81	4.40	517.67	4.06	16.44	74.99
Rata-rata		2399.56	4.43	539.65	4.02	16.55	75.60

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

Berdasarkan hasil tabel di atas hasil pengujian untuk menentukan nilai KAO didapatkan kadar aspal optimum adalah 5,8% sedangkan untuk kadar aspal efektif pada kadar 5,5% dan 6%. Hal tersebut berdasarkan nilai VIM campuran yang dihasilkan pada test *Marshall* dengan nilai minimum adalah 3 dan maksimum adalah 5. Maka dapat ditentukan kadar aspal optimum sesuai gambar di bawah ini.

Gambar 4.4. Penentuan Kadar Aspal Optimum

4.7.2. Ringkasan Hasil Pegujian AC-WC

Setelah mengetahui nilai presentase masing-masing fraksi agregat dan aspal pada komposisi, Maka dapat ditentukan berat material untuk rancangan campana dengan kapasitas mold yang ada, perhitungan di bawah ini.

- Kadar Aspal = 5,8%
- Kapasitas Mold = 1200 gr
- Berat Aspal = $5,8\% \times 1200$ = 69,6 gr
- Berat Total Agregat = $(100-5,8)\% \times 1200$ = 1130,4 gr
 - Coarse Agregat (3/4") = $25\% \times 1200$ gr = 300 gr
 - Medium Agregat (1/2") = $25\% \times 1200$ gr = 300 gr
 - Pasir = $40\% \times 1200$ gr = 480 gr
 - Abu Batu = $3\% \times 1200$ gr = 36 gr
 - Filler = $1,2\% \times 1200$ gr = 14,4 gr
 - Total Agregat = 11304,4 gr

4.8. Hasil Pemeriksaan Pengujian *Marshall*

Sesudah menentukan *Job Mix Design (JMD)* dan juga design mix formula, dilakukan pembuatan benda uji aspal modifikasi sebanyak 16 variasi masing-masing variasi adalah 3 buah benda uji dengan total sebanyak 48 benda uji kemudian ditimbang dalam keadaan kering. Dilanjutkan benda uji ditimbang setelah melakukan perendaman selama 24 jam dan benda uji ditimbang kembali dalam keadaan SSD. Setelah didapatkan berat benda uji kemudian dilakukan perendaman pada *waterbath* (pemanasan cairan dengan cara merendamnya pada air yang telah dipanaskan sebelumnya) pada suhu 60 °C selama 60 menit.

Seluruh sampel benda uji direndam pada *waterbath*, benda uji harus langsung diuji dengan alat *marshall* untuk mendapatkan hasil bacaan stabilitas dan hasil bacaan *flow* (kelelehan) pada sampel tersebut. Tujuan pemeriksaan *Marshall* adalah mendapatkan hasil parameter aspal yaitu VMA (*Void In Mineral Aggregate*), VIM (*Void In Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow* (kelelehan), dan MQ (*Marshall Quotient*).

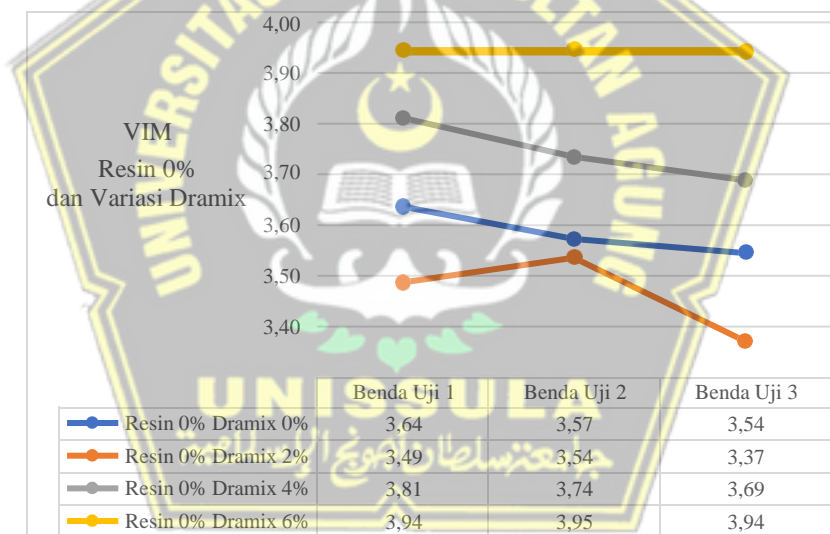
Hasil dari pemeriksaan dan grafik dari seluruh nilai parameter *Marshall Test* dapat dilihat pada tabel dan rekap di bawah ini. Parameter yang dicantumkan adalah VMA (*Void In Mineral Aggregate*), VIM (*Void In Mixture*), VFB (), stabilitas, *flow* (kelelehan), dan MQ (*Marshall Quotient*) yang telah memenuhi persyaratan dari Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 (revisi 2) Untuk hasil yang didapatkan dibagi menjadi tiga yaitu komposisi normal, komposisi dengan bahan tambah serat baja *Dramix* dan komposisi dengan bahan tambah resin.

4.8.1. Hasil *Marshall Benda Uji Kombinasi Resin 0% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%*

Hasil pengujian *Marshall* untuk benda uji komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan masing-masing memiliki 3 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 4.34. di bawah ini.

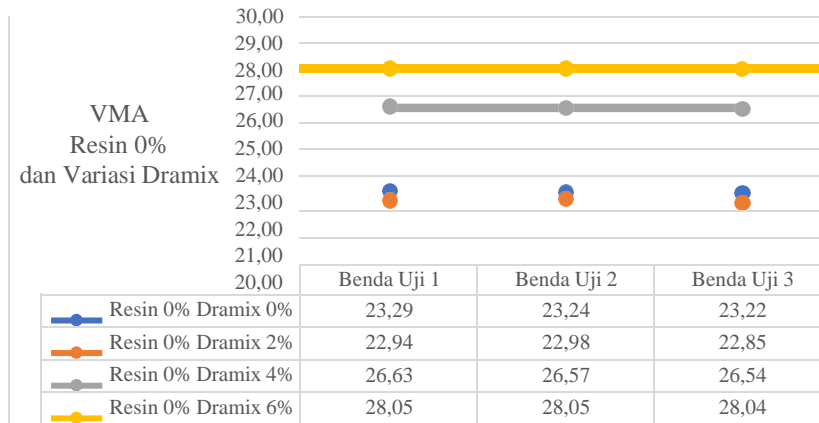
Tabel 4.34. Hasil *Marshall* Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pengujian (Komposisi Resin 0% dan Variasi Dramix 0%, 2%, 4%, 6%)																
BJ Aspal (T) : 1.039		Efektif Total Agregat (Gs 2.419					BJ Total Agg (Gsb) : 2.749			Kalibrasi Proving Ring : 9.817 Kg						
no benda uji	% Resin	% Serat Baja dramix	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam	% rongga terisi	stabilitas dibaca	di sesuaikan	kelelahan plastis (flow)	hasil bagi marshall (m q)
	a1	a2	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
			% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b) / gsb	100 - (100 * g) / h	100(i - j) / i				m / n
			(%)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Benda Uji 1	0%	0%	5.8	1190.0	677.8	1209.4	531.6	2.239	2.323	23.29	3.64	84.39	150	1472.55	3.40	433.10
Benda Uji 2	0%	0%	5.8	1120.0	616.2	1116.2	500.0	2.240	2.323	23.24	3.57	84.63	155	1521.64	3.20	475.51
Benda Uji 3	0%	0%	5.8	1175.0	657.6	1182.0	524.4	2.241	2.323	23.22	3.54	84.73	155	1521.64	3.10	490.85
Rata-rata	0%	0%	5.8					2.240	2.323	23.25	3.58	84.58	153.33	1505.27	3.23	465.55
Benda Uji 1	0%	2%	5.8	1168.0	676.4	1195.8	519.4	2.249	2.330	22.94	3.49	84.80	157	1541.27	3.10	497.18
Benda Uji 2	0%	2%	5.8	1180.0	658.0	1183.0	525.0	2.248	2.330	22.98	3.54	84.61	150	1472.55	3.30	446.23
Benda Uji 3	0%	2%	5.8	1164.0	656.2	1173.2	517.0	2.251	2.330	22.85	3.37	85.25	155	1521.64	3.20	475.51
Rata-rata	0%	2%	5.8					2.249	2.330	22.92	3.46	84.89	154.00	1511.82	3.20	472.44
Benda Uji 1	0%	4%	5.8	1188.0	605.4	1160.2	554.8	2.141	2.226	26.63	3.81	85.69	205	2012.49	3.30	609.84
Benda Uji 2	0%	4%	5.8	1200.0	633.0	1193.0	560.0	2.143	2.226	26.57	3.74	85.94	152	1492.18	3.20	466.31
Benda Uji 3	0%	4%	5.8	1186.0	610.8	1164.0	553.2	2.144	2.226	26.54	3.69	86.10	210	2061.57	3.20	644.24
Rata-rata	0%	4%	5.8					2.143	2.226	26.58	3.75	85.91	189.00	1855.41	3.23	573.84
Benda Uji 1	0%	6%	5.8	1170.0	594.6	1151.8	557.2	2.100	2.186	28.05	3.94	85.94	145	1423.47	3.10	459.18
Benda Uji 2	0%	6%	5.8	1183.0	642.0	1205.4	563.4	2.100	2.186	28.05	3.95	85.93	167	1639.44	3.10	528.85
Benda Uji 3	0%	6%	5.8	1165.0	594.2	1149.0	554.8	2.100	2.186	28.04	3.94	85.95	247	2424.80	3.40	713.18
Rata-rata	0%	6%	5.8					2.100	2.186	28.05	3.94	85.94	186.33	1829.23	3.20	571.64



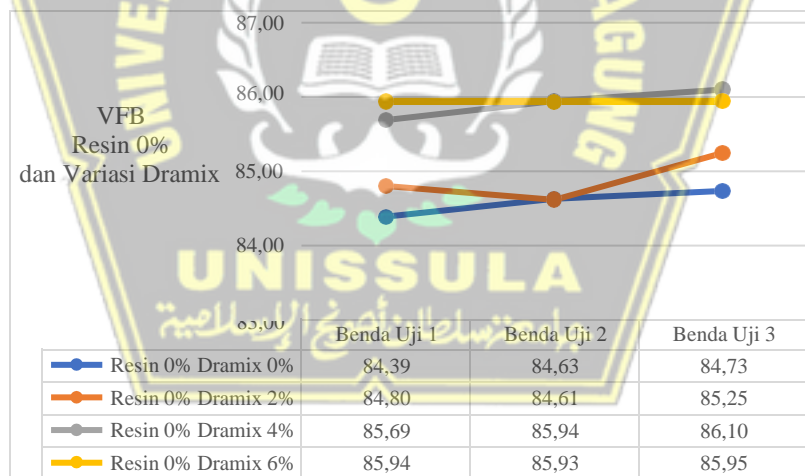
Gambar 4.5. VIM untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.5 menampilkan nilai VIM (*Void in Mixture*) pada campuran resin 0% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada diantara angka 3-5%.



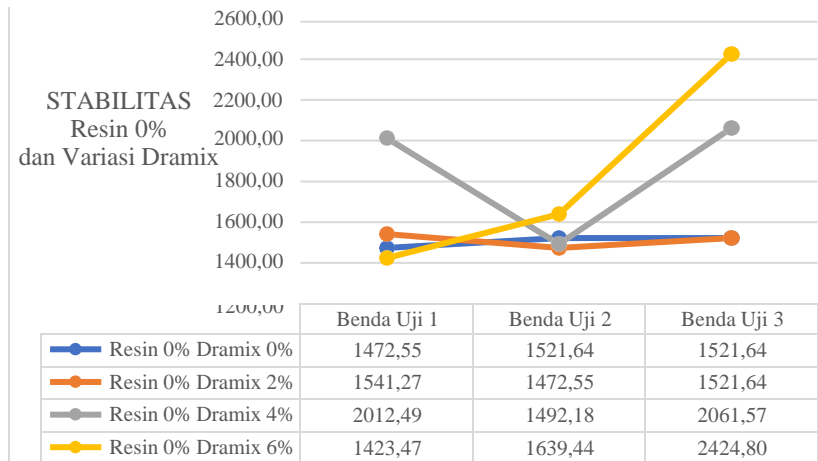
Gambar 4.6. VMA untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.6. menampilkan nilai VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*) pada campuran resin 0% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 23.25%, 22.92%, 26.58%, dan 28.05%. Hasil VMA memenuhi spesifikasi bina marga di mana semua komposisi berada di atas angka 15%.



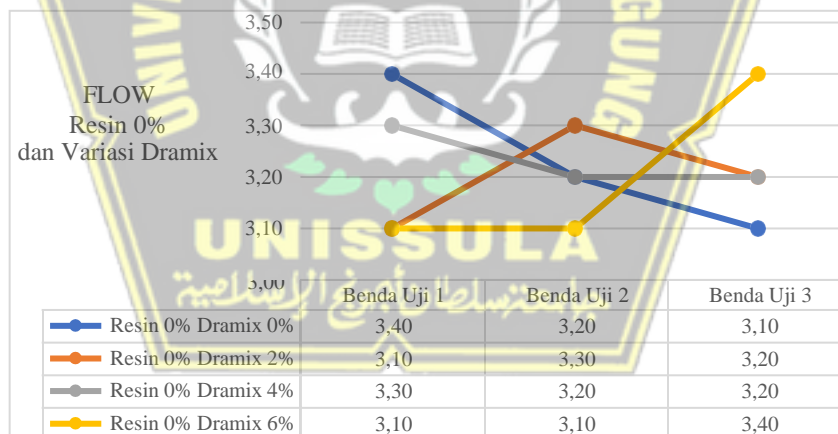
Gambar 4.7. VFB untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.7. menampilkan nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada campuran resin 0% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 84.58%, 84.89%, 85.91%, dan 85.94%. Hasil VFB memenuhi spesifikasi bina marga di mana semua komposisi berada di atas angka 65%.



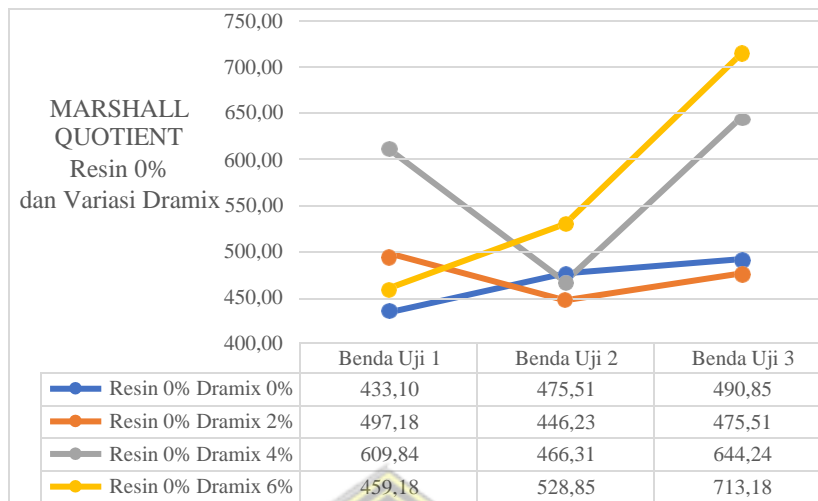
Gambar 4.8. Stabilitas untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.8. di atas menampilkan nilai stabilitas pada campuran resin 0% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 1505.27, 1511.82, 1855.41, dan 1829.23 kg. Hasil stabilitas seluruh komposisi memenuhi spesifikasi bina marga di mana semua komposisi berada di atas angka 800kg.



Gambar 4.9. *Flow* untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.9. di atas menampilkan nilai *flow* pada campuran resin 0% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 3.23%, 3.20%, 3.23%, dan 3.20%. Hasil *flow* seluruh komposisi memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada diantara angka 2.0% - 4.0%.



Gambar 4.10. Marshall Quotient untuk Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.10. di atas menampilkan nilai *Marshall Quotient* pada campuran resin 0% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 465.55 mm, 472.44 mm, 573.84 mm, dan 571.64 mm. Hasil *Marshall Quotient* paling tinggi adalah komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 4%. Bina marga belum memiliki nilai spesifikasi minimum dan maksimum dari *Marshall Quotient*.

Untuk hasil rekap rata-rata tiap parameter test marshall yaitu VMA (*Void In Mineral Aggregate*), VIM (*Void In Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, flow (kelelahan), dan MQ (*Marshall Quotient*) dapat dilihat pada table 4.35 di bawah ini.

Tabel 4.35. Rekap Hasil Rata-Rata *Marshall* Komposisi Resin 0% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Uraian Komposisi Resin 0% dengan serat baja <i>Dramix</i> variasi 0%, 2%, 4%, 6%	Sifat campuran pengujian laboratorium	Kadar Resin	Kadar Serat Baja	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	3.58	0%	0%	3.0-5.0%

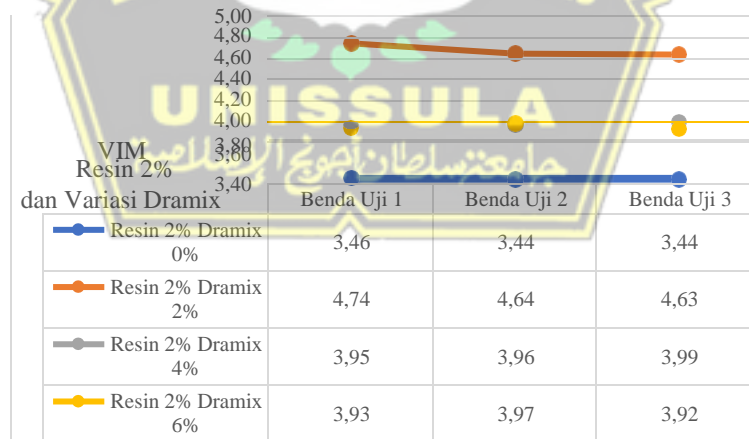
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	23.25	0%	0%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	84.58	0%	0%	Min 65%
Stabilitas	1505.27	0%	0%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.23	0%	0%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	465.55	0%	0%	-
Rongga Udara (VIM)	3.46	0%	2%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	22.92	0%	2%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	84.89	0%	2%	Min 65%
Stabilitas	1511.82	0%	2%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.20	0%	2%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	472.44	0%	2%	-
Rongga Udara (VIM)	3.75	0%	4%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	26.58	0%	4%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	85.91	0%	4%	Min 65%
Stabilitas	1855.41	0%	4%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.23	0%	4%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	573.84	0%	4%	-
Rongga Udara (VIM)	3.94	0%	6%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	28.05	0%	6%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	85.94	0%	6%	Min 65%
Stabilitas	1829.23	0%	6%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.20	0%	6%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	571.64	0%	6%	-

4.8.2. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Resin 2% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Hasil pengujian *Marshall* untuk benda uji komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan masing-masing memiliki 3 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 4.36. di bawah ini.

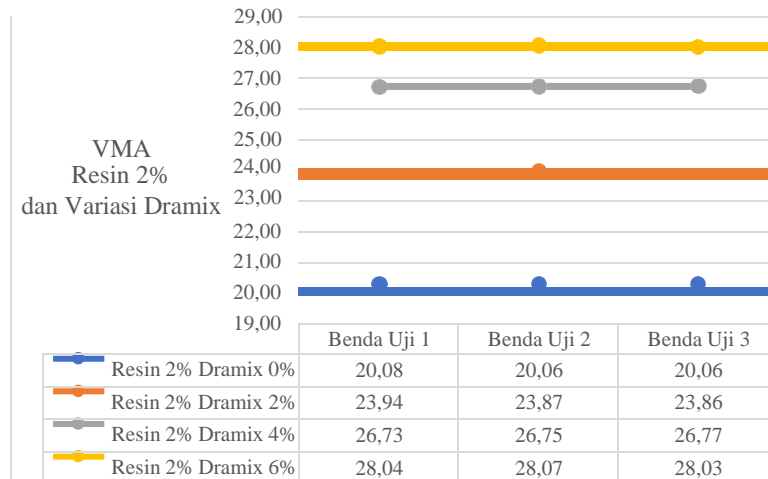
Tabel 4.36. Hasil *Marshall* Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pengujian (Komposisi Buton Granular Aspal + Portland Semen)													
BJ Aspal (T) : 1.034		J Efektif Total Agregat (Gse 2.421				BJ Total Agg (Gsb) : 2.749		Kalibrasi Proving Ring : 9.817 Kg					
no benda uji	% Resin	% Serat Baja dramix	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi	% rongga diantara	% rongga dalam terisi	% rongga aspal(v	stabilitas d
	a1	a2	b	c	d	e	f	g	h	i	j		
			% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	(100 - b)	10		
			(%)	(gr)	(gr)	(gr)							
Benda Uji 1	2%	0%	5.8	1176.0	685.2	1189.4	504.2	2.332					
Benda Uji 2	2%	0%	5.8	1158.0	619.6	1116.0	496.4	2.3					
Benda Uji 3	2%	0%	5.8	1193.0	698.8	1210.2	511.4						
Rata-rata	2%	0%	5.8										
Benda Uji 1	2%	2%	5.8	1177.0	667.7	119							
Benda Uji 2	2%	2%	5.8	1170.0	657.0								
Benda Uji 3	2%	2%	5.8	1187.0									
Rata-rata	2%	2%	5.8										
Benda Uji 1	2%	4%	5.8										
Benda Uji 2	2%	4%											
Benda Uji 3	2%	4%											
Rata-rata	2%	4%											
Benda Uji 1	2%												
Benda Uji 2													
Benda Uji 3													



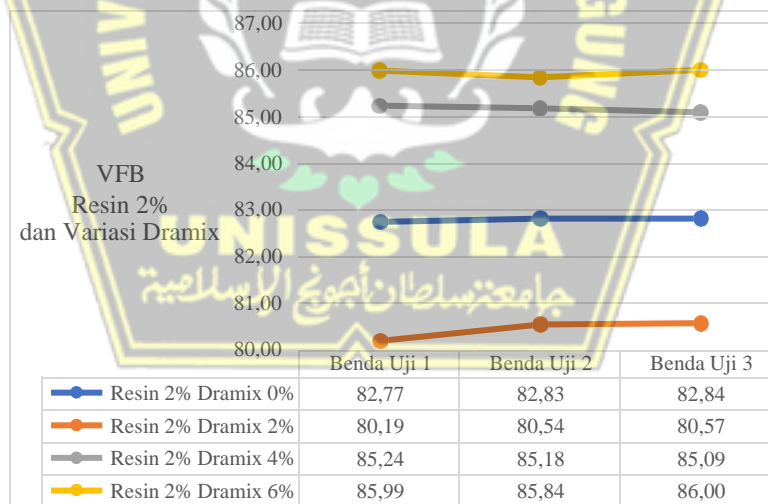
Gambar 4.11. VIM untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.11. menampilkan nilai VIM (*Void in Mixture*) pada campuran resin 2% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada diantara angka 3-5%.



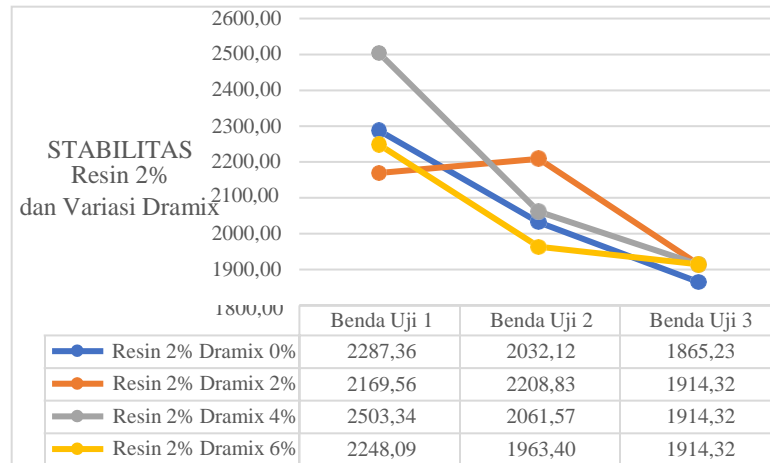
Gambar 4.12. VMA untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.12. menampilkan nilai VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*) pada campuran resin 2% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 20.07%, 23.89%, 26.75%, dan 28.05%. Hasil VMA memenuhi spesifikasi bina marga di mana semua komposisi berada di atas angka 15%.



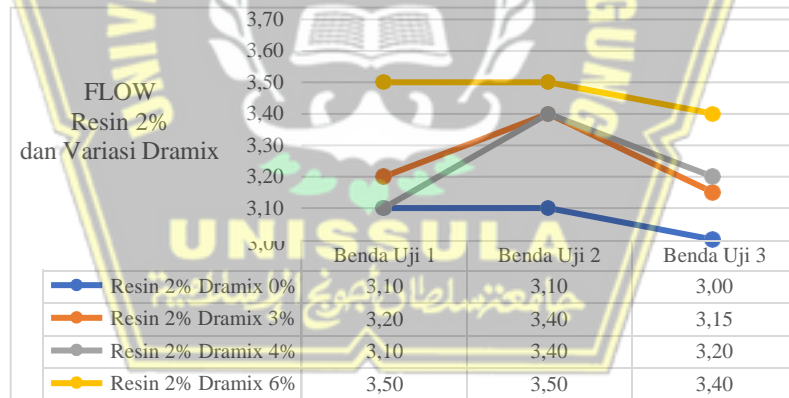
Gambar 4.13. VFB untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.13. menampilkan nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada campuran resin 2% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 82.81%, 80.44%, 85.17%, dan 85.94%. Hasil VFB memenuhi spesifikasi bina marga di mana semua komposisi berada di atas angka 65%.



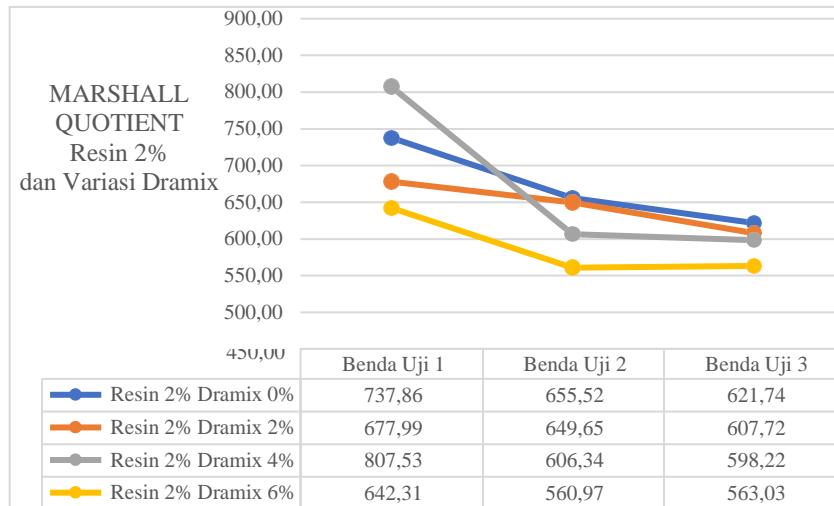
Gambar 4.14. Stabilitas untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.14. di atas menampilkan nilai stabilitas pada campuran resin 2% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 2061,57, 2097.57, 2159.741, dan 2041.94 kg. Hasil stabilitas seluruh komposisi memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada di atas angka 800kg.



Gambar 4.15. Flow untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.15. di atas menampilkan nilai *flow* pada campuran resin 2% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 3.07%, 3.25%, 3.23%, dan 3.47%. Hasil *flow* seluruh komposisi memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada diantara angka 2.0% - 4.0%.



Gambar 4.16. Marshall Quotient untuk Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.16. di atas menampilkan nilai *Marshall Quotient* pada campuran resin 2% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 672.25 mm, 645.40 mm, 667.96 mm, dan 589.02 mm. Hasil *Marshall Quotient* paling tinggi adalah komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%. Bina marga belum memiliki nilai spesifikasi minimum dan maksimum dari *Marshall Quotient*.

Untuk hasil rekap rata-rata tiap parameter *test marshall* yaitu VMA (*Void In Mineral Aggregate*), VIM (*Void In Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow* (kelelahan), dan MQ (*Marshall Quotient*) dapat dilihat pada table 4.37 di bawah ini.

Tabel 4.37. Rekap Hasil Rata-Rata *Marshall* Komposisi Resin 2% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Uraian Komposisi Resin 2% dengan serat baja <i>Dramix</i> variasi 0%, 2%, 4%, 6%	Sifat campuran pengujian laboratorium	Kadar Resin	Kadar Serat Baja	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	3.45	0%	0%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	20.07	0%	0%	Min 15%

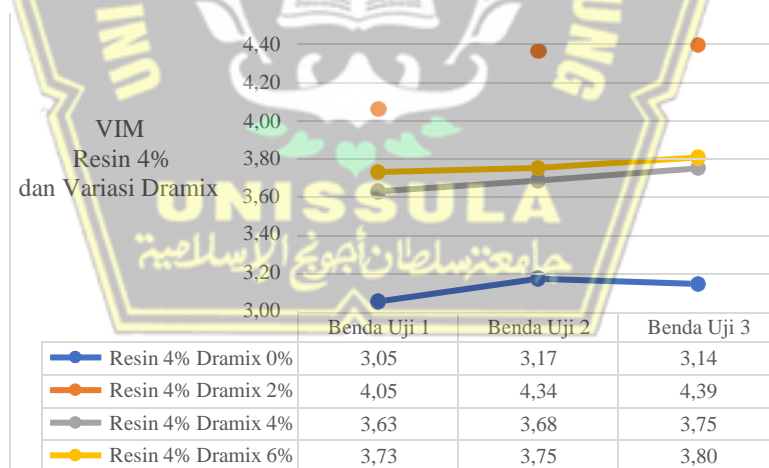
Rongga terisi aspal (VFB)	82.81	0%	0%	Min 65%
Stabilitas	2061.57	0%	0%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.07	0%	0%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	672.25	0%	0%	-
Rongga Udara (VIM)	4.67	0%	2%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	23.89	0%	2%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	80.44	0%	2%	Min 65%
Stabilitas	2097.57	0%	2%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.25	0%	2%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	645.40	0%	2%	-
Rongga Udara (VIM)	3.97	0%	4%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	26.75	0%	4%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	85.17	0%	4%	Min 65%
Stabilitas	2159.74	0%	4%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.23	0%	4%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	667.96	0%	4%	-
Rongga Udara (VIM)	3.94	0%	6%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	28.05	0%	6%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	85.94	0%	6%	Min 65%
Stabilitas	2041.94	0%	6%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.47	0%	6%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	589.02	0%	6%	-

4.8.3. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Resin 4% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Hasil pengujian *Marshall* untuk benda uji komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan masing-masing memiliki 3 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 4.38. di bawah ini.

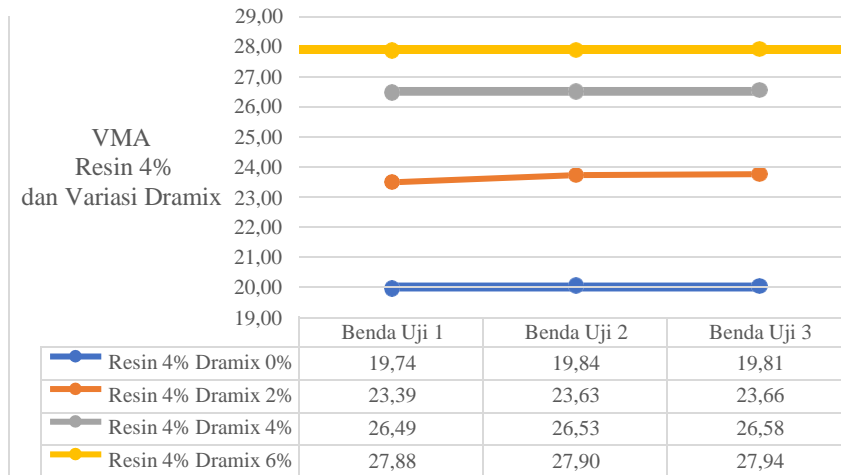
Tabel 4.38. Hasil *Marshall* Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pengujian (Komposisi Buton Granular Aspal + Portland Semen)															
BJ Aspal (T) :		1.034		BJ Efektif Total Agregat (Gse) : 2.421				BJ Total Agg (Gsb) :		2.749		Kalibrasi Proving Ring :		9.817 Kg	
no benda uji	% Resin	% Serat Baja dramix	kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam camp(vim)	% rongga terisi aspal(v	stabilitas		
	a1	a2	b	c	d	e	f	g	h	i	j				
			% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	e / f	GMM	100 - (100 - b)g	10				
			(%)	(gr)	(gr)	(gr)									
Benda Uji 1	4%	0%	5.8	1158.0	638.0	1132.4	494.4	2.342							
Benda Uji 2	4%	0%	5.8	1187.0	689.8	1197.2	507.4	2.3							
Benda Uji 3	4%	0%	5.8	1163.0	694.0	1191.0	497.0								
Rata-rata	4%	0%	5.8												
Benda Uji 1	4%	2%	5.8	1205.0	667.2	1206									
Benda Uji 2	4%	2%	5.8	1208.0	648.8										
Benda Uji 3	4%	2%	5.8	1203.0	66										
Rata-rata	4%	2%	5.8												
Benda Uji 1	4%	4%	5.8												
Benda Uji 2	4%	4%	5.8												
Benda Uji 3	4%	4%	5.8												
Rata-rata	4%	4%	5.8												
Benda Uji 1	4%														
Benda Uji 2	4%														
Benda Uji 3	4%														
Rata-rata	4%														
Benda Uji 1	4%														
Benda Uji 2	4%														
Benda Uji 3	4%														
Rata-rata	4%														
Benda Uji 1	4%														
Benda Uji 2	4%														
Benda Uji 3	4%														
Rata-rata	4%														



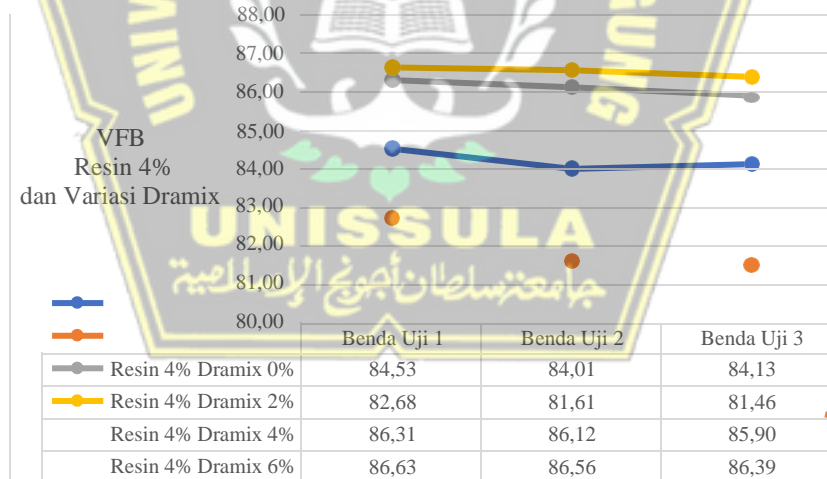
Gambar 4.17. VIM untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.17. menampilkan nilai VIM (*void in mixture*) pada campuran resin 4% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada diantara angka 3-5%.



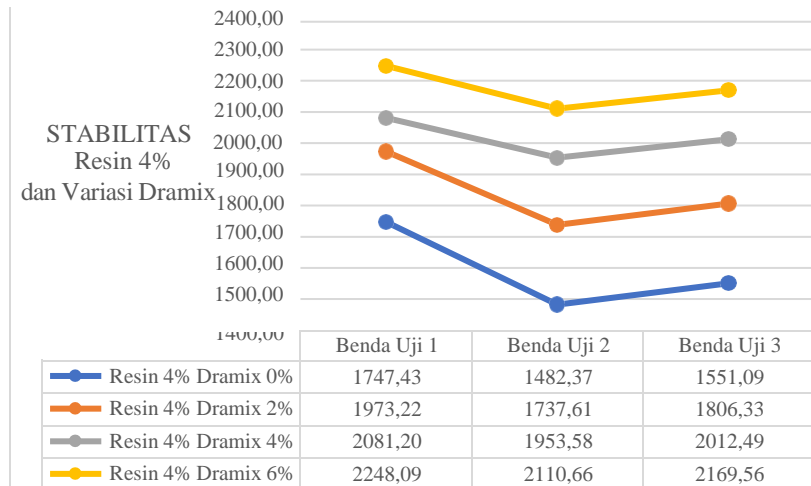
Gambar 4.18. VMA untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.18. menampilkan nilai VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*) pada campuran resin 4% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 19.80%, 23.56%, 26.53%, dan 27.91%. Hasil VMA memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada di atas angka 15%.



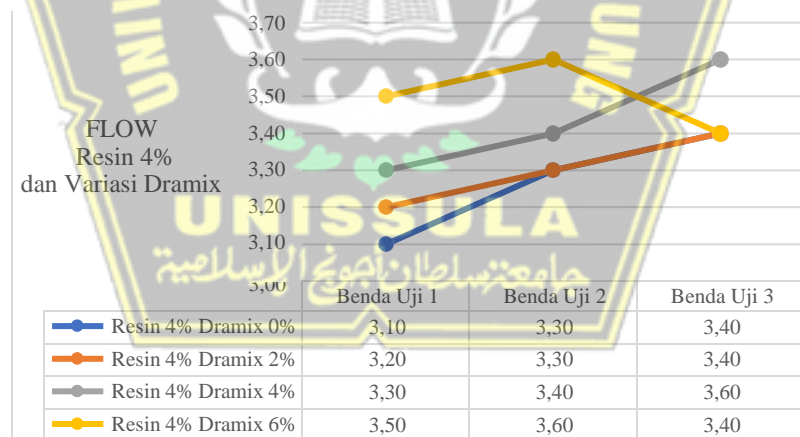
Gambar 4.19. VFB untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.19. menampilkan nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada campuran resin 4% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 84.23%, 81.92%, 86.11%, dan 86.53%. Hasil VFB memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada di atas angka 65%.



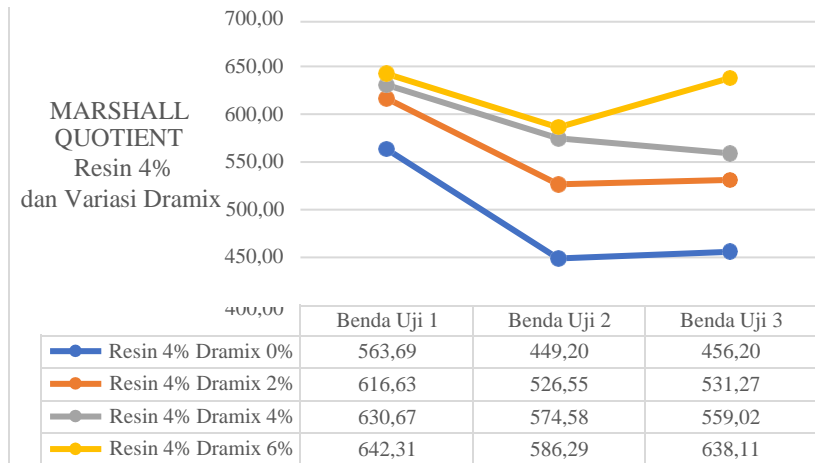
Gambar 4.20. Stabilitas untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.20. di atas menampilkan nilai stabilitas pada campuran resin 4% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 1593.63, 1839.05, 2015.76, dan 2176.10 kg. Hasil stabilitas seluruh komposisi memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada di atas angka 800kg.



Gambar 4.21. *Flow* untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.21. di atas menampilkan nilai *flow* pada campuran resin 4% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 3.27%, 3.30%, 3.43%, dan 3.50%. Hasil *flow* seluruh komposisi memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada diantara angka 2.0% - 4.0%.



Gambar 4.22. Marshall Quotient untuk Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.22. di atas menampilkan nilai *Marshall Quotient* pada campuran resin 2% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 487.84 mm, 557.29 mm, 587.11 mm, dan 621.74 mm. Hasil *Marshall Quotient* paling tinggi adalah komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 6%. Bina marga belum memiliki nilai spesifikasi minimum dan maksimum dari *Marshall Quotient*.

Untuk hasil rekap rata-rata tiap parameter *test marshall* yaitu VMA (*Void In Mineral Aggregate*), VIM (*Void In Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow* (kelelehan), dan MQ (*Marshall Quotient*) dapat dilihat pada table 4.39 di bawah ini.

Tabel 4.39. Rekap Hasil Rata-Rata *Marshall* Komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Uraian Komposisi Resin 4% dengan serat baja <i>Dramix</i> variasi 0%, 2%, 4%, 6%	Sifat campuran pengujian laboratorium	Kadar Resin	Kadar Serat Baja	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	3.12	4%	0%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	19.80	4%	0%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	84.23	4%	0%	Min 65%

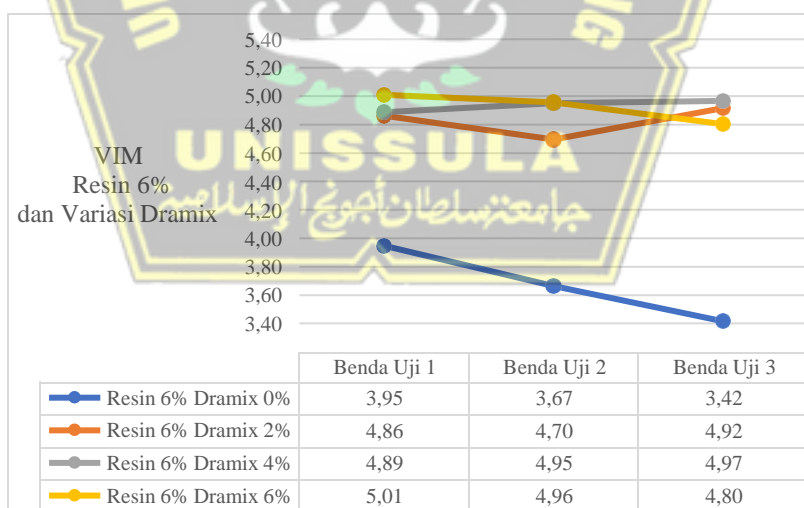
Stabilitas	1593.63	4%	0%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.27	4%	0%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	487.84	4%	0%	-
Rongga Udara (VIM)	4.26	4%	2%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	23.56	4%	2%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	81.92	4%	2%	Min 65%
Stabilitas	1839.05	4%	2%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.30	4%	2%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	557.29	4%	2%	-
Rongga Udara (VIM)	3.69	4%	4%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	26.53	4%	4%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	86.11	4%	4%	Min 65%
Stabilitas	2015.76	4%	4%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.43	4%	4%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	587.11	4%	4%	-
Rongga Udara (VIM)	3.76	4%	6%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	27.91	4%	6%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	86.53	4%	6%	Min 65%
Stabilitas	2176.10	4%	6%	Min 800 kg
Kelelehan plastis (<i>Flow</i>)	3.50	4%	6%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	621.74	4%	6%	-

4.8.4. Hasil Marshall Benda Uji Kombinasi Resin 4% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Hasil pengujian Marshall untuk benda uji komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%, dengan masing-masing memiliki 3 buah benda uji dapat dilihat pada tabel 4.40. di bawah ini.

Tabel 4.40. Hasil Marshall Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%

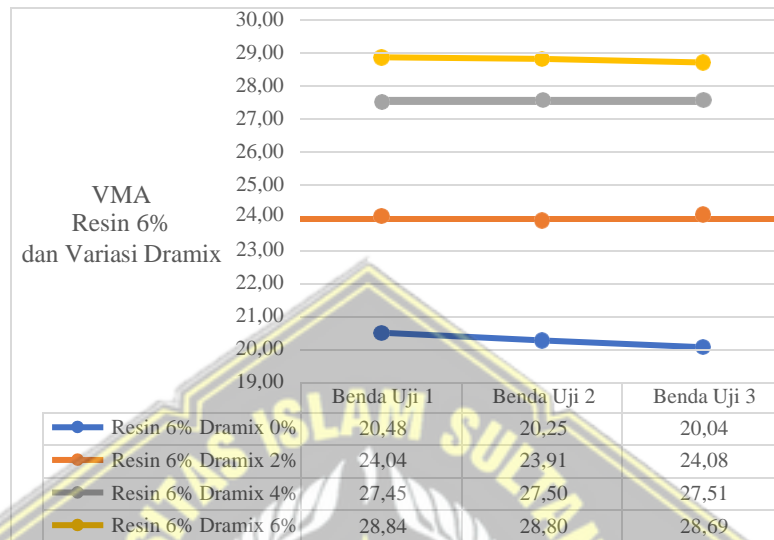
Pengujian (Komposisi Buton Granular Aspal + Portland Semen)																
BJ Aspal (T) : 1.034		Efektif Total Agregat (Gse) 2.421					BJ Total Agg (Gsb) : 2.749			Kalibrasi Proving Ring : 9.817 Kg						
no	% Resin	% Serat Baja	% kadar aspal	berat di udara	berat dlm air	berat ssd	volume/ isi	bj. Bulk campuran	bj. Maks kombinasi camp. Agg	% rongga diantara	% rongga dalam	% rongga terisi	stabilitas dibaca	di sesuaikan	kelelahan (flow)	hasil bag marshall (mq)
uji	a1	a2	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
			% berat total campuran	data timbang	data timbang	data timbang	e - d	c / f	GMM	100 - (100 - b)g / gsb	100 - (100*g) / h	100(i - j) / k	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
	(%)	(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(gr)				(%)	(%)	(%)	(strip)	(kg)	(mm)	(kg/mm)
Benda Uji 1	6%	0%	5.8	1158.0	659.2	1158.2	499.0	2.321	2.416	20.48	3.95	80.73	203	1992.85	3.00	664.28
Benda Uji 2	6%	0%	5.8	1187.0	695.0	1205.0	510.0	2.327	2.416	20.25	3.67	81.90	220	2159.74	3.40	635.22
Benda Uji 3	6%	0%	5.8	1163.0	672.0	1170.4	498.4	2.333	2.416	20.04	3.42	82.95	200	1963.40	3.10	633.35
Rata-rata	6%	0%	5.8					2.327	2.416	20.25	3.68	81.86	207.67	2038.66	3.17	643.79
Benda Uji 1	6%	2%	5.8	1205.0	653.6	1197.2	543.6	2.217	2.330	24.04	4.86	79.77	201	1973.22	3.20	616.63
Benda Uji 2	6%	2%	5.8	1208.0	650.8	1194.8	544.0	2.221	2.330	23.91	4.70	80.36	213	2091.02	3.40	615.01
Benda Uji 3	6%	2%	5.8	1203.0	668.2	1211.2	543.0	2.215	2.330	24.08	4.92	79.59	212	2081.20	3.30	630.67
Rata-rata	6%	2%	5.8					2.218	2.330	24.01	4.82	79.91	208.67	2048.48	3.30	620.75
Benda Uji 1	6%	4%	5.8	1192.0	639.8	1202.8	563.0	2.117	2.226	27.45	4.89	82.20	212	2081.20	3.30	630.67
Benda Uji 2	6%	4%	5.8	1173.0	631.8	1186.2	554.4	2.116	2.226	27.50	4.95	82.00	223	2189.19	3.10	706.19
Benda Uji 3	6%	4%	5.8	1202.0	608.8	1174.0	568.2	2.115	2.226	27.51	4.97	81.95	205	2012.49	3.20	628.90
Rata-rata	6%	4%	5.8					2.116	2.226	27.49	4.93	82.05	213.33	2094.29	3.20	654.47
Benda Uji 1	6%	6%	5.8	1216.0	628.8	1214.4	585.6	2.077	2.186	28.84	5.01	82.63	195	1914.32	3.50	546.95
Benda Uji 2	6%	6%	5.8	1193.0	607.8	1182.0	574.2	2.078	2.186	28.80	4.96	82.80	200	1963.40	3.60	545.39
Benda Uji 3	6%	6%	5.8	1202.0	634.8	1212.4	577.6	2.081	2.186	28.69	4.80	83.26	220	2159.74	3.70	583.71
Rata-rata	6%	6%	5.8					2.078	2.186	28.78	4.92	82.90	205.00	2012.49	3.60	559.02



Gambar 4.23. VIM untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6%

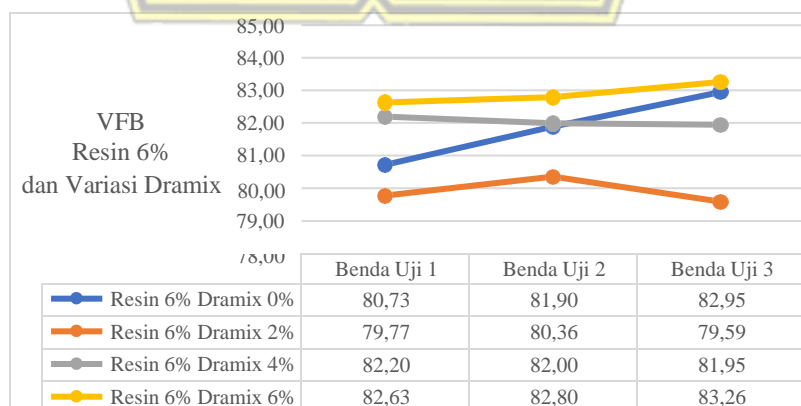
Gambar 4.23. menampilkan nilai VIM (void in mixture) pada campuran resin 6% dengan variasi serat baja (Dramix) 0%, 2%, 4%, dan 6% memenuhi spesifikasi

bina marga dimana semua komposisi berada diantara angka 3-5%. Pada salah satu benda uji komposisi resin 6% dengan serat baja (*Dramix*) 6% melebihi batas maksimum VIM yaitu 5.01%, tetapi dua benda uji lain masih memenuhi standar maka dapat disimpulkan komposisi resin 6% dengan serat baja (*Dramix*) 6% masih memenuhi spesifikasi Bina Marga.



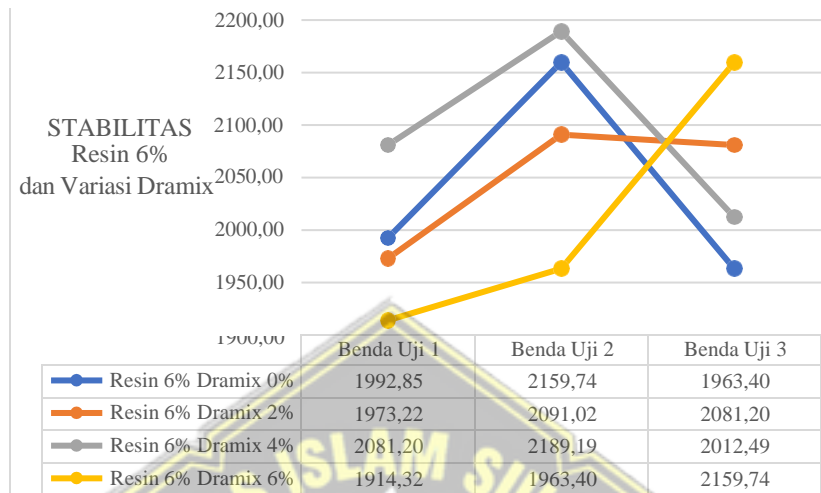
Gambar 4.24. VMA untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.24. menampilkan nilai VMA (*Voids in the Mineral Aggregate*) pada campuran resin 6% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 20.25%, 24.01%, 27.49%, dan 28.78%. Hasil VMA memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada di atas angka 15%.



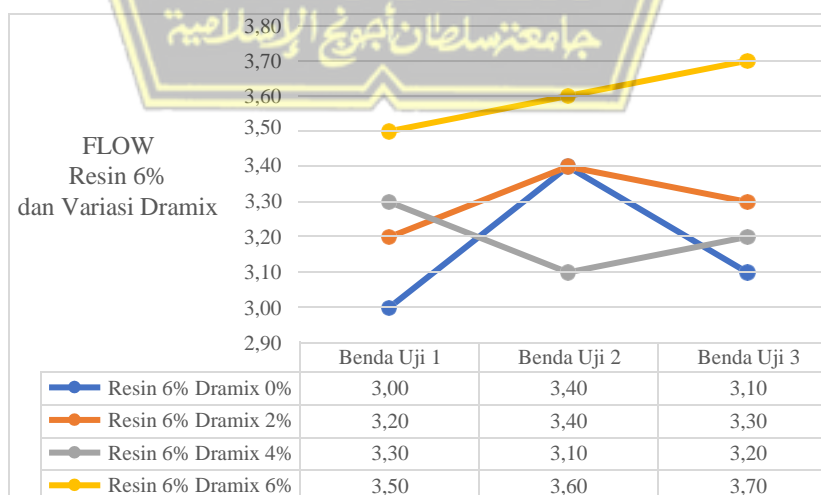
Gambar 4.25. VFB untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Gambar 4.25. menampilkan nilai VFB (*Void Filled Bitumen*) pada campuran resin 6% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 81.86%, 79.91%, 82.05%, dan 82.90%. Hasil VFB memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada di atas angka 65%.



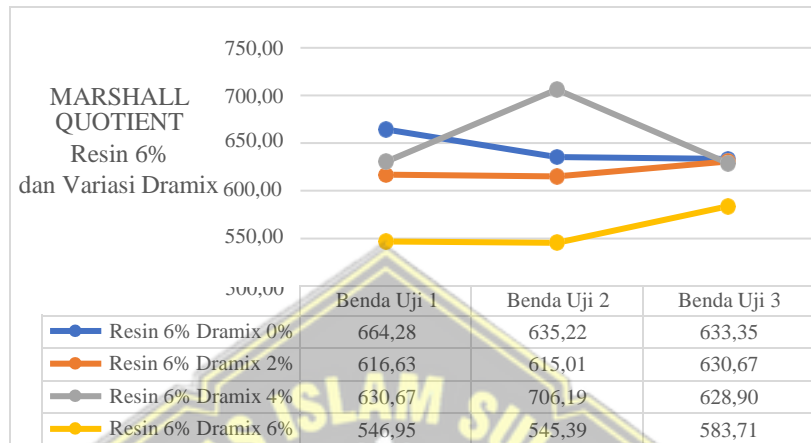
Gambar 4.26. Stabilitas untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.26. di atas menampilkan nilai stabilitas pada campuran resin 6% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 2038.66, 2048.48, 2094.29, dan 2012.49kg. Hasil stabilitas seluruh komposisi memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada di atas angka 800kg.



Gambar 4.27. Flow untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.27. di atas menampilkan nilai *flow* pada campuran resin 6% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 3.17%, 3.30%, 3.20%, dan 3.60%. Hasil *flow* seluruh komposisi memenuhi spesifikasi bina marga dimana semua komposisi berada diantara angka 2.0% - 4.0%.



Gambar 4.28. *Marshall* Quotient untuk Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Pada gambar 4.29. di atas menampilkan nilai *Marshall Quotient* pada campuran resin 2% dengan variasi serat baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6% dengan hasil rata-rata adalah 643.79 mm, 620.75 mm, 654.47 mm, dan 559.02 mm. Hasil *Marshall Quotient* paling tinggi adalah komposisi Resin 4% dengan Serat Baja (*Dramix*) 6%. Bina marga belum memiliki nilai spesifikasi minimum dan maksimum dari *Marshall Quotient*.

Untuk hasil rekap rata-rata tiap parameter *test marshall* yaitu VMA (*Void In Mineral Aggregate*), VIM (*Void In Mixture*), VFB (*Void Filled Bitumen*), stabilitas, *flow* (kelelahan), dan MQ (*Marshall Quotient*) dapat dilihat pada table 4.41 di bawah ini.

Tabel 4.41. Rekap Hasil Rata-Rata *Marshall* Komposisi Resin 6% dengan Serat Baja (*Dramix*) 0%, 2%, 4%, dan 6%

Uraian Komposisi Resin 6% dengan serat baja <i>Dramix</i> variasi 0%, 2%, 4%, 6%	Sifat campuran pengujian laboratorium	Kadar Resin	Kadar Serat Baja	Spesifikasi
Rongga Udara (VIM)	3.68	6%	0%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	20.25	6%	0%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	81.86	6%	0%	Min 65%
Stabilitas	2038.66	6%	0%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.17	6%	0%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	643.79	6%	0%	-
Rongga Udara (VIM)	4.82	6%	2%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	24.01	6%	2%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	79.91	6%	2%	Min 65%
Stabilitas	2048.48	6%	2%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.30	6%	2%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	620.75	6%	2%	-
Rongga Udara (VIM)	4.93	6%	4%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	27.49	6%	4%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	82.05	6%	4%	Min 65%
Stabilitas	2094.29	6%	4%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.20	6%	4%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	654.47	6%	4%	-

Rongga Udara (VIM)	4.92	6%	6%	3.0-5.0%
Rongga Dalam Mineral agregat (VMA)	28.78	6%	6%	Min 15%
Rongga terisi aspal (VFB)	82.90	6%	6%	Min 65%
Stabilitas	2012.49	6%	6%	Min 800 kg
Kelelahan plastis (<i>Flow</i>)	3.60	6%	6%	2.0-4.0
<i>Marshall</i> Quotient	559.02	6%	6%	-



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data dari pengujian tiap komposisi modifikasi AC-WC dengan bahan tambah resin dan serat baja (*dramix*), dapat ditarik kesimpulan seperti di bawah ini:

1. Hasil penelitian yang telah dilakukan untuk *job mix design* pada *test marshall* dengan komposisi resin 0%, 2%, 4%, 6% dengan variasi kombinasi serat baja *dramix* 0%, 2%, 4%, 6% memenuhi spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 revisi ke-2.
2. Hasil test marshall dari setiap komposisi dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya kadar serat baja *dramix* dengan kombinasi resin, nilai VIM mengalami kenaikan, pada kadar resin 6% dengan variasi serat baja (*dramix*) 0% nilai rata-rata VIM adalah 3.68% dan mengalami kenaikan nilai VIM pada kadar serat baja *dramix* 4% yaitu 4.82, dan pada kadar serat baja *dramix* 4% dan 6% nilai VIM adalah sebesar 4.93% dan 4.92%. Seiring bertambahnya komposisi serat baja (*dramix*) dapat disimpulkan bahwa nilai VIM mengalami kenaikan. Begitu pula dengan semakin banyak jumlah resin yang digunakan nilai VIM juga mengalami kenaikan dapat dilihat dari hasil nilai rata-rata VIM pada uji resin 0% adalah 3.68%, resin 2% adalah 4.00%, resin 4% adalah 4.00%, dan resin 6% adalah 4.58% pada masing-masing kombinasi dengan serat baja (*dramix*). Hasil nilai stabilitas marshall masih memenuhi standar spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 revisi ke-2 dimana nilai hasil marshall di atas 800kg, nilai stabilitas marshall terendah berada di komposisi campuran Resin 0% dengan serat baja (*dramix*) 0% dengan nilai rata-rata stabilitas adalah 1505.273 kg. Nilai stabilitas marshall tertinggi pada komposisi kombinasi adalah resin 2% dan serat baja *dramix* 4% yaitu sebesar 2159.74 kg.

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa saran untuk membuat hasil yang lebih akurat pada penelitian berikutnya:

Pada kadar campuran dengan nilai persen komposisi serat baja (*dramix*) yang tinggi, perlu ditingkatkan kembali pada pemadatan atau pemotongan material serat baja menjadi lebih kecil agar nilai *Void In Mineral* (VIM) menurun

sehingga rongga yang ada tidak lebih besar dan sesuai dengan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 revisi ke -2.

1. Kondisi laboratorium lebih kondusif dan terjaga dari angin atau lalu Lalang yang dapat memengaruhi penimbangan material yang mudah terbawa angin.
2. Menggunakan pipet yang lebih presisi atau gelas ukur yang dapat secara detail mengukur berat resin yang dibutuhkan.
3. Penumbukan benda uji dengan mesin *compaction* harus lebih akurat.
4. Melakukan perekaman digital untuk bacaan test marshall agar hasil stabilitas (O) dan kelelahan (R) dapat terbaca secara akurat.

Saran yang dapat dipertimbangkan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Melakukan penilitan lebih lanjut mengenai reaksi kimia dari bahan tambah resin dan serat baja (dramix) mengingat penelitian ini belum ditinjau berdasarkan sifat kimia dari material bahan tambah terhadap durabilitas dan kuat tarik dari campuran beton aspal.
2. Melakukan pengujian lainnya pada benda uji, tidak hanya uji marshall tetapi juga melakukan uji seperti permeabilitas dan uji ketahanan friksi terhadap campuran, atau melakukan ujian perendaman untuk melihat ketahanan campuran terhadap air secara menerus atau berkala.

