

**PENGARUH PENAMBAHAN LATEKS TERHADAP
DURABILITAS CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA)**



**JURUSAN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2020**

**PENGARUH PENAMBAHAN LATEKS TERHADAP
DURABILITAS CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA)**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata-1
pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Andalas*

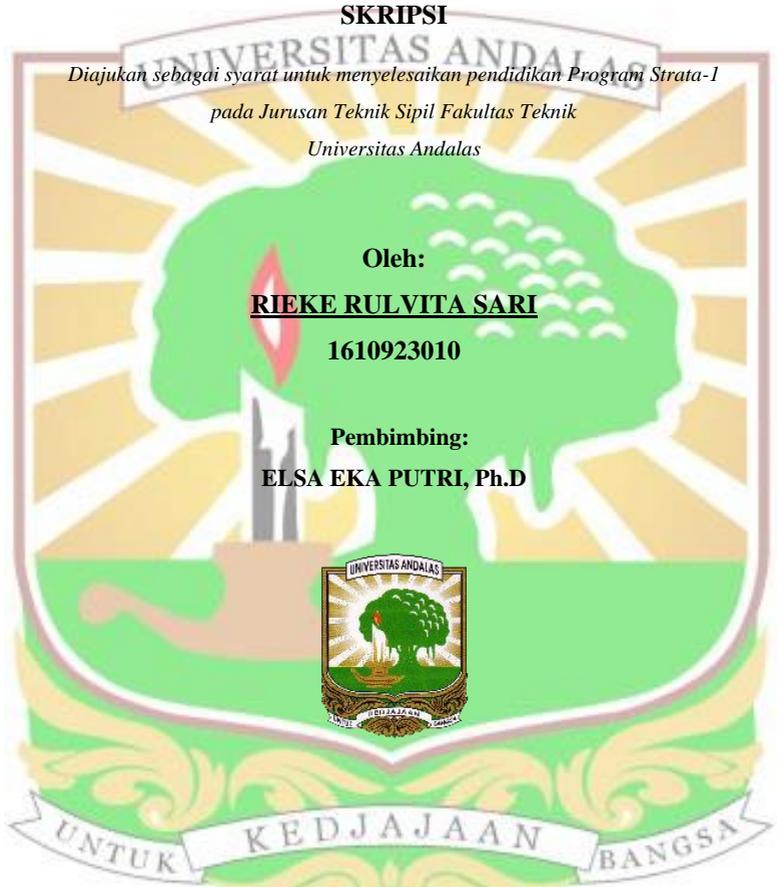
Oleh:

RIEKE RULVITA SARI

1610923010

Pembimbing:

ELSA EKA PUTRI, Ph.D



JURUSAN TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ANDALAS

PADANG

2020

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS

PENGARUH PENAMBAHAN LATEKS TERHADAP
DURABILITAS CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT* (SMA)



Oleh:

Nama : RIEKE RULVITA SARI

BP : 1610923010

Pembimbing Utama

ELSA EKA PUTRI, Ph.D

Padang, 6 April 2020
Ketua Jurusan

TAUFIKA OPHITA ANDRI, Ph.D
NIP.19750104 199802 1 001

LEMBAR BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR
JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS

Pada hari ini, Senin 6 April 2020 telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir untuk mahasiswa:

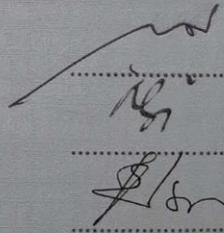
Nama : RIEKE RULVITA SARI
BP : 1610923010
Judul : PENGARUH PENAMBAHAN LATEKS TERHADAP
DURABILITAS CAMPURAN *SPLIT MASTIC ASPHALT*
(SMA)

Tim Penguji:

Ketua : Yossyafra, Ph.D

Anggota : Akhmad Suradji, Ph.D

Elsa Eka Putri, Ph.D



Handwritten signatures of the examiners, including a large signature at the top and two smaller ones below, each on a dotted line.

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

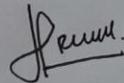
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rieke Rulvita Sari
NIM : 1610923010
Tempat Tgl Lahir : Jakarta, 31-01-1999
Alamat : Jln. M. Hatta, Kec. Pauh, Padang

Dengan ini menyatakan bahwa Skripsi dengan judul '**Pengaruh Penambahan Lateks Terhadap Durabilitas Campuran *Split Mastic Asphalt (SMA)***' adalah hasil pekerjaan saya; dan seluruh ide, pendapat, atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan kepada saya termasuk pencabutan gelar Sarjana Teknik yang nanti saya dapatkan.

Padang, April 2020



Rieke Rulvita Sari

ABSTRAK

Di Indonesia jenis perkerasan yang dianggap mempunyai kelebihan ialah SMA yang merupakan salah satu jenis beton aspal. Campuran SMA lebih tahan terhadap deformasi, dan mempunyai skid resistance yang tinggi serta mempunyai kecenderungan lebih tahan lama, karena kadar aspalnya tinggi dan distabilisasi dengan serat selulosa, oleh karena itu dapat melayani kendaraan berat dengan baik. Di satu sisi lateks bagus sebagai campuran aspal karena lateks dapat meningkatkan kekentalan pada cairan aspal, hal tersebut membuat aspal lebih kuat terhadap deformasi, dll. Penelitian ini berfungsi untuk mengetahui pengaruh penambahan lateks terhadap durabilitas campuran SMA. Pada penelitian ini diharapkan bisa meningkatkan nilai durabilitas campuran SMA. Pemeriksaan durabilitas dilakukan selama 0, 24, 48, 72, 96 jam, dengan variasi lateks sebanyak 1,5%, 2%, 2,5%, 3%, 3,5%. Dari hasil penelitian bahwa nilai durabilitas pada campuran aspal pembanding atau aspal biasa memiliki kualitas yang baik dibandingkan dengan campuran SMA dengan bahan tambah lateks. Dimana nilai durabilitas lateks 0% memiliki nilai indeks durabilitas sebesar 6,740%, nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan variasi lateks 1,5% dengan nilai 10,648, lateks 2% dengan nilai 11,717, lateks 2,5% dengan nilai 13,884, lateks 3% dengan nilai 14,766 dan lateks 3,5% dengan nilai 9,991. Pada penelitian ini nilai durabilitas campuran relative menurun seiring dengan bertambahnya waktu perendaman, hal tersebut dikarenakan air yang dapat merusak integritas structural dari muka agregat aspal, dan juga air dapat menyebabkan terjadinya kehilangan kekuatan atau kekakuan apal. Tetapi pada nilai stabilitas nilai campuran aspal SMA dengan bahan tambah lateks sebesar 3% lebih baik dibanding dengan campuran lateks 0% atau tanpa lateks. Dimana nilai stabilitas pada penambahan lateks 3% dengan waktu perendaman 0, 24, 48, 72, 96 jam sebesar 1335,003 kg, 1192,634 kg, 1150,921 kg, 1032,448 kg, 1016,048 kg. Dari data tersebut disimpulkan bahwa pengaruh penambahan lateks terhadap durabilitas tidak terlalu baik dibanding dengan tanpa menggunakan lateks yang artinya penambahan zat aditif lateks tersebut tidak cukup kuat untuk jalan yang terendam terus menerus oleh air. Tetapi dengan menggunakan lateks sebesar 3% memiliki nilai stabilitas yang baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan lateks.

Kata Kunci : *SMA, Lateks, Stabilitas, Durabilitas*

DAFTAR ISI

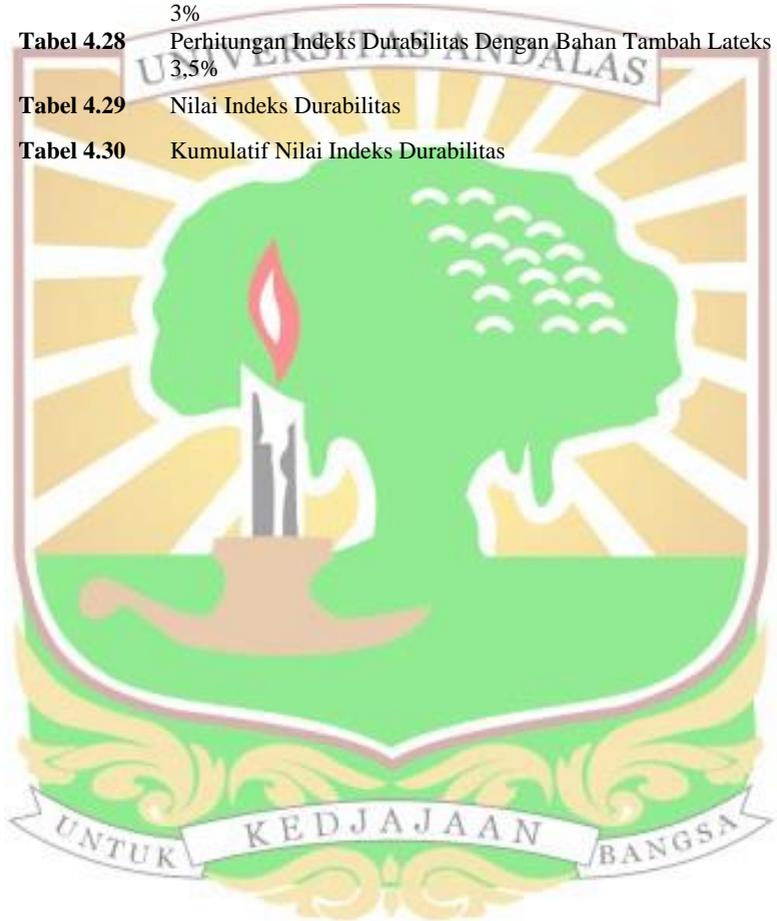
ABSTRAK	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
KATA PENGANTAR	vii
BAB I	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Sistematika Penulisan	4
BAB II	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Split Mastic Asphalt (SMA)	7
2.3 Karet Alam (Lateks)	8
2.4 Indeks Durabilitas	10
2.4.1 Indeks Kekuatan Sisa (IKS)	11
2.4.2 Indeks Durabilitas Pertama (IDP)	12
2.4.3 Indeks Durabilitas Kedua (IDK)	13
2.4.4 Kurva Keawetan	14
BAB III	15
3.1 Bagan Alir Penelitian	15
3.2 Tahap Pengujian	17
3.2.1 Pemeriksaan Material	17
3.2.2 Penentuan Fraksi Agregat	32
3.2.3 Kombinasi Campuran	33
3.2.4 Design Mix Formula (DMF)	33
3.2.5 Pengujian Kelayakan Campuran dengan Menggunakan Marshall Test	34

3.2.6	<i>Mix Design dan Pemeriksaan Campuran menggunakan Marshall</i>	36
3.2.7	<i>Penentuan Kadar Aspal Optimum</i>	37
3.2.8	<i>Pembuatan Benda Uji dengan menggunakan Kadar Aspal Optimum(KAO)</i>	38
3.2.9	<i>Perendaman Benda Uji dengan Variasi Waktu Perendaman</i>	38
3.2.10	<i>Pengujian Pada Benda Uji</i>	38
3.2.11	<i>Pembahasan Analisis Hasil Pengujian</i>	39
BAB IV		40
4.1	Hasil Pemeriksaan Agregat	40
4.2	Hasil Pemeriksaan Aspal	41
4.3	Menentukan Design Mix Formula	44
4.4	Analisis Parameter Marshall Dengan Campuran Variasi Aspal dalam menentukan KAO	45
4.5	Analisis Hubungan Waktu Perendaman Terhadap Parameter Marshall	53
4.6	Analisis Indeks Durabilitas Campuran Aspal	60
4.6.1	Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Aspal	60
4.6.2	Indeks Durabilitas Pertama (IDP) Campuran Aspal	67
4.6.3	Indeks Durabilitas Kedua (IDK) Campuran Aspal	70
4.7	Kurva Keawetan	72
4.8	Perbandingan Ineks Durabilitas Berdasarkan Marshall Test Terhadap Semua Variasi Lateks	79
BAB V		81
5.1.	Kesimpulan	81
5.2.	Saran	82
DAFTAR PUSTAKA		84
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Agregat
Tabel 4.2	Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Bitumen Tanpa Bahan Tambah
Tabel 4.3	Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks
Tabel 4.4	Hasil Rekapitulasi Nilai Marshall
Tabel 4.5	Indeks Kekuatan Sisa Campuran Aspal Biasa
Tabel 4.6	Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%
Tabel 4.7	Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 2%
Tabel 4.8	Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%
Tabel 4.9	Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 3%
Tabel 4.10	Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%
Tabel 4.11	Indeks Durabilitas Pertama Campuran Aspal Biasa
Tabel 4.12	Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%
Tabel 4.13	Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 2%
Tabel 4.14	Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%
Tabel 4.15	Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 3%
Tabel 4.16	Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%
Tabel 4.17	Indeks Durabilitas Kedua Campuran Aspal Biasa
Tabel 4.18	Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%
Tabel 4.19	Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 2%
Tabel 4.20	Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%
Tabel 4.21	Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 3%
Tabel 4.22	Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%
Tabel 4.23	Perhitungan Indeks Durabilitas Campuran Aspal Biasa
Tabel 4.24	Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

- Tabel 4.25** Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 2%
- Tabel 4.26** Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%
- Tabel 4.27** Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 3%
- Tabel 4.28** Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%
- Tabel 4.29** Nilai Indeks Durabilitas
- Tabel 4.30** Kumulatif Nilai Indeks Durabilitas



DAFTAR GAMBAR

- 
- Gambar 2.1** Lateks
- Gambar 2.2** Kurva Keawetan
- Gambar 3.1** *Flowchart* Penelitian
- Gambar 4.1** Kadar Aspal vs Stabilitas
- Gambar 4.2** Kadar Aspal vs Kelelahan
- Gambar 4.3** Kadar Aspal vs Rongga Terhadap Campuran
- Gambar 4.4** Kadar Aspal vs Rongga Terhadap Agregat
- Gambar 4.5** Kadar Aspal vs Rongga Terisi Aspal
- Gambar 4.6** Kadar Aspal vs Marshall Quotient
- Gambar 4.7** Kadar Aspal Optimum
- Gambar 4.8** Waktu Perendaman vs Stabilitas
- Gambar 4.9** Waktu Perendaman vs Kelelahan
- Gambar 4.10** Waktu Perendaman vs Marshall Quotient
- Gambar 4.11** Waktu Perendaman vs Rongga Terhadap Agregat
- Gambar 4.12** Waktu Perendaman vs Rongga Terhadap Campuran
- Gambar 4.13** Waktu Perendaman vs Rongga Terisi Aspal
- Gambar 4.14** Indeks Kekuatan Sisa
- Gambar 4.15** Kurva Keawetan Campuran Aspal Biasa
- Gambar 4.16** Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%
- Gambar 4.17** Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 2%
- Gambar 4.18** Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%
- Gambar 4.19** Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 3%
- Gambar 4.20** Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%
- Gambar 4.21** Perbandingan Indeks Durabilitas berdasarkan nilai IKS untuk semua variasi lateks

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur peneliti ucapkan atas kehadiran Allah S.W.T pada limpahan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, sehingga saat ini peneliti bisa menyelesaikan tugas akhir berjudul “Pengaruh Penambahan Lateks Terhadap Durabilitas Campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA)”. Pembuatan Tugas Akhir tersebut adalah salah satu syarat Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas untuk dapat menyelesaikan pendidikan Program Starta-1 (S1).

Dalam pengerjaan tugas akhir tersebut peneliti memberikan ucapan terima kasih atas do’a, bimbingan, serta bantuan dari banyak pihak, diantaranya:

1. Kedua Orang Tua tersayang serta keluarga besar atas dukungan selama pengerjaan tugas akhir.
2. Pembimbing tercinta yaitu Ibu Elsa Eka Putri, Ph.D yang telah membimbing serta memotivasi dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Rekan-rekan Asisten Laboratorium TJR yang turut berkontribusi dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Aditya Nugraha dan Rian Zulrahman sebagai rekan praktikum yang telah membantu pengerjaan penelitian.

Peneliti menyadari dalam penulisan tugas akhir ini terdapat beberapa kekurangan dan kesalahan yang tidak disadari. Sebab itu, peneliti mengharapkan kritik serta saran yang membangun tugas akhir ini untuk kedepannya. Peneliti berharap agar tugas akhir ini bisa bermanfaat untuk kita semua serta untuk pengembangan ilmu pada bidang Teknik Sipil.

Padang, April 2020

Peneliti

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan infrastruktur di negara Indonesia pada era sekarang cukup bagus dilihat pada mobilitas perekonomian yang kian meningkat. Khusus pada prasarana jalan, beban transportasi di ruas jalan makin bertambah. Pada kategori jalan lalu lintas berat sudah tidak bisa lagi menggunakan perkerasan jalan dengan aspal beton biasa. Karena beban lalu lintas yang berat tersebut, maka sering terjadinya kerusakan jalan. Kerusakan pada jalan yang biasanya timbul seperti retak dan jalan yang bergelombang. Jalan yang retak dapat membawa dampak buruk yaitu masuknya air ke dalam struktur jalan beraspal dan menjadi berlubang. Dan juga dengan adanya titik leleh bitumen yang sangat rendah yang mengakibatkan aspal menjadi leleh apabila terkena paparan sinar matahari sehingga membuat jalan menjadi bergelombang. Di Indonesia umumnya perkerasan yang digunakan ialah perkerasan lentur. Menurut Putri dan Syamsuwirman (2016), yang dimaksud oleh perkerasan lentur adalah perkerasan jalan dengan bahan pengikat aspal. Putri dan Dwinanda (2018), juga menyatakan ada dua tipe bahan untuk konstruksi perkerasan, yaitu agregat dan aspal dimana produksi aspal sekarang mencapai 600.000 pertahun.

Lateks sudah banyak dipakai pada berbagai bidang di industri, diantaranya isolator, ban kendaraan, dan juga lateks kini sudah digunakan untuk campuran aspal. Lateks ialah getah kental yang diperoleh dari pohon yang disadap. Lateks memiliki beberapa keunggulan, seperti daya

elastis yang bagus, mudah diolah, harga yang ekonomis, tidak mudah aus, serta tidak mudah panas. Selain itu, getah lateks mempunyai daya tahan yang cukup tinggi terhadap keretakan hingga tahan terhadap hentakan berkali-kali, dan juga daya lengket yang cukup tinggi terhadap bermacam-macam bahan. Oleh karena itu getah karet dapat menambah stabilitas pada perkerasan jalan.

Teknologi bahan di bidang perkerasan jalan beraspal kian meningkat dari tahun ke tahun, sehingga berbagai jenis aspal modifikasi banyak ditemui, satu di antaranya adalah aspal polymer. Dengan ditambahkan polymer, khusus dengan jenis elastomer maka aspal lebih elastis dengan mempunyai nilai *elastic recovery* yang cukup tinggi sehingga hal tersebut membuat aspal lebih tahan terhadap deformasi. Jenis elastomer yaitu elastomer sintesis seperti *Styrene Butadine Rubber* (SBR) dan *Styrene Isoprene Styrene* (SIS), elastomer tersebut memiliki daya yang tahan panas dan juga memiliki elastisitas yang cukup tinggi. Lateks cocok sebagai campuran aspal karena lateks dapat meningkatkan kekentalan pada cairan aspal, hal tersebut membuat aspal lebih kuat terhadap deformasi. Pada penelitian ini digunakan lateks sebagai bahan tambah perkerasan terhadap aspal, yang diuji pada Laboratorium agar dapat mengetahui sampai mana lateks bisa bermanfaat.

Pada penelitian ini peneliti menggunakan lateks sebagai bahan penambah dan aspal yang digunakan adalah *Split Mastic Asphalt* (SMA). Di Indonesia jenis perkerasan yang dianggap mempunyai kelebihan ialah SMA yang merupakan salah satu jenis beton aspal. Pada tahun 1960 SMA pertama kali dikembangkan di negara Jerman. Kelebihan dari campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) ialah memiliki *skid resistance* yang cukup

tinggi, tahan terhadap deformasi, dan juga karena kadar aspal cukup tinggi dan distabilisasi dengan serat selulosa dapat menahan kendaraan yang cukup berat dengan baik.

SMA didefinisikan sebagai salah satu campuran sistem perkerasan lentur yang mampu menahan beban lalu lintas berat. SMA dibuat agar dapat meningkatkan durabilitas, fleksibilitas, ketahanan alur, kekesatan, serta ketahanan terhadap oksidasi. Campuran SMA dipergunakan pada jalan dengan lalu lintas yang berat, dan juga pada tanjakan. Jadi, pada pengujian ini, diharapkan agar dapat mengetahui pengaruh penambahan zat aditif lateks terhadap durabilitas campuran SMA.

1.2 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengidentifikasi pengaruh penambahan lateks terhadap durabilitas campuran *Split Mastic Asphalt* (SMA) dengan berbagai variasi kadar lateks yang berbeda. Hasil penelitian ini dapat juga dijadikan sebagai referensi oleh peneliti bidang perkerasan jalan, yang memanfaatkan lateks sebagai campuran aspal, dan pemicu untuk penelitian lainnya mengenai pemanfaatan lateks.

Pada penelitian ini didapatkan beberapa manfaat penelitian, yaitu:

1. Mengidentifikasi hubungan penambahan lateks terhadap parameter campuran SMA.
2. Untuk mengukur nilai durabilitas antara campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dengan zat aditif lateks.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ada beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Aditif yang digunakan adalah lateks.
2. Campuran aspal yang digunakan pada penelitian ini ialah *Split Mastic Asphalt* (SMA).
3. *Marshall Test* seperti stabilitas, kelelahan, rongga dalam campuran (VIM), rongga antar mineral agregat (VMA), Rongga terisi aspal (VFA), *Marshall Quotient* (MQ) merupakan beberapa parameter yang digunakan pada penelitian ini.
4. Pengujian pada benda uji dilakukan berdasarkan pada prosedur pengujian seperti standar SNI.
5. Lingkup pada penelitian ini terbatas, pengujian dilakukan pada Laboratorium Transportasi dan Perkerasan Jalan Raya Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Andalas.

1.4 Sistematika Penulisan

Pada penelitian ini ada beberapa Sistematika Penulisan Laporan, yaitu:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Menjelaskan secara umum tentang latar belakang penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Menjelaskan tentang beberapa referensi aspal, agregat, parameter Marshall serta beberapa referensi penelitian yang terkait.

BAB III : METODOLOGI

Menjelaskan urutan penelitian serta meoda penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang hasil analisis dari penelitian berupa gambar, grafik, serta perhitungan.

BAB V : KESIMPULAN

Menjelaskan kesimpulan serta saran pada penelitian.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Konstruksi perkerasan jalan mengalami perkembangan yang sangat pesat. John Louden McAdam (1756-1836) ialah seorang insinyur yang memperkenalkan perkerasan jalan yang terdiri dari batu-batu pecah yang berukuran sebesar 3 inci, dimana pada pori di atasnya ditutup menggunakan batu yang ukurannya lebih kecil. Jenis perkerasan jalan tersebut dikenal dengan Perkerasan Macadam. Di atas lapisan Macadam diberi lapisan aus dengan aspal sebagai bahan pengikat serta ditaburi oleh pasir-pasir kasar, hal tersebut dapat memberikan efek lapisan yang kedap terhadap air. Lapisan ini yang menjadi referensi berbagai jenis perkerasan pada zaman sekarang.

Campuran aspal merupakan kombinasi campuran aspal dengan agregat, baik itu menggunakan bahan atau tanpa bahan tambahan (zat aditif). Pada campuran aspal, aspal sangat berfungsi untuk bahan pengikat antar rongga agregat, serta agregat berperan sebagai sumber kekuatan dari campuran. Kemampuan campuran aspal dipengaruhi dengan sifat mekanis dari aspal dan juga agregat. Ketahanan (*durability*) campuran terhadap beban lalu lintas, air dan cuaca merupakan salah satu jenis parameter kinerja campuran aspal.

Untuk peningkatan kinerja campuran aspal diperlukan penambahan zat tambah (zat aditif) pada campuran aspal. Zat tambah yang digunakan harus dapat memberikan tambahan kekuatan pada

campuran. Pada penelitian kali ini digunakan lateks yang ditambahkan pada *Split Mastic Asphalt* (SMA) sebagai zat tambah (zat aditif) untuk melihat pengaruhnya terhadap kerja durabilitas campuran tersebut.

2.2 Split Mastic Asphalt (SMA)

Menurut Collins (1996), SMA merupakan suatu campuran gradasi timpang mempunyai kandungan agregat kasar yang cukup tinggi, yang mengakibatkan meningkatkan kontak antar butiran batu dengan batu di dalam meningkat, sehingga memberikan jaringan penyaluran beban roda secara efisien. Partikel agregat kasar itu akan menyatu secara baik dengan *filler*, serat dan atau polymer di dalam suatu ketebalan film aspal

Menurut Wonson (1996), *Split Mastic Asphalt* (SMA) baik dipakai pada semua jenis perkerasan jalan, karena SMA didefinisikan sebagai lapisan permukaan tipis, dimana memiliki ketahanan yang bagus terhadap alur serta memiliki durabilitas yang tinggi.

Salah satu campuran SMA ialah bergradasi terbuka, dengan sifat:

1. Tahan terhadap alur dimana terdapat temperature yang cukup tinggi serta lalu lintas berat yang bertumpu pada suatu tempat.
2. Dapat dilaksanakan walaupun dengan pelapisan yang tipis.
3. Banyaknya rongga yang terdapat dalam campuran, maka digunakan kadar aspal yang cukup tinggi.
4. Tidak peka jika terjadi perubahan kadar aspal terhadap campuran.

5. Lebih fleksibel saat mengatasi perubahan bentuk karena kurang bagusnya lapisan bawah.
6. Menghasilkan kelekatan cukup baik antara lapisan SMA dengan lapisan bawahnya.
7. Memiliki struktur permukaan yang seragam dan kasar.

Pada dasarnya campuran *Split Mastic Asphalt* terdiri dari 2 unsur, dimana agregat sebagai bahan utama, aspal, serta sebagai bahan tambahan. Putri (2018), menyatakan kualitas pengerasan aspal dapat dikarakteristikan dengan kekakuan, stabilitas, daya tahan, permeabilitas, kemampuan bahan, ketahanan leleh, ketahanan selip dan ketahanan terhadap kerusakan kelembaman.

2.3 Karet Alam (Lateks)

Lateks didefinisikan sebagai getah kental yang diperoleh dari pohon yang disadap. Lateks sangat cocok digunakan untuk campuran aspal karena dapat meningkatkan kekentalan pada cairan aspal sehingga aspal lebih kuat terhadap deformasi, karena lateks memiliki daya tahan terhadap elastisitas yang tinggi. Putri (2019), menyimpulkan bahwa kinerja campuran aspal dapat ditingkatkan melalui modifikasi sifat aspal seperti penambahan bahan seperti limbah karet yang dapat meningkatkan elastisitas aspal, dan juga limbah karet dapat meningkatkan daya tahan aspal, meningkatkan kinerja dampak serta isolasi dan sebagainya.

Beberapa ketentuan yang harus dimiliki oleh Lateks yang baik, yaitu (Amal, 2011):

- a. Mempunyai kadar karet kering dari 20%-28%.
- b. Sebaiknya lateks tidak bersatu bersama bubuk lateks, air maupun serum lateks.
- c. Lateks sebaiknya memiliki bau karet segar.
- d. Tidak ditemukan kotoran pada lateks.

Agar pembuatan aspal karet dapat digunakan dengan efektif. Maka bahan yang ditambahkan dengan aspal harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Amal, 2011):

- a. Sifat baik dari aspal semula harus dipertahankan, seperti pada saat penyimpanan, pengeringan, dan pada masa pelayanan.
- b. Secara fisik dan kimia tetap baik pada saat penyimpanan, pengerjaan, maupun pada masa pelayanan.
- c. Mudah diproses.

Lateks alam sampai pada saat ini masih sedikit digunakan untuk aspal modifikasi. Tetapi penelitian yang dilakukan pada aspal dengan bahan tambah lateks sudah pernah diteliti, peneliti tersebut ialah Robinson (2004). Hasil dari penelitian tersebut memperlihatkan dengan menambahkan bahan tambah lateks bisa menambah sifat mekanik serta struktural aspal, yang diantaranya menambah tingkat kekerasan pada aspal yang membuat aspal lebih tahan terhadap *rutting*, menurunkan nilai kekakuan sehingga membuat aspal lebih tahan terhadap retak, serta dapat mengurangi kerentanan terhadap temperature tinggi maupun temperature rendah di lapangan.



Gambar 2.1 Lateks

2.4 Indeks Durabilitas

Durabilitas merupakan daya campuran bitumen untuk terus menerus melawan pengaruh terhadap temperature serta air (Craus, J. et al, 1981). Air merupakan salah satu factor yang membuat menurunnya nilai durabilitas pada suatu campuran. Apabila nilai suatu durabilitas suatu campuran menurun, bisa disimpulkan bahwa lapisan aspal tersebut sering terendam oleh air.

Dengan adanya kadar aspal yang cukup tinggi bisa mendapatkan indeks durabilitas yang baik. Suatu jalan lambat laun akan mengalami kerusakan walaupun belum mencapai umur rencananya, hal tersebut diakibatkan oleh jalan yang selalu terendam air, walaupun hal tersebut menggunakan kadar aspal yang tinggi. Pengujian Marshall Test merupakan suatu metoda untuk dapat menilai bagaimana pengaruh air

pada campuran perkerasan aspal, oleh karena itu dengan adanya pengujian Marshall Test akan didapatkan nilai stabilitas benda uji setelah benda uji tersebut direndam pada air dengan suhu 60°C.

Beberapa parameter dari indeks durabilitas yang sangat mempengaruhi kriteria diatas yang diakibatkan oleh perendaman, seperti Indeks Kekuatan Sisa, Indeks Durabilitas Pertama, dan Indeks Durabilitas Kedua.

2.4.1 Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Salah satu metoda yang dipakai untuk menilai keawetan pada campuran aspal ialah dengan merendaman benda uji pada air dengan waktu dan temperature yang sudah ditentukan. Persamaan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada *Marshall Test* dapat dilihat pada persamaan 2.1 berikut :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (2.1)$$

Ket :

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

S_1 = Nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman T1 (Kg)

S_2 = Nilai rata-rata stabilitas *Marshall* setelah perendaman T2 (Kg)

Nilai IKS yang sesuai dengan nilai standard Bina Marga untuk perkerasan aspal ialah sebesar 90%. Dengan adanya nilai standar yang ditetapkan dapat diketahui bahwa campuran aspal bisa tahan dengan

kerusakan yang ditimbulkan akibat beban lalu lintas dan pengaruh cuaca atau air.

2.4.2 Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Total kelandaian yang berurut pada kurva keawetan didefinisikan sebagai Indeks Durabilitas Pertama. Persamaan untuk menghitung Indeks Durabilitas Pertama dapat dilihat pada persamaan 2.2:

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \quad (2.2)$$

Ket :

r = Nilai Indeks Penurunan Stabilitas (%)

S_i = Persen kekuatan sisa pada waktu t_i

S_{i+1} = Persen kekuatan sisa pada waktu t_{i+1}

T_i, t_{i+1} = Periode perendaman.

Contoh untuk menghitung indeks kekuatan pada hari 1,3,5, serta 7 hari ialah:

$$r = \frac{S_0 - S_1}{0,5} + \frac{S_1 - S_4}{5,5} + \frac{S_4 - S_7}{6} + \frac{S_7 - S_{14}}{12} \quad (2.3)$$

Nilai “r” positif menyatakan adanya penurunan stabilitas (kehilangan kekuatan), jika yang diperoleh nilai “r” negatif menyatakan adanya peningkatan stabilitas (perolehan kekuatan).

2.4.3 Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Suatu luas kehilangan kekuatan rata – rata antara kurva keawetan dengan garis $S_0=100\%$ merupakan defisini dari Indeks Durabilitas Kedua. Persamaan untuk menghitung Indeks Durabilitas Kedua dapat dilihat dari persamaan 2.4:

$$\alpha = \frac{1}{t_n} \sum_{i=1}^n \alpha_i = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) \cdot [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \quad (2.4)$$

Ket :

S_i = Persen kekuatan sisa pada waktu t_i

t_n = Total waktu perendaman

S_{i+1} = Persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1}

t_i, t_{i+1} = Waktu perendaman (dimulai dari proses awal penelitian)

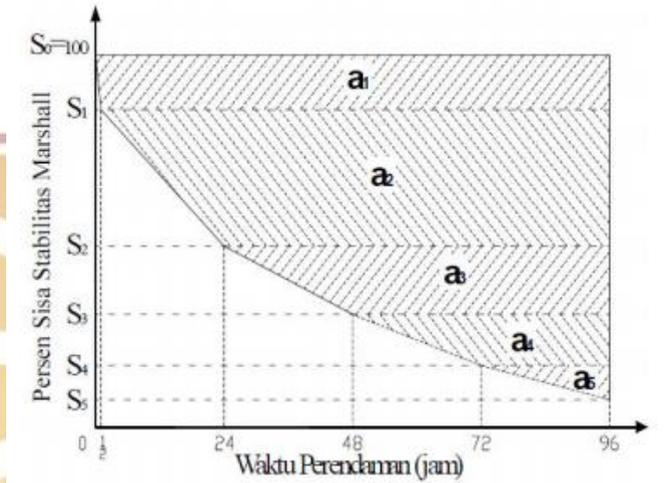
Pada indeks durabilitas tersebut dapat digambarkan kehilangan kekuatan pada satu hari. Dimana pada nilai “a” positif dapat dilihat adanya suatu kehilangan kekuatan, jika didapatkan nilai “a” negatif menggambarkan adanya suatu penambahan kekuatan. Berdasarkan pernyataan di atas, maka nilai $a < 100$. Jadi hal tersebut sangat dapat menyatakan suatu persen ekuivalen kekuatan sisa pada satu hari (S_a) pada persamaan 2.5:

$$S_a = 100 - \alpha \quad (2.5)$$

Nilai IDK bisa dinyatakan pada bentuk nilai absolute dari ekuivalen kehilangan kekuatan sebagai persamaan 2.6:

$$A = \frac{\alpha}{100} \cdot S_0 \quad (2.6)$$

2.4.4 Kurva Keawetan



Gambar 2.2 Kurva Keawetan

Apabila telah didapatkan suatu nilai IDK berdasarkan Indeks Durabilitas Test, maka hasil penelitian tersebut dapat dibuat pada bentuk grafik yang dapat digambarkan pada suatu persentase stabilitas sisa dengan waktu rendam tersebut. Grafik tersebut juga diberi nama kurva keawetan yang terlihat pada gambar 2.2.

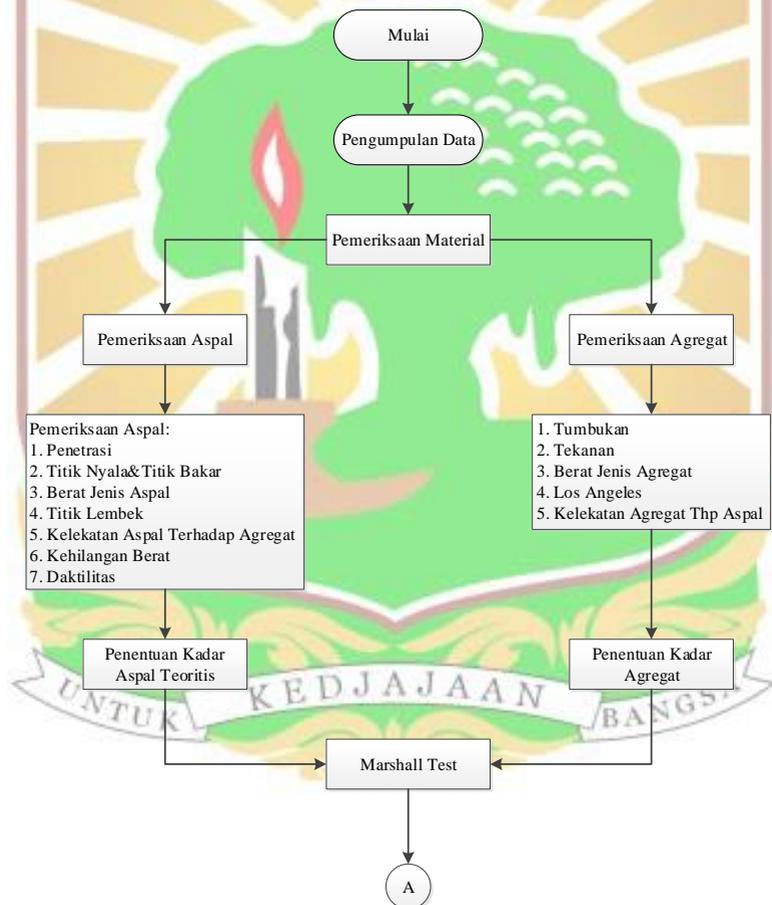
Pada gambar kurva keawetan diatas, dapat disimpulkan bahwa indeks durabilitas kedua (a) merupakan suatu luas daerah pada kurva keawetan tersebut kemudian dibatasi oleh suatu garis kurva keawetan serta garis horizontal pada persen stabilitas dimana tersisa sebesar 100% (luas daerah diarsir). Pada persen ekuivalen kekuatan sisa pada satu hari (S_a) dapat ditunjukkan dengan luas daerah yang ada dibawah garis kurva keawetan tersebut (luas daerah tidak diarsir).

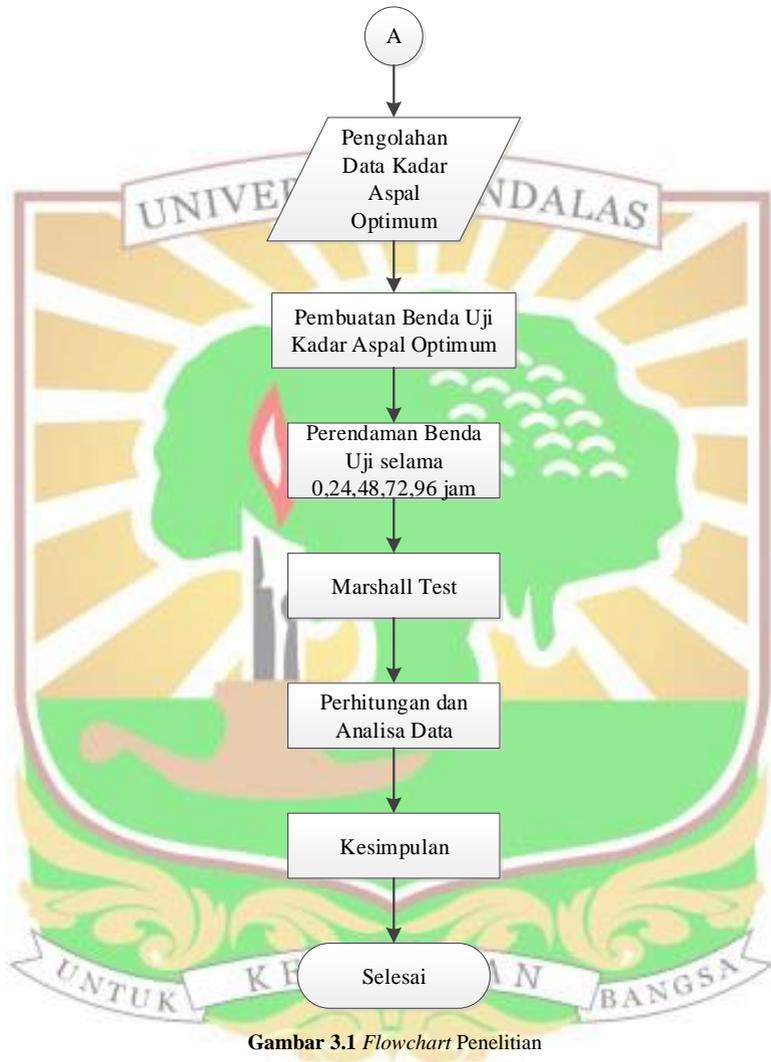
BAB III

METODOLOGI

3.1 Bagan Alir Penelitian

Pada pelaksanaan penelitian ini langkah-langkah yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:





Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.2 Tahap Pengujian

Ada beberapa tahap yang dilaksanakan pada pengujian tersebut, yaitu:

3.2.1 Pemeriksaan Material

Agregat kasar, agregat halus, lateks, serta *Split Mastic Asphalt* (SMA) ialah material yang dipakai untuk campuran benda uji bahan campuran LASTON. Dimana agregat kasar didefinisikan sebagai agregat yang tertahan pada saringan no.4, sedangkan agregat halus didefinisikan sebagai agregat yang lolos pada saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200.

3.2.1.1 Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan dilakukan sebagai berikut :

1. Penetrasi Bahan Bitumen

- a. Pemeriksaan Penetrasi Bahan Bitumen Tanpa Kehilangan Berat.
(SNI 2456:2011)

Pada pengujian ini berfungsi untuk menentukan penetrasi aspal, lembek atau keras dengan cara memasukkan jarum penetrasi dengan beban, ukuran serta waktu yang ditentukan ke dalam benda uji dengan suhu yang ditentukan. Peralatan yang digunakan ialah sebaga berikut: alat penetrasi, container aspal, *transfer dish*, jarum penetrasi, thermometer, dan bak perendam.

Prosedur kerja yang dilakukan pertama tuangkan benda uji aspal tersebut ke dalam container aspal sampai dengan batas ketinggian container, kemudian dinginkan benda uji pada temperature antara 15-30°C selama 1-1,5 jam sampai suhu ruang. Setelah itu letakan *transfer dish* serta benda uji pada bak perendam dengan temperature selama 1-1,5 jam. Lalu bersihkan jarum penetrasi sampai bersih, kemudian pasangkan di pemegang jarum. Jangan lupa letakan pemberat sebesar 50gr pada pemegang jarum agar diperoleh brat total sebesar $100 \pm 0,1$ gr, kemudian letakan cawan yang sudah terisi benda uji pada *transfer dish*, lalu rendamlah cawan tersebut menggunakan air serta letakan pada alat penetrometer. Setelah itu turunkan jarum secara pelan-pelan sampai telah menyentuh permukaan, kemudian turunkan pemegang jarum selama $(5 \pm 0,1)$ detik, dan atur arloji penetrometer untuk mengukur nilai penetrasi, lalu baca angka penetrasi dan catat. Lakukan minimal sebanyak 5 kali pengujian pada benda uji yang sama, dimana setiap titik pemeriksaan berjarak ± 10 mm dari dinding cawan serta ± 10 mm dari titik satu ke titik lainnya.

b. Pemeriksaan Penetrasi Bahan Bitumen Dengan Kehilangan Berat

Pemeriksaan dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kehilangan berat dengan penetrasi bitumen, lembek atau keras dengan cara memasukkan jarum penetrasi dengan beban, ukuran serta waktu yang sudah ditentukan pada benda

uji dengan suhu yang sudah ditentukan juga. Peralatan yang digunakan ialah: container aspal, *transfer dish*, jarum penetrasi, thermometer, dan bak perendam, serta alat penetrasi.

2. Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal.

(SNI 2433:2011)

Pada pengujian ini berfungsi untuk menentukan titik nyala dan titik bakar pada aspal. Dimana titik nyala merupakan temperature dimana dapat terlihat nyala api biru singkat dan apabila dilewatkan api penguji pada permukaan aspal tersebut, adapun titik bakar merupakan temperature dimana terlihat nyala api selama 5 detik apabila dilewatkan api penguji pada permukaan aspal. Peralatan yang diperlukan ialah sebagai berikut: thermometer, alat pemanas, alat *Cleveland Open Cup* (COC) seperti cawan *cleveland*, penyangga, dan juga alat pemanas, serta nyala api.

Langkah kerja yang dilakukan pertama panaskan benda uji aspal sampai cair, lalu isi cawan *Cleveland* dengan benda uji sampai dengan batas garis tersebut, kemudian nyalakanlah api penguji serta atur diameter api penguji sebesar 3,2 mm - 4,8. Setelah itu lakukanlah pemanasan awal dengan dengan kenaikan temperature $(15 \pm 1) ^\circ\text{C}$ dimana benda uji sampai dengan temperature 56°C dibawah perkiraan titik nyala, dan atur kecepatan pemanasan $5^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}$ per menit dari suhu $28^\circ\text{C} - 56^\circ\text{C}$ di bawah titik nyala perkiraan. Setelah selesai diuji tulis hasil penelitian titik nyala tersebut, dan untuk titik bakar teruskan

sampai pemanasan pada benda uji tersebut menyala dan terbakar selama 5 detik.

3. Berat Jenis Aspal.

(SNI 2441:2011)

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk menentukan berat jenis aspal. Berat jenis aspal merupakan sebuah perbandingan antara aspal dengan berat air suling pada isi yang sama dan dengan suhu yang ditentukan. Alat yang diperlukan ialah sebagai berikut: bak perendm, piknometer, bejana gelas, dan timbangan. Prosedur kerja yang dilakukan pertama cuci piknometer samapi benar-benar bersih, kemudian keringkan lalu timbanglah berat piknometer menggunakan timbangan ketelitian 0,1 gr, lalu isi pikno tersebut dengan menggunakan air suling, setelah itu tutup pikno. Langkah selanjutnya timbang pikno yang sudah berisi air (B), kemuadian buang air suling tersebut dan keringkan piknometer. Panaskan aspal, lalu tuangkan aspal ke dalam pikno sampai dengan $\frac{3}{4}$ dari volume pikno tersebut. Jangan lupa dinginkan piknometer dan juga isinya pada temperature udara ± 40 menit, lalu timbang pikno dengan benda uji (C). Pikno yang berisi aspal lalu diisi dengan air suling sampai batas piknometer, lalu direndam pada air selama $\frac{1}{2}$ jam. Langkah selanjutnya timbang pikno berisi aspal dan air (D).

Untuk menghitung berat kenis aspal, dapat menggunakan persamaan di bawah berdasarkan SNI 2441:2011.

$$\frac{(C - A)}{[(B - A) - (D - C)]} \quad (3.1)$$

Dimana:

A = Nilai piknometer(gr)

B = Nilai piknometer + air (gr)

C = Nilai piknometer + sampel (gr)

D = Nilai piknometer+sampel+air (gr)

4. Titik Lembek.

(SNI 2434:2011)

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk menentukan titik lembek pada bitumen dengan memakai sebuah metoda yaitu *Ring and Ball*. Suhu dimana bola baja turun pada suatu lapis aspal yang tersangkut pada sebuah cincin ukuran tertentu, yang mengakibatkan pada bitumen tersebut dapat menyentuh plat dasar kuningan akibat pemanasan merupakan definisi dari titik lembek. Peralatan yang digunakan ialah sebagai berikut: cincin kuningan, thermometer, bejana perendam, bola baja, pelat persiapan benda uji, dudukan benda uji seperti pemegang cincin serta peralatan lainnya.

Prosedur kerja yang pertama panaskan benda uji aspal sampai cair, lalu tuangkan benda uji ke dalam cetakan cincin, kemudian diamkan sampel selama $\frac{1}{2}$ jam sampai suhu ruang. Setelah sampel dingin, isi bejana perendam dengan air suling, masukkan peralatan, cincin berisi benda uji dan thermometer, kemudian letakan bola baja di atas cincin berisi benda uji. Lakukan pemanasan bejana agar suhu naik menjadi 5°C per menit, dan tulis temperature saat bola baja jatuh menyentuh plat dasar

5. Kelekatan Aspal terhadap Batuan.

(PA-0312-76)

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk mengetahui persentase sebuah kelekatan aspal pada permukaan batuan. Alat yang digunakan ialah sebagai berikut: *oven*, wadah, dan spatula.

Prosedur kerja yang pertama yaitu ambil batu silica lebih kurang sebesar 100gr lalu cuci. Langkah selanjutnya keringkan dengan temperature 125°C dan tunggu 5 jam. Setelah itu diamkan selama 1 hari dalam suhu ruang, lalu disimpan pada ruang tertutup. Langkah berikutnya ambil 50gr batu tersebut kemudian panaskan sampai suhu 40°C. Setelah itu campurkan batu-batu tersebut dengan 25gr aspal cair dengan suhu 70°C selama 5 menit atau lebih, kemudian taruh sampel pada botol dan tutup, lalu setelah ½ jam masukkan air suling ke dalam botol dengan suhu udara dengan suhu ruang hingga sampel dapat terendam seutuhnya, setelah itu letakan botol tersebut ke oven dengan suhu 40°C. Setelah itu tunggu sampai 3 jam, kemudian ambil botol dari oven, terakhir perkirakanlah luas batu yang terselimuti oleh bitumen.

6. Kehilangan Berat

(SNI 06-2440-1991)

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk memeriksa bagaimana pengaruh kehilangan berat terhadap bitumen. Peralatan yang digunakan ialah sebagai berikut: thermometer, *oven*, timbangan dan *container* aspal.

Prosedur kerja yang pertama ialah panaskan benda uji aspal, lalu tuangkan benda uji sebanyak $50 \pm 0,5$ gr pada *container*, apabila benda uji telah dingin timbang lagi dengan timbangan (A), untuk 2 benda uji. Setelah itu taruh sampel ke oven pada suhu $(163 \pm 1)^\circ\text{C}$ selama 5 jam. Langkah selanjutnya dinginkan sampel dengan suhu ruangan, lalu timbang benda uji (B).

Menghitung nilai kehilangan berat dapat menggunakan persamaan di bawah ini berdasarkan persamaan 3.2:

$$\frac{A - B}{A} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dimana:

A = Nilai sampel semula (gr)

B = Nilai sampel setelah dipanaskan (gr)

7. Daktilitas

- a. Pemeriksaan Daktilitas Aspal Tanpa Kehilangan Berat. (SNI 2432-2011)

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk mengukur jarak terpanjang yang ditarik antara 2 cetakan yang berisi aspal keras sampai sebelum putus dengan suhu dan kecepatan tarik tertentu. Alat yang digunakan ialah daktilometer, bak perendam, dan glycerine (sabun colek), cetakan daktilitas.

Prosedur kerja yang pertama yaitu selimuti permukaan pelat dasar serta bagian cetakan dengan *glycerine*, lalu panaskan benda uji dan tuangkan benda uji pada cetakan. Diamkan terlebih dahulu sampel dengan temperature ruang selama $\frac{1}{2}$ jam, kemudian ratakan permukaan sampel dengan

menggunakan spatula panas agar merata. Setelah itu tambahkan glycerine ke dalam bak perendam dan mesin uji daktilitas agar berat jenis air tersebut sama dengan aspal. Langkah selanjutnya masukkan sampel pada bak perendam dengan temperature 25°C dengan waktu 85-95 menit, lalu lepaskan sampel dari plat dasar serta langsung pasang sampel pada mesin uji. Lalu gunakan mesin uji hingga menarik benda uji dengan kecepatan 50mm per menit. Perbedaan kecepatan $\pm 2,5$ mm per menit masih dibolehkan. Dan yang terakhir baca nilai panjang tarikan disaat putus dan satuan yang digunakan ialah cm.

b. Pemeriksaan Daktilitas Aspal Tanpa Kehilangan Berat

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk melihat kehilangan berat terhadap nilai daktilitas bitumen.

3.2.1.2 *Pemeriksaan Agregat*

Pemeriksaan dilakukan sebagai berikut:

1. Ketahanan Agregat terhadap Tumbukan.

(BS 812-110:1990)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai ketahanan agregat kasar terhadap tumbukan. Nilai *Aggregate Impact Value* (AIV) didefinisikan sebagai persentase sebuah perbandingan antara berat agregat yang hancur (lolos pada saringan 2,36 mm) dengan berat total sampel agregat semula. Peralatan dibutuhkan ialah sebagai berikut: *Aggregate Impact Machine* (AIM), saringan diameter 14mm, 10mm, dan 2,36mm,

silinder pengujian, palu baja seberat 14 kg, besi penumbuk dan juga timbangan serta alat pengunci palu.

Prosedur kerja yang pertama ialah isi cup dengan sampel sebanyak 3 lapis sama tebal, kemudian ditusuk 25 kali setiap lapisnya dengan batang penusuk secara merata di atas permukaan. Setelah itu ratakan permukaan benda uji dengan besi penusuk lalu timbang (A), kemudian taruh mesin *Impact Aggregate* pada lantai dengan permukaan yang keras serta datar. Langkah selanjutnya taruh *cup* berisi benda uji ke pelat landas. Selanjutnya lepaskanlah pengunci palu lalu biarkanlah palu jatuh ke benda uji, kemudian angkat palu lalu lepaskan kembali (jatuh bebas). Tumbukan harus dilakukan sebanyak 15 kali dengan waktu tumbukan 1 detik. Langkah selanjutnya saring dengan saringan 2,36mm lalu timbang berat (B) gr, serta sampel tertahan (C) gr.

Menghitung *Aggregate Impact Value*(AIV) dapat menggunakan persamaan di bawah ini berdasarkan BS 812-110:1990:

$$\frac{B}{A} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dimana :

A = Nilai awal benda uji (gr)

B = Nilai benda uji lolos saringan 2,36mm (gr)

2. Ketahanan Agregat Terhadap Tekanan.

(BS 812-110:1990)

Pada Pemeriksaan tersebut berfungsi untuk menentukan nilai kekuatan agregat kasar terhadap tekanan. Persentase sebuah

perbandingan antara berat agregat yang hancur (lolos pada saringan 2,36mm) dengan berat total sampel agregat semula merupakan definisi dari nilai *Aggregate Crushing Value* (ACV). Alat yang dibutuhkan ialah *Aggregate Crushing Mechine* (ACM), besi penumbuk, saringan dengan diameter 14mm; 10mm; dan 2,36mm, timbangan , serta *plunger*, dan yang terakhir silinder untuk pengujian.

Langkah kerja yang pertama ialah isi silinder dengan sampel sebanyak 3 lapis dengan ketebalan yang sama, kemudian ditusuk 25 kali setiap lapisnya dengan batang penusuk secara merata di atas permukaan, kemuadian ratakan permukaan sampel menggunakan besi penusuk dan timbang sampel tersebut (A). Setelah itu taruh mesin *Crushing Agregat* di permukaan yang keras dan juga datar, kemudian taruh silinder penguji ke *base plate* kemudian atur *plunger* di atasnya. Setelah itu benda uji ditekan dengan *plunger* menggunakan mesin penekan yang diberi beban sampai 400 kN dengan waktu 10 menit. Setelah 10 menit lepaskan *plunger* lalu pindahkan sampel yang sudah ditekan dalam wadah. Terakhir sampel disaring menggunakan saringan 2,36mm dengan lama waktu 1 menit dan timbang berat lolos dengan timbangan (B).

Untuk menghitung *Aggregate Crushing Value* (ACV) dapat menggunakan persamaan di bawah ini berdasarkan BS 812-110:1990:

$$\frac{B}{A} \times 100\% \quad (3.4)$$

Dimana :

A = Nilai awal benda uji (gr)

B = Nilai benda uji lolos saringan 2,36mm (gr)

3. Berat Jenis Agregat

a. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 1970:2008)

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk menentukan suatu berat jenis semu (*apparent*), penyerapan, berat jenis (*bulk*), dan berat jenis kering permukaan jenuh (SSD) pada agregat halus.

Prosedur Kerja diantaranya pertama yaitu masukkan sampel pada oven sampai kering dengan temperature $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Kemudian keluarkan sampel dan biarkan dengan suhu ruang, setelah itu sampel direndam dengan waktu ± 24 jam. Setelah itu tuangkan sampel pada talam dimana sebelumnya terlebih dahulu buang air perendaman jangan sampai ada yang tersisa. Langkah selanjutnya sampel dikeringkan dengan cara dijemur dibawah sinar matahari. Langkah selanjutnya uji benda uji pada kondisi SSD dengan cara memasukan benda uji tersebut pada kerucut pancung. Kemudian padatkan sampel dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali, setelah itu angkat kerucut pancung, jika benda uji runtuh 1/3 bagian dari kerucut pancung maka benda uji telah mencapai kondisi SSD. Apabila benda uji telah berada pada kondisi SSD masukkanlah sampel sebanyak 500gr pikno (S), kemudiann isi pikno sampai 90% dengan

menggunakan air suling lalu diputar sambil diguncangkan hingga tidak terlihat lagi gelembung udara. Lalu masukkan piknometer ke dalam air sampai piknometer terendam setengah bagian pada suhu 25°C. Langkah berikutnya tambahkan air hingga batas piknometer. Setelah itu timbang pikno yang sudah terisi air serta sampel dengan timbangan (C) gr. Jika sudah keluarkan sampel, lalu masukkan pada oven hingga kering dan mencapai berat tetap lalu diamkan benda uji. Apabila telah didiamkan timbang benda uji (A) gr. Terakhir timbang berat pikno yang sudah terisi air penuh lalu cek suhu air untuk penyesuaian standard 25 °C (B) gr. Setelah pengujian lakukanlah perhitungan berat jenis dengan menggunakan persamaan di bawah ini berdasarkan pada SNI 1970 : 2008:

Berat jenis curah kering:

$$\frac{A}{(B + S - C)} \quad (3.5)$$

Berat jenis curah kondisi kering permukaan jenuh:

$$\frac{S}{(B + S - C)} \quad (3.6)$$

Berat jenis semu:

$$\frac{A}{(B + A - C)} \quad (3.7)$$

Penyerapan

$$\frac{S - A}{A} \times 100\% \quad (3.8)$$

Dimana:

A = Nilai sampel pada kondisi kering (gr)

B = Nilai pikno terisi air (gr)

C = Nilai pikno + sampel + air (gr)

S = Nilai sampel dalam kondisi SSD (gr)

b. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar.
(SNI 1969 : 2008)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis, berat jenis semu (*apparent*), berat jenis permukaan jenuh (SSD), dan penyerapan dari agregat kasar.

Prosedur Kerja pertama dilakukan ialah membersihkan sampel dari debu atau kotoran lainnya yang melekat dengan menggunakan air, lalu masukkan sampel pada oven dengan suhu (110 ± 5) °C. Setelah itu diamkan sampel dalam suhu ruang dengan waktu 1 jam - 3 jam, lalu timbang berat kering benda uji tersebut (A). Lakukan perendaman pada sampel pada suhu ruang dalam waktu 24 ± 4 jam. Setelah direndam keluarkan sampel serta lap menggunakan kain hingga kondisi SSD. Setelah itu timbang sampel dalam kondisi SSD (B). Terakhir masukkan sampel tersebut ke sebuah keranjang yang terendam dalam air, lalu guncangkan untuk mengeluarkan rongga udara dan tentukan berat benda uji di dalam air tersebut (C).

Setelah pengujian lakukanlah perhitungan berat jenis dengan menggunakan persamaan di bawah ini berdasarkan pada SNI 1970 : 2008:

Berat jenis curah kering:

$$\frac{A}{B - C} \quad (3.9)$$

Berat jenis curah kondisi kering permukaan jenuh:

$$\frac{B}{B - C} \quad (3.10)$$

Berat jenis semu:

$$\frac{A}{A - C} \quad (3.11)$$

Penyerapan

$$\frac{B - A}{A} \times 100\% \quad (3.12)$$

Ket:

A = Nilai sampel pada kondisi kering (gr)

B = Nilai sampel pada kondisi SSD (gr)

C = Nilai sampel dalam air (gr)

4. Ketahanan Agregat terhadap Keausan (SNI 2417:2008)

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan mesin *Los Angeles*. Persentase sebuah perbandingan antara berat bahan aus

lewat saringan No.12 dengan berat semula merupakan definisi dari keausan.

Langkah prosedur yang pertama ialah cuci lalu keringkan benda uji sampai dengan berat tetap. Pengujian dilakukan berdasarkan tabel gradasi agregat (tabel lampiran B). Pengujian yang dilakukan pada pengujian ini menggunakan gradasi B dengan berat benda uji dapat dilihat pada lampiran. Selanjutnya nyalakan mesin *Los Angeles* dan masukkan benda uji. Jumlah putara sebanyak 500 putaran berdasarkan tabel gradasi, dan kecepatan putar mesin sebesar 30rpm-33rpm. Langkah selanjutnya keluarkan benda uji, kemudian disaring menggunakan saringan no.12, kemudian sampel yang tertahan dicuci sampai bersih dan keringkan pada oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap. Setelah di oven, dinginkan benda uji lalu timbang, setelah itu tulis hasilnya (B). Setelah itu lakukan perhitungan untuk dapat mencari berapa benda yang tahan terhadap aus menggunakan rumus di bawah.

Untuk menentukan nilai keausan maka dapat digunakan persamaan di bawah ini:

$$\frac{B - A}{A} \times 100\% \quad (3.13)$$

Dimana:

A = Nilai pada sampel awal (gr)

B = Nilai sampel tertahan saringan No.12 (gr)

5. Kelekatan Agregat terhadap Aspal

(SNI 2439:2011)

Pada pengujian tersebut berfungsi untuk menentukan persen kelekatan agregat terhadap bitumen. sebuah persentase luas permukaan batuan yang tertutup oleh aspal dengan seluruhan luas permukaan merupakan definisi dari kelekatan agregat terhadap aspal. Alat yang diperlukan ialah: air suling, wadah, oven, timbangan dengan kapasitas 200gr, sendok pengaduk, dan saringan No.4, 3/8”.

Prsedur kerja yang pertama adalah keringkan benda uji dengan oven sampai berat tetap, kemudian saring dengan saringan 3/8” dan saringan No. 4, lalu timbang sampel sebanyak 100 ± 1 gr. Setelah itu panaskan wadah dan juga agregat dalam waktu 1 jam. Setelah itu panaskan aspal lalu timbang sebanyak $(5,5 \pm 0,2)$ gr. Langkah selanjutnya panaskan spatula dan diaduk merata sampai waktu 3 menit. Setelah penyelimutan, diamkan sebentar hingga temperature campuran turun sampai temperature ruang, kemudian masukan air suling pada wadah hingga sampai campuran tenggelam. Setelah itu rendam selam 16-18 jam. Terakhir amati campuran, perkiraan persentase luas permukaan agregat totan dan yang masih terselimuti aspal, kemudian perkiraan apakah persentase diatas 95% atau tidak.

3.2.2 Penentuan Fraksi Agregat

Dalam pengujian ini dipakai beberapa fraksi agregat yaitu fraksi agregat kasar serta fraksi agregat halus, dan filler. Dimana agregat kasar

didefinisikan sebagai agregat yang tertahan saringan no. 4, sedangkan agregat halus didefinisikan sebagai agregat lolos pada saringan no. 4 dan tertahan di saringan no. 200, dan yang terakhir filler yang didefinisikan sebagai agregat yang lolos saringan no. 200.

3.2.3 *Kombinasi Campuran*

Kombinasi campuran material untuk pengujian yaitu:

1. Campuran aspal dengan zat aditif lateks ialah menggunakan aspal pen 60-70 sebagai bahan pengikat, agregat kasar serta halus menggunakan batu pecah, filler menggunakan abu batu, serta gradasi pada agregat diperoleh dari batas tengah spesifikasi SMA.
2. Campuran perbandingan, yang digunakan ialah agregat halus serta agregat kasar memakai batu pecah, dan juga filler memakai abu batu, untuk aspal pen 60-70 sebagai bahan pengikat serta gradasi agregat didapatkan dari batas tengah spesifikasi SMA.

3.2.4 *Design Mix Formula (DMF)*

Pada penelitian ini DMF ditentukan menggunakan sebuah metoda yaitu luas permukaan, yang mana hasilnya tergantung pada hasil pemeriksaan aspal, pemeriksaan agregat, dan dilihat dari spesifikasi gradasi agregat lapis perkerasan. Pada pemeriksaan agregat data-data yang digunakan ialah berat jenis aspal.

Prosedur kerja untuk menghitung dan menentukan DMF yang pertama yaitu menentukan terlebih dahulu jenis lapis perkerasan yang

digunakan, pada pengujian ini memakai jenis lapis perkerasan SMA. Setelah itu hitung luas permukaan, setelah menghitung luas permukaan, tentukanlah KAO tersebut pada total luas permukaan yang telah dikonversikan. Setelah mendapat nilai T, tentukanlah nilai K atau bisa disebut juga nilai factor kekasaran permukaan tersebut. Setelah didapat nilai T, selanjutnya menentukan nilai S, dimana nilai S diperoleh dari hasil bagi antara konstanta (2,65) terhadap nilai berat jenis agregat campuran curah kering.

$$BJ\ AGG = \frac{100}{\frac{\%AK}{BJ.AK} + \frac{\%AH}{BJ\ AH} + \frac{\%Filler}{BJ\ Filler}} \quad (3.14)$$

Langkah selanjutnya menentukan nilai P, nilai P merupakan kadar aspal terfaktor.

$$P = S \times K \times T \quad (3.15)$$

Setelah itu nilai P dikurang 0,3 % - 0,5 % agar diperoleh rongga terhadap campuran aspal. Dimana untuk variasi datanya, nilai kadar optimum dikurangi atau ditambah 1% dari KAO teoritis, kemudian nilai DMF sudah diperoleh.

3.2.5 Pengujian Kelayakan Campuran dengan Menggunakan Marshall Test

Didasarkan oleh ketentuan Marshall, perencanaan pada suatu campuran aspal harus memenuhi syarat seperti persentase pada aspal yang digunakan untuk menjamin keawetan, nilai stabilitas campuran harus sesuai dengan apa yang ditentukan sehingga bisa menerima beban lalu lintas tanpa harus mengalami perubahan bentuk, dan fleksibel oleh

karena itu memungkinkan terjadi perubahan bentuk tanpa terjadi keretakan, dan yang terakhir rongga dalam campuran agar bisa memungkinkan pemadatan tambahan serta pembebanan dalam lalu lintas.

Pada penelitian ini sangat dibutuhkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) agar dapat membuat campuran aspal dimana dengan KAO tersebut bisa mendapatkan sifat campuran seperti kondisi diatas. Salah satu metoda yang digunakan untuk mencari KAO yaitu dengan menggunakan Metoda *Marshall Test*.

Ada beberapa tahap yang harus dilalui untuk pengujian *Marshall Test*, yaitu:

1. Menentukan nilai Stabilitas dan Kelelehan

Penentuan stabilitas dan kelelehan (*flow*) dilakukan dengan menggunakan alat *Marshall* dengan suhu 60°C dan dengan kecepatan 2"/menit.

2. Menentukan nilai Volume Rongga dalam Campuran

Apabila telah melakukan pencampuran serta pemadatan maka sampel direndam didalam air dalam waktu 24 jam dengan suhu ruangan agar diperoleh suatu kondisi jenuh. Setelah itu ditimbang dengan kondisi setelah dipadatkan, kondisi dalam air, dan pada kondisi jenuh. Dari perhitungan tersebut maka didapat VIM dan VMA.

Di hasil pengolahan data maka didapatkan beberapa parameter yaitu stabilitas, kelelehan, rongga antar mineral agregat (VMA), rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFA) dan nilai *Marshall Quotient* (MQ).

3.2.6 *Mix Design dan Pemeriksaan Campuran menggunakan Marshall*

Pada penelitian ini untuk mencari nilai stabilitas serta kelelahan pada campuran tersebut dilakukan dengan cara *Mix Design* dan pemeriksaan campuran dengan menggunakan alat *Marshall*. Alat yang dipakai seperti 3 buah alat cetak sampel dengan diameter 10cm serta dengan tinggi 7,5cm dan dilengkapi dengan leher sambung serta plat alas, dan juga alat pengeluar sampel, silinder cetak sampel dan landasan pematik, *oven*, bak perendam, tongkat penusuk dengan permukaan berbentuk silinder dimana berat silinder 4,536 kg, mesin tekan yang dilengkapi dengan kepala penekan berwujud lengkung, dial kelelahan dan yang terakhir cincin penguji berkapasitas 2500kg yang mempunyai ketelitian 12,5kg serta dilengkapi juga dengan arloji tekan, serta alat pendukung lainnya seperti kompor, sarung tangan asbes, sendok pengaduk, dll.

Langkah kerja pada *Mix Design* yang dilakukan pertama ialah mempersiapkan sampel, lalu tunggu sampai agregat kering hingga berat tetap. Pada pengujian ini suhu pada saat pemadatan serta pencampuran wajib ditentukan. Setelah itu panaskan panci untuk pencampuran beserta agregat ± 150 °C serta panaskan aspal hingga suhu 160 °C. Setelah itu campur agregat dengan aspal hingga agregat terselimuti oleh aspal. Setelah agregat dan aspal sudah tercampur dengan baik maka bersihkan cetakan sampel, kemudian letakan kertas berbentuk bulat yang sudah diolesi dengan oli. Setelah itu masukkanlah sampel pada cetakan, dan dilapisi kembali dengan kertas yang sudah diolesi oleh oli. Setelah itu dipadatkan sebanyak 75 kali, kemudian balik lalu dipadatkan lagi

sebanyak 75 kali. Setelah sampel dipadatkan lalu lepaskan alas hingga beberapa menit hingga sampel mendingin dengan suhu ruang. Setelah didiamkan kemudian taruh sampel pada alat pengeluar sampel (*ekstruder*) kemudian keluarkanlah sampel dari cetakan tersebut. Setelah sampel dikeluarkan dari cetakan bersihkanlah sampel hingga tidak ada lagi kotoran atau semacamnya yang menempel pada sampel. Setelah itu berikanlah tanda pada sampel tersebut. Langkah selanjutnya ialah timbang sampel dan juga ukur sampel tersebut. Setelah ditimbang, sampel harus direndam dengan air dengan waktu ± 24 jam dengan suhu ruang, kemudian timbang pada air agar mendapatkan nilai isi, dan juga sampel ditimbang pada kondisi SSD. Setelah ditimbang lalu rendamlah sampel di *waterbath* dengan suhu 60 °C. Setelah direndam sampai waktu tertentu, keluarkan sampel dari *waterbath* dan taruh ke dalam segmen bawah kepala penekan. Pasang arloji stabilitas dan kelelahan dimana jarum harus berada pada angka nol, kemudian naikkan kepala penekan dan sampel hingga menyentuh alas cincin penguji lalu tekan selubung tangkai arloji kelelahan tersebut pada segmen diatas dari kepala penekan hingga pembebanan berlangsung. Langkah selanjutnya atur jarum arloji, kemudian tulis nilai stabilitas serta nilai kelelahan pada saat pembebanan mencapai maksimum. Pada saat sampel diangkat dari *waterbath* waktu yang dibutuhkan tidak boleh lebih dari 30 detik.

3.2.7 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dalam menentukan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) ditetapkan beberapa parameter campuran yaitu rongga antar mineral

agregat, rongga dalam campuran, dan *Marshall Quotient*, stabilitas, kelelahan,

3.2.8 *Pembuatan Benda Uji dengan menggunakan Kadar Aspal Optimum(KAO)*

Pada penelitian ini benda uji dibuat sebanyak lima set dengan tiga buah benda uji pada masing-masing set nya. Benda uji tersebut dibuat dengan menggunakan suatu kadar aspal yang sama yaitu Kadar Aspal Optimum (KAO), dimana KAO pada pengujian ini telah didapatkan pada penelitian sebelumnya. Dan juga pada penelitian ini benda uji yang dibuat adalah benda uji dengan bahan tambah lateks serta benda uji dengan campuran pembanding.

3.2.9 *Perendaman Benda Uji dengan Variasi Waktu Perendaman*

Pada pengujian ini benda uji akan direndam dengan beberapa variasi waktu yaitu 0jam, 24jam, 48jam, 72jam, dan 96jam. Dimana perendaman pada benda uji tersebut direndam pada tempat bernama *waterbath* dengan suhu perendaman ialah 60°C. Hal tersebut sudah sesuai dengan prosedur pada indeks durabilitas.

3.2.10 *Pengujian Pada Benda Uji*

Pada penelitian ini setelah dilakukan perendaman terhadap benda uji maka selanjutnya dilakukan suatu pengujian dengan menggunakan *Marshall Test*. Dari hasil *marshall test* tersebut maka diperoleh suatu nilai diantaranya stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, dan MQ.

3.2.11 Pembahasan Analisis Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian benda uji dengan menggunakan *marshall test*, akan diperoleh indeks durabilitas yaitu Indeks Kekuatan Sisa, Indeks Durabilitas Pertama, dan Indeks Durabilitas Kedua. Setelah itu dapat dianalisis hasil dari campuran aspal perbandingan dengan campuran aspal bahan tambah lateks.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Agregat

Berdasarkan hasil pada pengujian yang telah dilakukan diperoleh hasil pemeriksaan agregat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Metoda	Nilai	Satuan	Nilai Standar	Keterangan
1	Agregat Kasar					
	Berat jenis curah kering (<i>Bulk</i>)	SNI 1969 : 2008	2,61 2	-	-	-
	Berat jenis curah jenuh kering permukaan (SSD)		2,66 1	-	-	-
	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)		2,74 7	-	-	-
	Penyerapan (<i>Absorption</i>)		1,88 0	%	Maks. 3%	OK
2	Agregat Halus					
	Berat jenis curah kering (<i>Bulk</i>)	SNI 1969 : 2008	2,48 4	-	-	-
	Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)		2,88 1	-	-	-
	Berat jenis curah jenuh kering permukaan (SSD)		2,62 2	-	-	-
	Penyerapan (<i>Absorption</i>)		5,55 2	%	Maks. 3%	Not OK
3	Keausan dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	SNI 2417 : 2008	28,9 24	%	Maks.30 %	OK
4	Kekuatan Agregat Terhadap Tekanan (ACV)	BS 812- 110:1 990	19,7 50	%	Maks.30 %	OK

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Agregat (lanjutan)

No	Jenis Pemeriksaan	Metoda	Nilai	Satuan	Nilai Standar	Keterangan
5	Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (<i>AIV</i>)	BS 812-110:1991	13,287	%	Maks.30 %	OK
6	Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	SNI 2439 : 2011	95%	%	Maks.95 %	OK

4.2 Hasil Pemeriksaan Aspal

Pada pengujian yang telah diujikan diperoleh hasil pemeriksaan aspal yang terdapat dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Bitumen Tanpa Bahan Tambah

No	Jenis Pemeriksaan	Metoda	Nilai	Satuan	Nilai Standar	Keterangan
1	Penetrasi Bahan Bitumen					
	Tanpa Kehilangan Berat	SNI 2456:2011	62	-	60-70	OK
	Dengan Kehilangan Berat	ASTM D 1754	55	-	≥54	OK
2	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991	0	%	≤0,8%	OK
3	Titik Nyala dan Titik Bakar					
	Titik Nyala	SNI 2433:2011	256	°C	≥232°C	OK
	Titik Bakar	2433:2011	282	°C	≥232°C	OK
4	Titik Lembek Aspal	SNI 2433:2011	54	°C	≥48°C	OK
5	Daktilitas	SNI 2433:2011	≥10 0	cm	≥100 cm	OK
6	Kelekatan Aspal Pada Batuan	PA-0312-76	>95	%	≥90%	OK
7	Berat Jenis Bitumen	SNI 2441:2011	1,045	-	≥1,0	OK

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks

No	Jenis Pemeriksaan	Metoda	Nilai	Satuan	Nilai Standar	Keterangan
1	Penetrasi Bahan Bitumen					
	Tanpa Kehilangan Berat					
	Lateks 1,5%	SNI 2456:2011	39,6	-	60-70	Not OK
	Lateks 2%		52,6	-	60-71	Not OK
	Lateks 2,5%		53,8	-	60-72	Not OK
	Lateks 3%		56,4	-	60-73	Not OK
	Lateks 3,5%		56,6	-	60-74	Not OK
	Dengan Kehilangan Berat					
	Lateks 1,5%	ASTM D 1755	39,2	-	≥54	Not OK
	Lateks 2%		46,0	-	≥54	Not OK
	Lateks 2,5%		50,8	-	≥54	Not OK
	Lateks 3%		51,6	-	≥54	Not OK
	Lateks 3,5%		52,2	-	≥54	Not OK
	2	Kehilangan Berat				
Lateks 1,5%		SNI 06-2440- 1992	0	%	≤0,8%	OK
Lateks 2%			0,001	%	≤0,8%	OK
Lateks 2,5%			0	%	≤0,8%	OK
Lateks 3%			0	%	≤0,8%	OK
Lateks 3,5%			0	%	≤0,8%	OK
3	Titik Nyala dan Titik Bakar					
	Titik Nyala					
	Lateks 1,5%	SNI 2433:2012	251	°C	≥232°C	OK
	Lateks 2%		249	°C	≥232°C	OK
	Lateks 2,5%		245	°C	≥232°C	OK
	Lateks 3%		241	°C	≥232°C	OK
	Lateks 3,5%		238	°C	≥232°C	OK
	Titik Bakar					
	Lateks 1,5%	SNI 2433:2012	277	°C	≥232°C	OK
	Lateks 2%		270	°C	≥232°C	OK
	Lateks 2,5%		268	°C	≥232°C	OK
	Lateks 3%		258	°C	≥232°C	OK
Lateks 3,5%	252		°C	≥232°C	OK	

Tabel 4.3 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks (lanjutan)

4	Titik Lembek Aspal					
	Lateks 1,5%	SNI 2433:2012	50	°C	≥48°C	OK
	Lateks 2%		50	°C	≥48°C	OK
	Lateks 2,5%		52	°C	≥48°C	OK
	Lateks 3%		50	°C	≥48°C	OK
	Lateks 3,5%		49	°C	≥48°C	OK
5	Daktilitas					
	Lateks 1,5%	SNI 2433:2011	≥100	cm	≥100 cm	OK
	Lateks 2%		≥100	cm	≥100 cm	OK
	Lateks 2,5%		≥100	cm	≥100 cm	OK
	Lateks 3%		≥100	cm	≥100 cm	OK
	Lateks 3,5%		≥100	cm	≥100 cm	OK
6	Kelekatan Aspal Pada Batuan					
	Lateks 1,5%	PA-0312- 76	≥95	%	≥90%	OK
	Lateks 2%		≥95	%	≥90%	OK
	Lateks 2,5%		≥95	%	≥90%	OK
	Lateks 3%		≥95	%	≥90%	OK
	Lateks 3,5%		≥95	%	≥90%	OK
7	Berat Jenis Bitumen					
	Lateks 1,5%	SNI 2441:2011	1,018	-	≥1,0	OK
	Lateks 2%		1,135	-	≥1,0	OK
	Lateks 2,5%		1,038	-	≥1,0	OK
	Lateks 3%		1,019	-	≥1,0	OK
	Lateks 3,5%		1,043	-	≥1,0	OK



4.3 Menentukan Design Mix Formula

Untuk menghitung Kadar Aspal Optimum (KAO) pada pengujian ini menggunakan metoda luas permukaan. Untuk perhitungan luas permukaan agregat bisa dilihat pada tabel lampiran A. Setelah menghitung luas permukaan, didapat KAO total luas permukaan yang telah dikonversi memakai tabel pada lampiran B. Dalam pengujian tersebut diperoleh nilai kadar aspal teoritis (T) ialah 8,7765%. Setelah dapat nilai T, diperoleh nilai K (tabel lampiran B), nilai K diperoleh 0,95. Setelah itu gunakan rumus seperti yang sudah dituliskan pada bab sebelumnya sampai mendapat nilai kadar aspal optimum.

$$BJ\ Agg = \frac{100}{\frac{\%AK}{BJ.AK} + \frac{\%AH}{BJ.AH} + \frac{\%Filler}{BJ.Filler}} \quad (4.1)$$

BJ Agregat = 2,514

$$S = \frac{2,65}{BJ\ Agg}$$

$$S = \frac{2,65}{2,514}$$

$$S = 1,054$$

Tentukan nilai P

$$P = S \times K \times T$$

$$P = 1,054 \times 0,95 \times 8,7765$$

$$P = 8,787\%$$

$$\begin{aligned} \text{Popt} &= 8,787\% - (0,3-0,5)\% \\ &= 8,787\% - 0,387\% \\ &= 8,4\% \end{aligned}$$

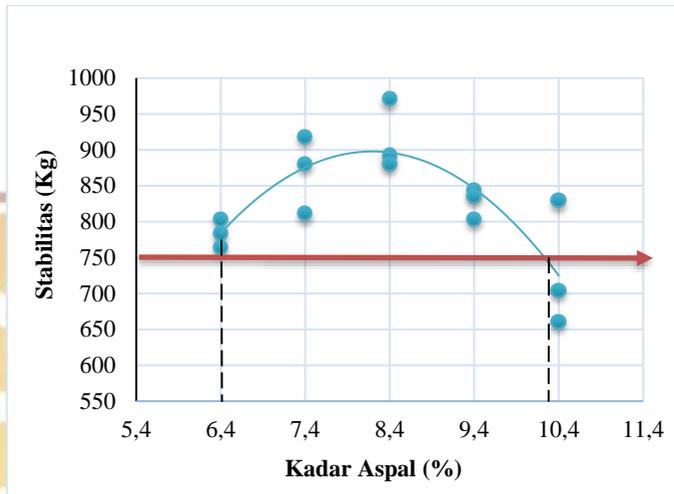
Nilai kadar optimum yang diperoleh dikurang atau ditambah 1%, hal tersebut untuk mendapatkan beberapa variasi data yang didapatkan dari nilai KAO teoritis. Dalam pengujian tersebut diperoleh kadar aspal untuk DMF ialah 6,4% ; 7,4% ; 8,4% ; 9,4% ; 10,4%. DMF telah didapatkan, dimana pada pengujian tersebut, DMF digunakan ada di tabel lampiran A.

4.4 Analisis Parameter Marshall Dengan Campuran Variasi Aspal dalam menentukan KAO

Pada penelitian yang sudah didapat dengan menggunakan *Marshall Test* maka diperoleh nilai KAO, sehingga dapat diketahui grafik serta nilai stabilitas, kelelahan, VIM, VMA, VFA, dan MQ.

1. Stabilitas

Pada pengujian Marshall dengan menggunakan campuran SMA, digunakan untuk menentukan KAO. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil berupa grafik stabilitas pada gambar 4.1.



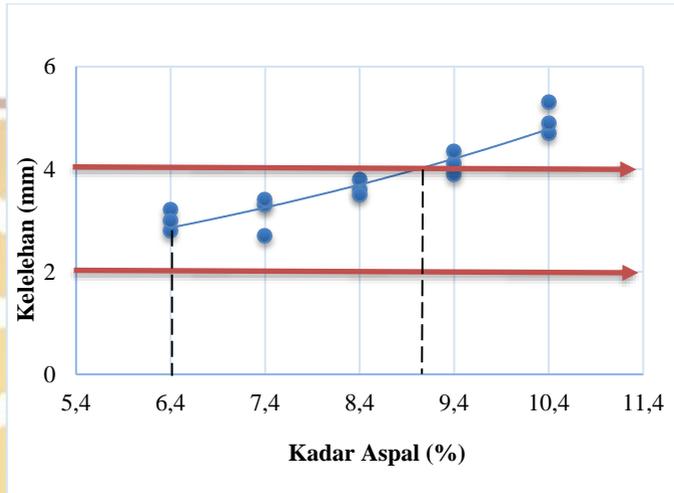
Gambar 4.1 Kadar Aspal vs Stabilitas

Dari gambar 4.1, dapat dilihat grafik hubungan antara kadar aspal dengan stabilitas. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa tidak semua nilai stabilitas masuk ke dalam standard spesifikasi yang dipakai ialah >750 Kg. Nilai stabilitas yang masuk spesifikasi ialah antara 6,4%-10%, hal tersebut dapat dilihat pada gambar diatas. Dari gambar diatas bisa dilihat bahwa bertambahnya suatu kadar aspal maka nilai stabilitas meningkat. Dan juga apabila kadar aspal mencapai nilai maksimum maka stabilitas menurun sesuai pada penambahan kadar aspal dalam campuran.

2. Kelelehan (*flow*)

Pada pengujian Marshall dengan menggunakan campuran SMA, digunakan untuk menentukan KAO. Dari pengujian

tersebut diperoleh hasil berupa grafik kelelehan pada gambar 4.2.

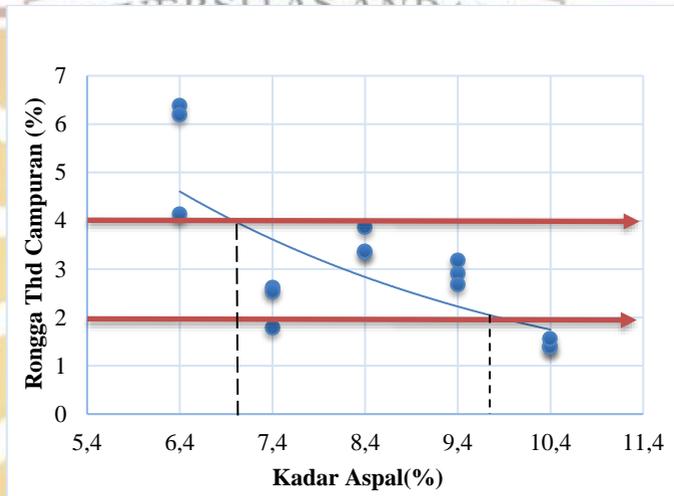


Gambar 4.2 Kadar Aspal vs Kelelehan

Dari gambar 4.2, dapat dilihat grafik hubungan kadar aspal dengan nilai kelelehan. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa tidak semua nilai kelelehan masuk ke dalam standard spesifikasi yang dipakai yaitu 2-4 mm. Dari gambar 4.2 diatas nilai kelelehan yang masuk ke spesifikasi ialah 6,4% - 8,9%. Gambar 4.2 tersebut menunjukkan bahwa kenaikan nilai kelelehan berbanding lurus dengan naiknya kadar aspal tersebut. Nilai kelelehan yang tidak masuk spesifikasi dikarenakan aspal yang digunakan semakin banyak oleh karena itu agregat dalam campuran semakin sedikit yang mengakibatkan nilai kelelehan akan naik.

3. Rongga Dalam Campuran (VIM)

Pada pengujian Marshall dengan menggunakan campuran SMA, digunakan untuk menentukan KAO. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil berupa VIM pada gambar 4.3.

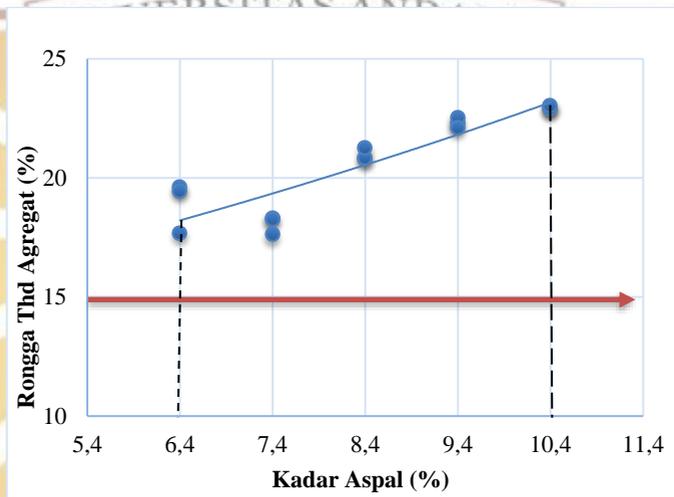


Gambar 4.3 Kadar Aspal vs Rongga Terhadap Campuran

Grafik diatas menunjukkan hubungan kadar aspal dengan nilai VIM. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa tidak semua nilai VIM masuk ke dalam standard spesifikasi yaitu 2%-4%. Dari gambar 4.3 diatas nilai VIM yang masuk ke spesifikasi yaitu antara 6,8% sampai 9,6%. Gambar 4.3 tersebut menunjukkan semakin tinggi kadar aspal maka semakin turun nilai rongga dalam campuran. Nilai yang tidak termasuk dalam spesifikasi tersebut karena kadar aspal yang digunakan banyak. Oleh karena itu menyebabkan dampak rongga dalam campuran terisi aspal tersebut.

4. Ronga Dalam Agregat (VMA)

Pada pengujian Marshall dengan menggunakan campuran SMA, digunakan untuk menentukan KAO. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil berupa grafik VMA pada gambar 4.4

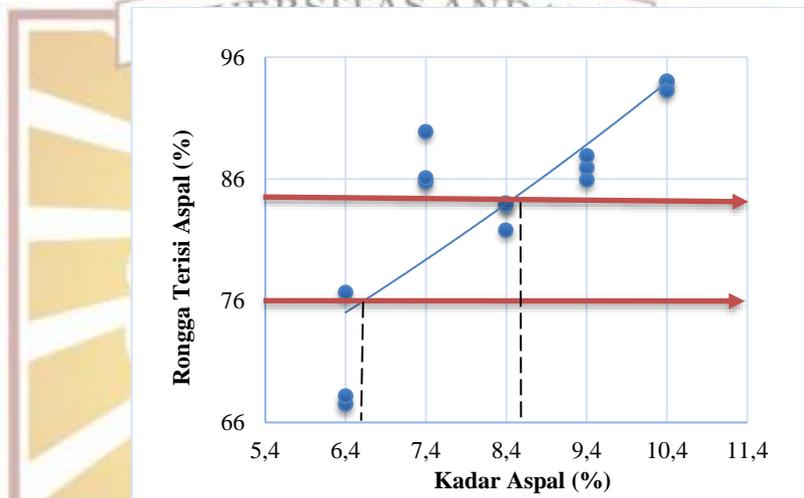


Gambar 4.4 Kadar Aspal vs Rongga Terhadap Agregat

Dari gambar 4.4, bisa dilihat grafik hubungan kadar aspal dengan nilai VMA. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa semua nilai rongga terhadap agregat masuk ke dalam standard spesifikasi yang dipakai yaitu $\geq 15\%$. Dari gambar 4.4 diatas nilai rongga terhadap agregat yang memenuhi spesifikasi berada antara 6,4%-10,4%. Gambar 4.4 tersebut menunjukkan bahwa kenaikan rongga terhadap agregat berbanding lurus dengan kadar aspalnya. Hal tersebut dikarenakan semakin banyaknya aspal yang digunakan maka rongga dalam campuran terisi oleh aspal akibatnya rongga dalam agregat semakin besar.

5. Rongga Terisi Aspal (VFA)

Pada pengujian Marshall dengan menggunakan campuran SMA, digunakan untuk menentukan KAO. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil berupa grafik VFA pada gambar 4.5.

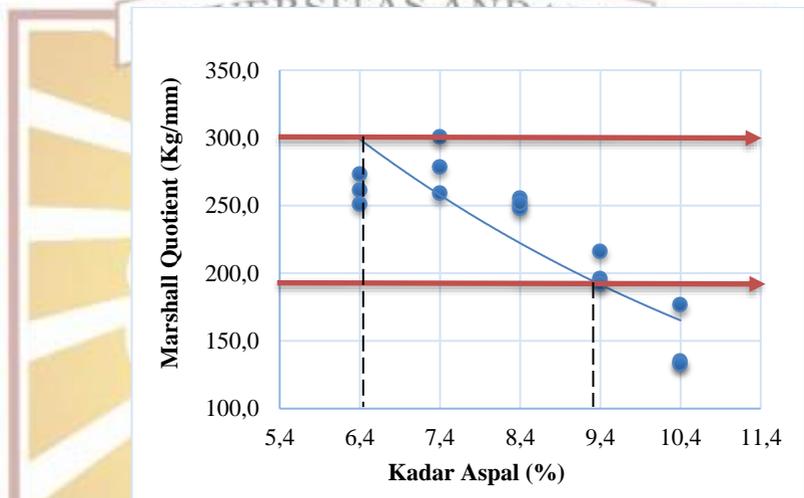


Gambar 4.5 Kadar Aspal vs Rongga Terisi Aspal

Pada gambar 4.5, dapat dilihat grafik hubungan kadar aspal dengan nilai VFA. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa tidak semua nilai VFA masuk ke dalam standard spesifikasi yang dipakai yaitu 76%-82%. Dari gambar 4.5 diatas nilai rongga terisi aspal yang memenuhi spesifikasi berada antara 6,5%-8,6%. Gambar 4.5 tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kadar aspal maka semakin naik nilai VFA tersebut. Nilai yang tidak masuk dalam standar spesifikasi dikarenakan banyaknya kasar aspal yang dipakai yang mengakibatkan rongga dalam campuran terisi aspal.

6. Marshall Quotient (MQ)

Pada pengujian Marshall dengan menggunakan campuran SMA, digunakan untuk menentukan KAO. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil berupa grafik MQ pada gambar 4.6.

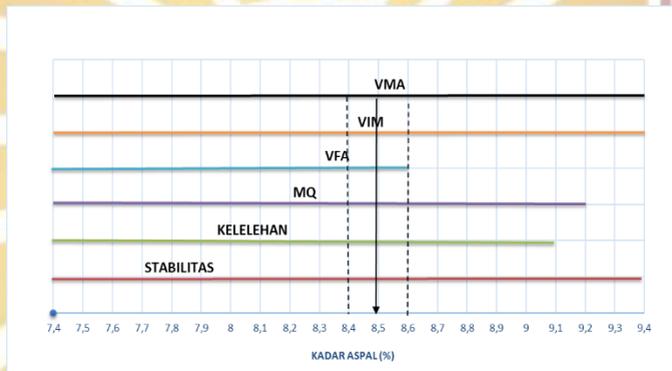


Gambar 4.6 Kadar Aspal vs Marshall Quotient

Pada gambar 4.6, dapat dilihat grafik hubungan kadar aspal dengan Marshall Quotient. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa tidak semua nilai MQ masuk ke dalam standar spesifikasi yang dipakai yaitu 190-300 Kg/mm. Dari gambar 4.6 diatas nilai MQ yang memenuhi spesifikasi berada antara 6,4%-9,3%. Nilai Marshall Quotient yang tidak masuk dalam spesifikasi dikarenakan hasil bagi antara nilai stabilitas dan kelehan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi.

7. Kadar Aspal Optimum

Pada pemeriksaan *Marshall* dengan menggunakan campuran SMA, digunakan untuk menentukan KAO. Dari pengujian tersebut diperoleh hasil berupa beberapa grafik yang telah dibahas sebelumnya. Oleh karena itu dapat disimpulkan KAO yang diperoleh pada gambar 4.7.

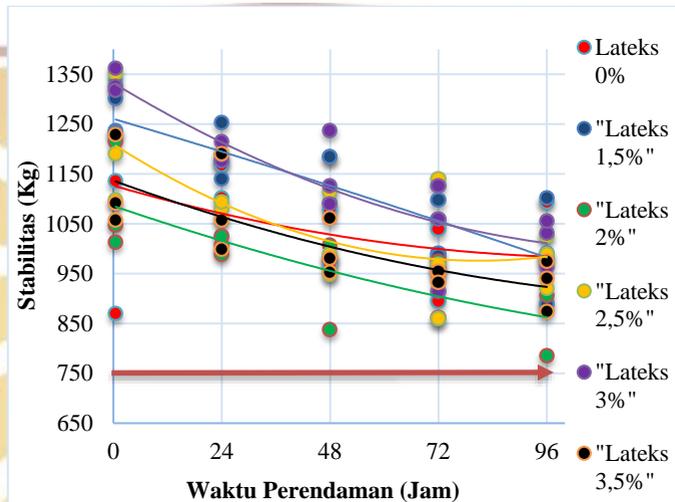


Gambar 4.7 Kadar Aspal Aspal Optimum

Dapat dilihat gambar 4.7 diatas merupakan gambar penentuan KAO yang digunakan. Gambar 4.7 tersebut menampilkan hasil pemeriksaan semua karakteristik *Marshall Test* yang memenuhi standar spesifikasinya masing-masing sehingga diperoleh KAO sebesar 8,5%. Setelah nilai KAO akan digunakan pada pencampuran dengan bahan tambah lateks.

4.5 Analisis Hubungan Waktu Perendaman Terhadap Parameter Marshall

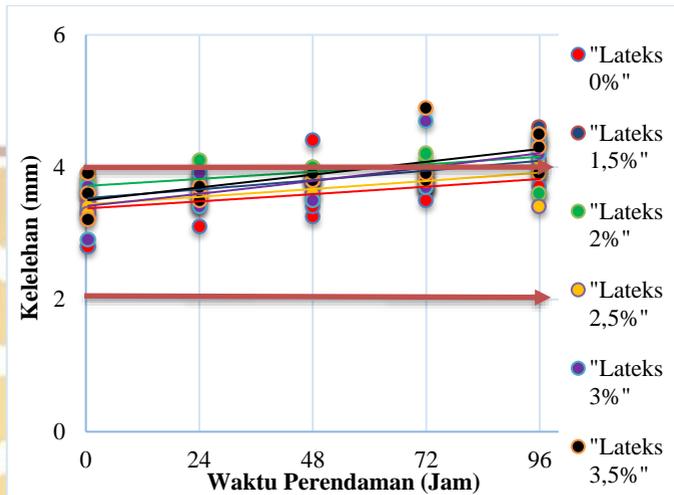
1. Stabilitas



Gambar 4.8 Waktu Perendaman vs Stabilitas

Dari gambar 4.8, bisa dilihat grafik hubungan waktu perendaman dengan stabilitas. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa semua nilai stabilitas masuk ke dalam standar spesifikasi yang dipakai yaitu >750 Kg. Pada campuran pembandingan nilai stabilitas mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Begitu pula pada campuran aspal dengan bahan tambah lateks, nilai stabilitasnya juga mengalami penurunan. Nilai campuran aspal dengan bahan tambah lateks 3% memiliki stabilitas yang lebih tinggi daripada campuran pembandingan atau dengan bahan tambah lateks lainnya.

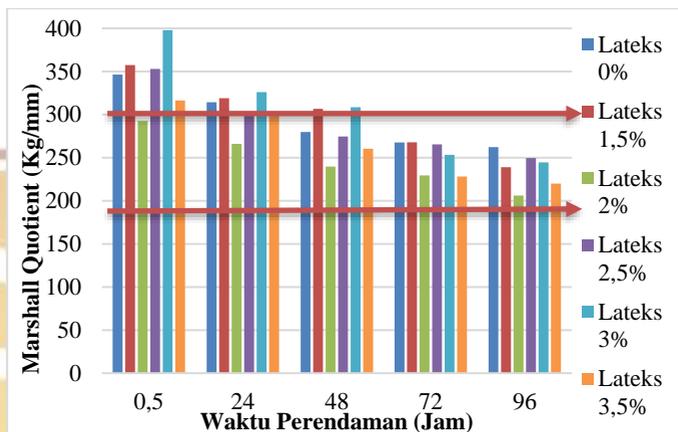
2. Kelelahan (*flow*)



Gambar 4.9 Waktu Perendaman vs Kelelahan

Dari gambar 4.9, bisa dilihat grafik hubungan waktu perendaman dengan nilai kelelahan. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa tidak semua nilai kelelahan masuk ke dalam standar spesifikasi yang dipakai yaitu 2-4mm. Pada campuran pembanding maupun campuran dengan bahan tambah lateks nilai kelelahan mengalami peningkatan seiring lamanya waktu perendaman. Nilai kelelahan campuran dengan bahan tambah lateks lebih tinggi dibandingkan dengan campuran pembanding.

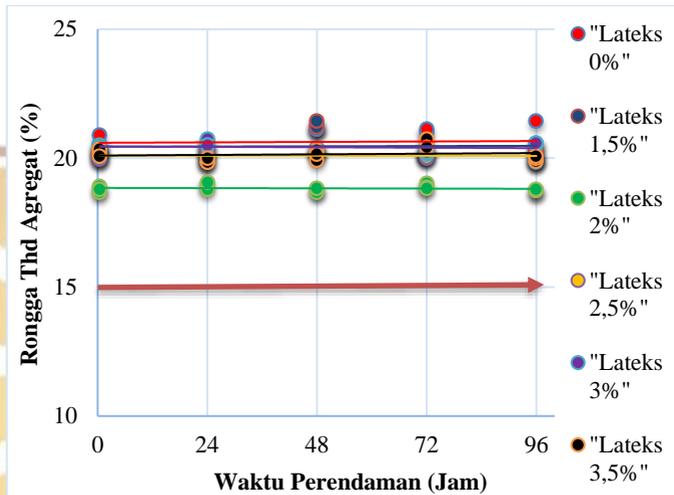
3. Marshall Quotient (MQ)



Gambar 4.10 Waktu Perendaman vs Marshall Quotient

Dari gambar 4.10, bisa dilihat grafik hubungan waktu perendaman dengan nilai MQ. Daril pengujian diperoleh hasil bahwa tidak semua nilai MQ_t masuk ke dalam standar spesifikasi yang dipakai yaitu 190-300 Kg/mm. Pada campuran pembanding maupun campuran dengan bahan tambah lateks nilai Marshall Quotient mengalami penurunan seiring lamanya waktu perendaman. Nilai Marshall Quotient dengan bahan tambah lateks 2% dan 3,5% lebih rendah dari campuran pembanding, tetapi masuk kedalam spesifikasi.

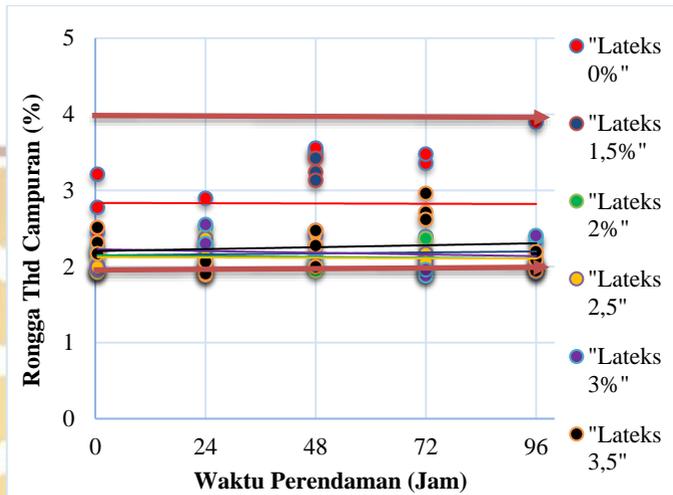
4. Rongga Terhadap Agregat (VMA)



Gambar 4.11 Waktu Perendaman vs Rongga Terhadap Agregat

Dari gambar 4.11, bisa dilihat grafik hubungan waktu perendaman dengan VMA. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa semua nilai VMA masuk ke dalam standard spesifikasi yaitu $\geq 15\%$. Pada campuran pembanding maupun campuran dengan bahan tambah lateks nilai rongga terhadap agregat mengalami peningkatan seiring lamanya waktu perendaman. Nilai rongga terhadap agregat campuran pembanding lebih tinggi daripada dengan bahan tambah lateks.

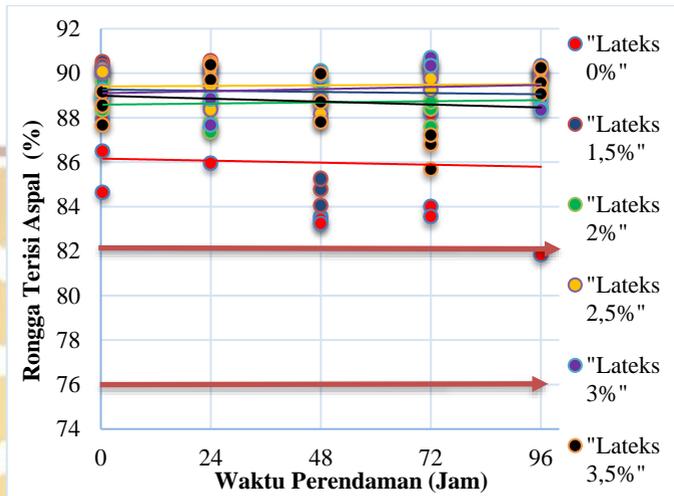
5. Rongga Terhadap Campuran (VIM)



Gambar 4.12 Waktu Perendaman vs Rongga Terhadap Campuran

Dari gambar 4.12, bisa dilihat grafik hubungan waktu perendaman dengan nilai rongga terhadap campuran. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa semua nilai rongga terhadap campuran masuk ke dalam standar spesifikasi yang dipakai yaitu 2%-4%. Pada campuran perbandingan dan campuran dengan bahan tambah lateks 1,5%, 2%, 2,5%, 3% mengalami penurunan seiring lamanya waktu perendaman, sedangkan campuran dengan bahan tambah lateks 3,5% mengalami peningkatan. Nilai rongga terhadap campuran perbandingan lebih tinggi daripada dengan bahan tambah lateks.

6. Rongga Terisi Aspal (VFA)



Gambar 4.13 Waktu Perendaman vs Rongga Terisi Aspal

Dari gambar 4.13, bisa dilihat grafik hubungan waktu perendaman dengan nilai VFA. Dalam pengujian diperoleh hasil bahwa semua nilai rongga terisi aspal tidak masuk ke dalam standar spesifikasi yang dipakai yaitu 76%-82%. Pada campuran pembanding dan campuran dengan bahan tambah lateks 1,5% dan 3% nilai rongga terisi aspal mengalami seiring lamanya waktu perendaman, sedangkan dengan bahan tambah lateks 2%, 2,5%, dan 3% mengalami peningkatan. Nilai rongga terisi aspal pembanding lebih rendah daripada dengan bahan tambah lateks

Tabel 4.4 Hasil Rekapitulasi Nilai Marshall

Kadar Lateks (%)	Waktu Perendaman (jam)	Stabilitas (Kg)(≥75)		Kelelahan (mm) (2-4)		MQ (Kg/mm) (190-300)	
0	0,5	1114,249	OK	3,350	OK	346,536	Not OK
	24	1098,725	OK	3,533	OK	314,350	Not OK
	48	1009,304	OK	3,683	OK	279,821	OK
	72	997,176	OK	3,733	OK	267,703	OK
	96	988,519	OK	3,767	OK	262,226	OK
1,5	0,5	1257,076	OK	3,533	OK	357,413	Not OK
	24	1189,976	OK	3,733	OK	319,037	Not OK
	48	1153,468	OK	3,767	OK	306,649	Not OK
	72	1024,277	OK	3,833	OK	267,799	OK
	96	993,306	OK	4,200	Not OK	239,018	OK
2	0,5	1091,333	OK	3,733	OK	292,473	OK
	24	1006,887	OK	3,800	OK	265,952	OK
	48	941,635	OK	3,933	OK	239,705	OK
	72	931,950	OK	4,067	Not OK	229,508	OK
	96	855,387	OK	4,167	Not OK	206,147	OK
2,5	0,5	1213,448	OK	3,433	OK	353,068	Not OK
	24	1077,348	OK	3,567	OK	302,869	Not OK
	48	1017,031	OK	3,700	OK	274,576	OK
	72	989,559	OK	3,733	OK	265,412	OK
	96	978,434	OK	3,967	OK	249,528	OK



Tabel 4.4 Hasil Rekapitulasi Nilai *Marshall* (lanjutan)

Kadar Lateks (%)	Waktu Perendaman (jam)	Stabilitas (Kg)(≥ 75)		Kelelahan (mm) (2-4)		MQ (Kg/mm) (190-300)	
3	24	1192,634	OK	3,667	OK	326,073	Not OK
	48	1150,921	OK	3,733	OK	308,538	Not OK
	72	1032,448	OK	4,100	Not OK	253,245	OK
	96	1016,046	OK	4,167	Not OK	244,635	OK
3,5	0,5	1126,321	OK	3,567	OK	316,357	Not OK
	24	1082,848	OK	3,600	OK	301,294	Not OK
	48	997,921	OK	3,833	OK	260,406	OK
	72	946,395	OK	4,200	Not OK	228,210	OK
	96	929,700	OK	4,233	Not OK	219,910	OK

4.6 Analisis Indeks Durabilitas Campuran Aspal

Indeks durabilitas dipengaruhi oleh lamanya perendaman dan juga nilai stabilitas. Parameter yang dilihat ialah Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP), Indeks Durabilitas Kedua (IDK).

4.6.1 Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Aspal

Indeks Kekuatan Sisa (IKS) didefinisikan sebagai perbandingan dari nilai stabilitas yang terendam selama T_1 dengan nilai stabilitas terendam selama T_2 .

1. Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Aspal Biasa

Hasil pengujian bisa dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Indeks Kekuatan Sisa Campuran Aspal Biasa

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (Kg)	Stabilitas Rata-Rata (Kg)	Indeks Kekuatan Sisa/IKS (%)
0	1135,211	1114,249	100,000
	1337,258		
	870,278		
24	1168,328	1098,725	98,607
	1025,959		
	1101,890		
48	1078,193	1009,304	90,582
	966,313		
	983,407		
72	1058,107	997,176	89,493
	894,985		
	1038,435		
96	1094,378	988,519	88,716
	980,141		
	891,037		

Tabel 4.5, merupakan hubungan waktu perendaman dengan Indeks Kekuatan Sisa. Dapat dilihat bahwa nilai IKS memenuhi syarat sampai perendaman ± 48 jam berdasarkan spesifikasi umum 2010 revisi 3.

2. Indeks Kekuatan Sisa Campuran Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Hasil pengujian bisa dilihat pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (Kg)	Stabilitas Rata-Rata (Kg)	Indeks Kekuatan Sisa/IKS (%)
0	1301,730	1257,076	100,000
	1237,276		
	1232,221		
24	1140,769	1189,976	94,662
	1253,284		
	1175,874		
48	1091,520	1153,468	91,758
	1184,055		
	1184,828		
72	991,279	1024,277	81,481
	1096,828		
	984,723		
96	1101,158	993,306	79,017
	887,480		
	991,279		

Tabel 4.6, merupakan hubungan antara waktu perendaman dengan Indeks Kekuatan Sisa. Dapat dilihat bahwa Indeks Kekuatan Sisa memenuhi syarat sampai perendaman ±48 jam berdasarkan spesifikasi umum 2010 revisi 3.

3. Indeks Kekuatan Sisa Campuran Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Hasil pengujian bisa dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (Kg)	Stabilitas Rata-Rata (Kg)	Indeks Kekuatan Sisa/IKS (%)
0	1213,965	1091,333	100,000
	1013,066		
	1046,969		
24	1006,372	1006,887	92,262
	989,597		
	1024,693		
48	979,677	941,635	86,283
	838,621		
	1006,606		
72	974,367	931,950	85,396
	861,011		
	960,472		
96	905,735	855,387	78,380
	784,970		
	875,456		

Tabel 4.7, merupakan hubungan antara waktu perendaman dengan Indeks Kekuatan Sisa. Dapat dilihat bahwa nilai IKS tersebut mengalami penurunan dari nilai IKS pada campuran pembandingan.

4. Indeks Kekuatan Sisa Campuran Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Hasil pengujian bisa dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (Kg)	Stabilitas Rata-Rata (Kg)	Indeks Kekuatan Sisa/IKS (%)
0	1352,459	1213,448	100,000
	1097,089		
	1190,796		
24	1059,451	1077,348	88,784
	1078,456		
	1094,137		
48	948,067	1017,031	83,813
	989,287		
	1113,738		
72	858,903	989,559	81,549
	1140,769		
	969,003		
96	921,181	978,434	80,633
	1024,524		
	989,597		

Tabel 4.8, merupakan hubungan antara waktu perendaman dengan Indeks Kekuatan Sisa. Dapat dilihat bahwa nilai IKS mengalami penurunan dari nilai IKS pada campuran pembandingan maupun dengan penambahan lateks 1,5% dan 2%.

5. Indeks Kekuatan Sisa Campuran Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

Hasil pengujian bisa dilihat pada tabel 4.9

Tabel 4.9 Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (Kg)	Stabilitas Rata-Rata (Kg)	Indeks Kekuatan Sisa/IKS (%)
0	1325,837	1335,003	100,000
	1361,996		
	1317,177		
24	1214,038	1192,634	89,336
	1176,051		
	1187,812		
48	1090,041	1150,921	86,211
	1125,447		
	1237,276		
72	1125,586	1032,448	77,337
	913,313		
	1058,446		
96	1030,800	1016,046	76,108
	1054,496		
	962,841		

Tabel 4.9, merupakan hubungan antara waktu perendaman dengan IKS. Dapat dilihat bahwa nilai IKS tersebut mengalami penurunan dari nilai IKS pada campuran aspal pembanding maupun dengan penambahan lateks 1,5% dan 2%.

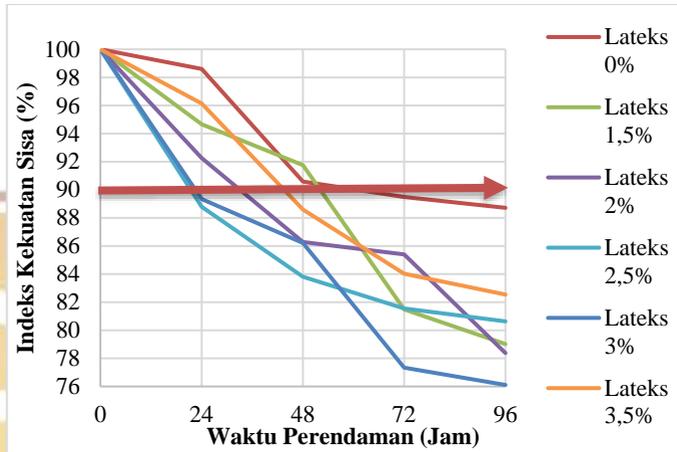
6. Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Hasil pengujian bisa dilihat pada tabel 4.10

Tabel 4.10 Indeks Kekuatan Sisa Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Durasi Perendaman (Jam)	Stabilitas (Kg)	Stabilitas Rata-Rata (Kg)	Indeks Kekuatan Sisa/IKS (%)
0	1091,446	1126,321	100,000
	1058,107		
	1229,412		
24	999,643	1082,848	96,140
	1190,796		
	1058,107		
48	1060,669	997,921	88,600
	952,952		
	980,141		
72	951,887	946,395	84,025
	954,883		
	932,415		
96	975,104	929,700	82,543
	940,841		
	873,156		

tabel 4.10, merupakan hubungan antara waktu perendaman dengan IKS. Dapat dilihat bahwa nilai IKS memenuhi syarat sampai perendaman ±48 jam berdasarkan spesifikasi umum 2010 revisi 3.



Gambar 4.19 Indeks Kekuatan Sisa

4.6.2 Indeks Durabilitas Pertama (IDP) Campuran Aspal

IDP merupakan nilai berurutan dari jumlah kelandaian terhadap kurva keawetan.

Tabel 4.11 Indeks Durabilitas Pertama Campuran Aspal Biasa

Durasi Perendaman(Jam)	IKS (%)	$S_i - S_{i+1}$	$t_i - t_{i+1}$	r (%)		
		a	b	a/b	Kumulatif	
0.5	100,000	-	-	-	-	
24	98,607	1,393	23,500	0,059	0,059	
48	90,582	8,025	24,000	0,334	0,394	
72	89,493	1,088	24,000	0,045	0,439	
96	88,716	0,777	24,000	0,032	0,471	
Σ					0,471	

Tabel 4.12 Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Durasi Perendaman(Jam)	IKS (%)	S_i-S_{i+1}	t_i-t_{i+1}	r (%)	
		a	b	a/b	Kumulatif
0.5	100,000	-	-	-	-
24	94,662	5,338	23,500	0,227	0,227
48	91,758	2,904	24,000	0,121	0,348
72	81,481	10,277	24,000	0,428	0,776
96	79,017	2,464	24,000	0,103	0,879
Σ				0,879	

Tabel 4.13 Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Durasi Perendaman(Jam)	IKS (%)	S_i-S_{i+1}	t_i-t_{i+1}	r (%)	
		a	b	a/b	Kumulatif
0.5	100,000	-	-	-	-
24	92,262	7,738	23,500	0,329	0,329
48	86,283	5,979	24,000	0,249	0,578
72	85,396	0,887	24,000	0,037	0,615
96	78,380	7,016	24,000	0,292	0,908
Σ				0,908	

Tabel 4.14 Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Durasi Perendaman(Jam)	IKS (%)	S_i-S_{i+1}	t_i-t_{i+1}	r (%)	
		a	b	a/b	Kumulatif
0.5	100,000	-	-	-	-
24	88,784	11,216	23,500	0,477	0,477
48	83,813	4,971	24,000	0,207	0,684
72	81,549	2,264	24,000	0,094	0,779
96	80,633	0,917	24,000	0,038	0,817
Σ				0,817	

Tabel 4.15 Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

Durasi Perendaman(Jam)	IKS (%)	S_i-S_{i+1}	t_i-t_{i+1}	r (%)	
		a	b	a/b	Kumulatif
0.5	100,000	-	-	-	-
24	89,336	10,664	23,500	0,454	0,454
48	86,211	3,124	24,000	0,130	0,584
72	77,337	8,874	24,000	0,370	0,954
96	76,108	1,229	24,000	0,051	1,005
Σ				1,005	

Tabel 4.16 Indeks Durabilitas Pertama Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Durasi Perendaman(Jam)	IKS (%)	S_i-S_{i+1}	t_i-t_{i+1}	r (%)	
		a	b	a/b	Kumulatif
0.5	100,000	-	-	-	-
24	96,140	3,860	23,500	0,164	0,164
48	88,600	7,540	24,000	0,314	0,478
72	84,025	4,575	24,000	0,191	0,669
96	82,543	1,482	24,000	0,062	0,731
Σ				0,731	

Nilai “r” pada masing-masing campuran semuanya bernilai positif yang artinya ada kehilangan kekuatan. Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) yang paling kecil terdapat pada campuran aspal pembanding, berikut nilai r yang didapat:

1. Campuran tanpa bahan tambah, $r = 0,471$
2. Campuran dengan bahan tambah lateks 1,5%, $r = 0,879$
3. Campuran dengan bahan tambah lateks 2%, $r = 0,908$
4. Campuran dengan bahan tambah lateks 2,5%, $r = 0,817$
5. Campuran dengan bahan tambah lateks 3,0%, $r = 1,005$
6. Campuran dengan bahan tambah lateks 3,5%, $r = 0,731$

4.6.3 Indeks Durabilitas Kedua (IDK) Campuran Aspal

IDK yaitu luas dari suatu kehilangan kekuatan antara kurva keawetan dengan garis $S_0 = 100\%$.

Tabel 4.17 Indeks Durabilitas Kedua Campuran Aspal Biasa

Durasi Perendaman (Jam)	IKS (%)	$S_i - S_{i+1}$	$t_i + t_{i+1}$	$2t_n - b$	$a = \{1/2t_n\}.a.b$		sa
		a	b	c	e	Kumulatif	100-e
0.5	100,000	-	-	-	-	-	100,000
24	98,607	1,393	24,500	23,500	0,682	0,682	99,318
48	90,582	8,025	72,000	24,000	2,006	2,688	97,312
72	89,493	1,088	120,000	24,000	0,181	2,870	97,130
96	88,716	0,777	168,000	24,000	0,388	3,258	96,742
Σ					3,258		

Tabel 4.18 Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Durasi Perendaman (Jam)	IKS (%)	$S_i - S_{i+1}$	$t_i + t_{i+1}$	$2t_n - b$	$a = \{1/2t_n\}.a.b$		sa
		a	b	c	e	Kumulatif	100-e
0.5	100,000	-	-	-	-	-	100,000
24	94,662	5,338	24,500	23,500	2,613	2,613	97,387
48	91,758	2,904	72,000	24,000	0,726	3,339	96,661
72	81,481	10,277	120,000	24,000	1,713	5,052	94,948
96	79,017	2,464	168,000	24,000	1,232	6,284	93,716
Σ					6,284		

Tabel 4.19 Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Durasi Perendaman (Jam)	IKS (%)	$S_i - S_{i+1}$	$t_i + t_{i+1}$	$2t_n - b$	$a = \{1/2t_n\}.a.b$		sa
		a	b	c	e	Kumulatif	100-e
0.5	100,000	-	-	-	-	-	100,000
24	92,262	7,738	24,500	23,500	3,788	3,788	96,212
48	86,283	5,979	72,000	24,000	1,495	5,283	94,717
72	85,396	0,887	120,000	24,000	0,148	5,431	94,569
96	78,380	7,016	168,000	24,000	3,508	8,939	91,061
Σ					8,939		

Tabel 4.20 Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Durasi Perendaman (Jam)	IKS (%)	$S_i - S_{i+1}$	$t_i + t_{i+1}$	$2t_n - b$	$a = \{1/2t_n\}.a.b$		sa
		a	b	c	e	Kumulatif	100-e
0.5	100,000	-	-	-	-	-	100,000
24	88,784	11,216	24,500	23,500	5,491	5,491	94,509
48	83,813	4,971	72,000	24,000	1,243	6,734	93,266
72	81,549	2,264	120,000	24,000	0,377	7,111	92,889
96	80,633	0,917	168,000	24,000	0,458	7,570	92,430
Σ					7,570		

Tabel 4.21 Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

Durasi Perendaman (Jam)	IKS (%)	$S_i - S_{i+1}$	$t_i + t_{i+1}$	$2t_n - b$	$a = \{1/2t_n\}.a.b$		sa
		a	b	c	e	Kumulatif	100-e
0.5	100,000	-	-	-	-	-	100,000
24	89,336	10,664	24,500	23,500	5,221	5,221	94,779
48	86,211	3,124	72,000	24,000	0,781	6,002	93,998
72	77,337	8,874	120,000	24,000	1,479	7,481	92,519
96	76,108	1,229	168,000	24,000	0,614	8,096	91,904
Σ					8,096		

Tabel 4.22 Indeks Durabilitas Kedua Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Durasi Perendaman (Jam)	IKS (%)	$S_i - S_{i+1}$	$t_i + t_{i+1}$	$2t_n - b$	$a = \{1/2t_n\}.a.b$		sa
		a	b	c	e	Kumulatif	100-e
0.5	100,000	-	-	-	-	-	100,000
24	96,140	3,860	24,500	23,500	1,890	1,890	98,110
48	88,600	7,540	72,000	24,000	1,885	3,775	96,225
72	84,025	4,575	120,000	24,000	0,762	4,537	95,463
96	82,543	1,482	168,000	24,000	0,741	5,278	94,722
Σ					5,278		

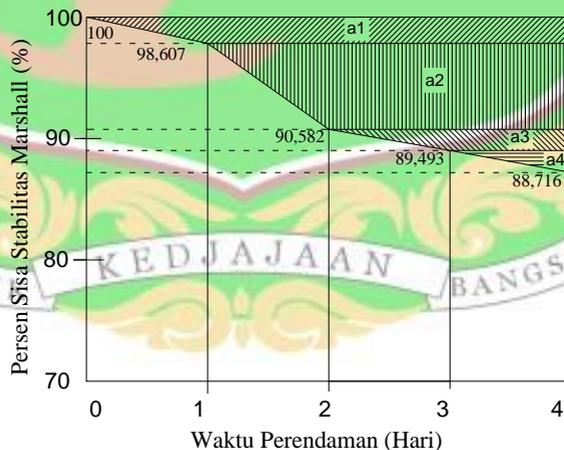
Perhitungan Indeks Durabilitas Kedua (IDK) menampilkan bahwa semua nilai “a” positif yang menandakan adanya kehilangan kekuatan akibat durasi waktu perendaman. Nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK) yang paling kecil terdapat pada campuran aspal pembanding, berikut nilai a yang didapat:

1. Campuran tanpa bahan tambah, $a = 3,258$
2. Campuran dengan bahan tambah lateks 1,5%, $a = 6,284$
3. Campuran dengan bahan tambah lateks 2%, $a = 8,939$
4. Campuran dengan bahan tambah lateks 2,5%, $a = 7,570$
5. Campuran dengan bahan tambah lateks 3,0%, $a = 8,096$
6. Campuran dengan bahan tambah lateks 3,5%, $a = 5,278$

4.7 Kurva Keawetan

Perhitungan durabilitas berdasarkan kurva keawetan pada gambar 2.2.

1. Kurva keawetan dengan campuran aspal biasa



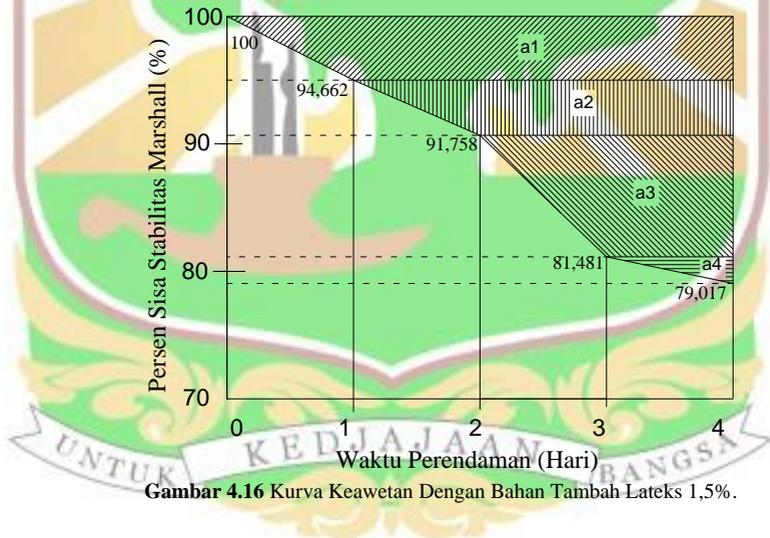
Gambar 4.15 Kurva Keawetan Dengan Campuran Aspal Biasa

Tabel 4.23 Perhitungan Indeks Durabilitas Campuran Aspal Biasa

Kode Area	Area (cm ²)	Total Hari	Indeks Durabilitas (%)
a1	$(4+3) \cdot (0,5 \cdot (100-98,607))$ = 4,8755	4	1,219
a2	$(3+2) \cdot (0,5 \cdot (98,607-90,582))$ = 20,0625	4	5,016
a3	$(2+1) \cdot (0,5 \cdot (90,582-89,493))$ = 1,6335	4	0,408
a4	$(0,5 \cdot (89,493-88,716) \cdot 1)$ = 0,3885	4	0,097
Total Indeks Durabilitas (%) =			6,740

Berdasarkan tabel 4.23, diperoleh nilai indeks durabilitas sebesar 6,740%.

2. Kurva keawetan dengan bahan tambah lateks 1,5%



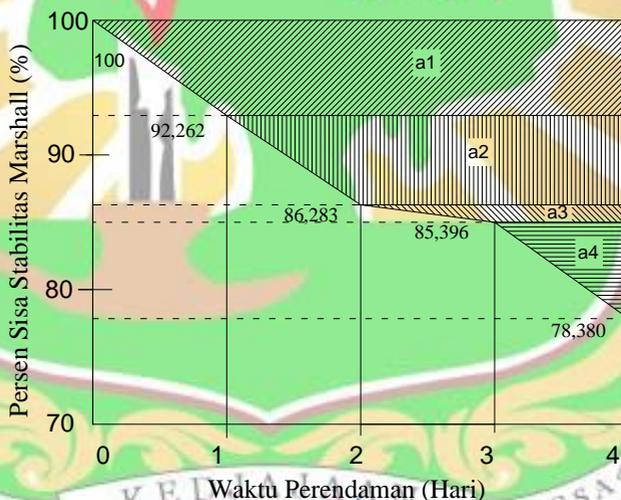
Gambar 4.16 Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%.

Tabel 4.24 Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Kode Area	Area (cm ²)	Total Hari	Indeks Durabilitas(%)
a1	$(4+3) \cdot (0,5 \cdot (100-94,662))$ =18,683	4	4,671
a2	$(3+2) \cdot (0,5 \cdot (94,662-91,758))$ = 7,26	4	1,815
a3	$(2+1) \cdot (0,5 \cdot (91,758-81,481))$ = 15,4155	4	3,854
a4	$(0,5 \cdot (81,481-79,017) \cdot 1)$ = 1,232	4	0,308
Total Indeks Durabilitas (%) =			10,648

Berdasarkan tabel 4.24, diperoleh nilai indeks durabilitas sebesar 10,648%.

3. Kurva keawetan dengan bahan tambah lateks 2%



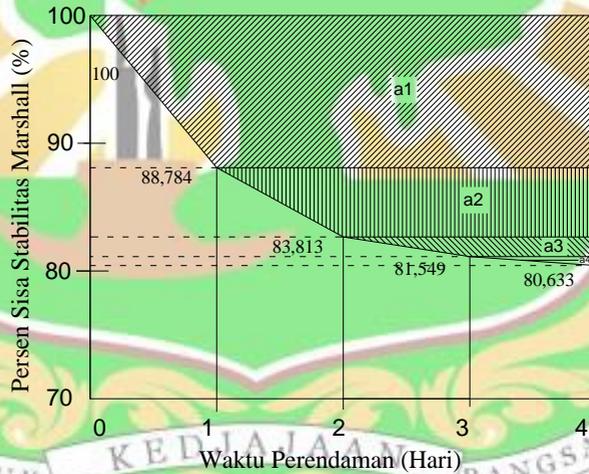
Gambar 4.17 Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 2%.

Tabel 4.25 Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Kode Area	Area (cm ²)	Total Hari	Indeks Durabilitas(%)
a1	$(4+3)*(0,5*(100-92,262))$ = 27,083	4	6,771
a2	$(3+2)*(0,5*(92,262-86,283))$ = 14,9475	4	3,737
a3	$(2+1)*(0,5*(86,283-85,396))$ = 1,3305	4	0,333
a4	$(0,5*(85,396-78,380)*1)$ = 3,508	4	0,877
Total Indeks Durabilitas (%) =			11,717

Berdasarkan tabel 4.25, diperoleh nilai indeks durabilitas sebesar 11,717%.

4. Kurva keawetan dengan bahan tambah lateks 2,5%



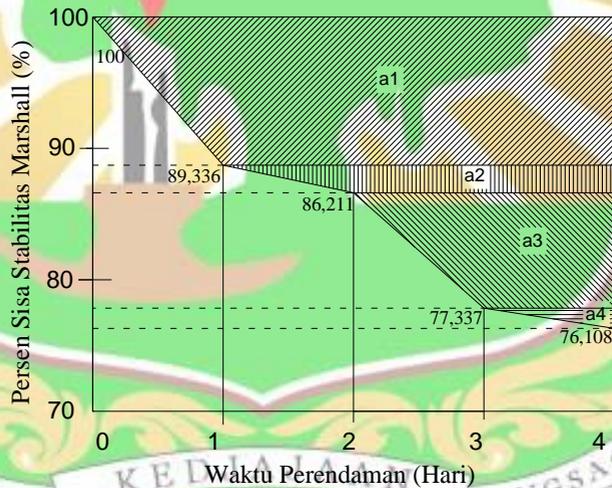
Gambar 4.18 Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%.

Tabel 4.26 Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Kode Area	Area (cm ²)	Total Hari	Indeks Durabilitas(%)
a1	$(4+3) \cdot (0,5 \cdot (100-88,784))$ = 39,256	4	9,814
a2	$(3+2) \cdot (0,5 \cdot (88,784-83,813))$ = 12,4275	4	3,107
a3	$(2+1) \cdot (0,5 \cdot (83,813-81,549))$ = 3,396	4	0,849
a4	$(0,5 \cdot (81,549-80,633) \cdot 1)$ = 0,458	4	0,115
Total Indeks Durabilitas (%) =			13,884

Berdasarkan tabel 4.26, diperoleh nilai indeks durabilitas sebesar 13,884%.

5. Kurva keawetan dengan bahan tambah lateks 3%



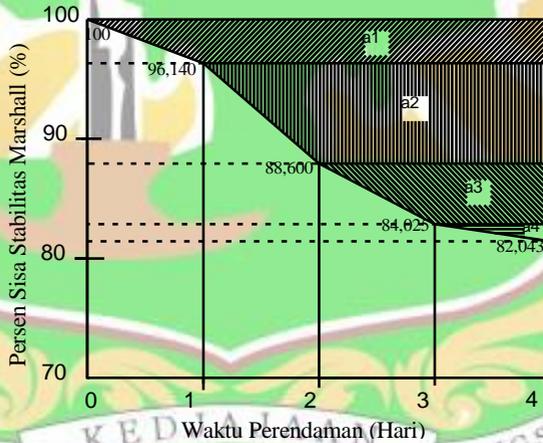
Gambar 4.19 Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 3%.

Tabel 4.27 Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

Kode Area	Area (cm ²)	Total Hari	Indeks Durabilitas(%)
a1	$(4+3)*(0,5*(100-89,336))$ = 37,324	4	9,331
a2	$(3+2)*(0,5*(89,336-86,211))$ = 7,8125	4	1,953
a3	$(2+1)*(0,5*(86,211-77,337))$ = 13,311	4	3,328
a4	$(0,5*(77,337-76,108)*1)$ = 0,6145	4	0,154
Total Indeks Durabilitas (%) =			14,766

Berdasarkan tabel 4.27, diperoleh nilai indeks durabilitas sebesar 14,766%.

6. Kurva keawetan dengan bahan tambah lateks 3,5%



Gambar 4.20 Kurva Keawetan Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%.

Tabel 4.28 Perhitungan Indeks Durabilitas Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Kode Area	Area (cm ²)	Total Hari	Indeks Durabilitas(%)
a1	$(4+3) \cdot (0,5 \cdot (100-96,140))$ = 13,51	4	3,378
a2	$(3+2) \cdot (0,5 \cdot (96,140-88,600))$ = 18,85	4	4,713
a3	$(2+1) \cdot (0,5 \cdot (88,600-84,025))$ = 6,8625	4	1,716
a4	$(0,5 \cdot (84,025-82,543) \cdot 1)$ = 0,741	4	0,185
Total Indeks Durabilitas (%) =			9,991

Berdasarkan tabel 4.28, diperoleh nilai indeks durabilitas sebesar 9,991%.

Gambar kurva keawetan yang didapat menggambarkan suatu hubungan persen sisa stabilitas *Marshall* dengan lamanya waktu perendaman. Dari gambar kurva keawetan diatas dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya waktu perendaman maka persen stabilitas mengalami penurunan, hal tersebut diakibatkan karena air yang dapat merusak integritas structural dari muka agregat aspal, dan juga air dapat menyebabkan terjadinya kehilangan kekuatan atau kekakuan aspal. Dan nilai indeks durabilitas terkecil terdapat pada campuran aspal biasa/pembanding, sedangkan nilai indeks durabilitas tertinggi terdapat pada penambahan lateks sebesar 3%.

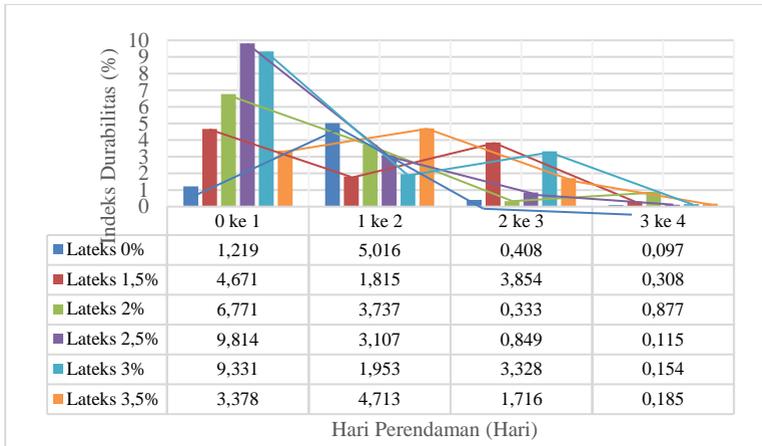
4.8 Perbandingan Ineks Durabilitas Berdasarkan Marshall Test Terhadap Semua Variasi Lateks

Perbandingan nilai indeks durabilitas untuk semua variasi lateks berdasarkan nilai indeks kekuatan sisa ditunjukkan pada tabel 4.29.

Tabel 4.29 Nilai Indeks Durabilitas

Hari Perendaman (Hari)	Variasi Lateks					
	Lateks 0%	Lateks 1,5%	Lateks 2%	Lateks 2,5%	Lateks 3%	Lateks 3,5%
0 ke 1	1,219	4,671	6,771	9,814	9,331	3,378
1 ke 2	5,016	1,815	3,737	3,107	1,953	4,713
2 ke 3	0,408	3,854	0,333	0,849	3,328	1,716
3 ke 4	0,097	0,308	0,877	0,115	0,154	0,185
Kumulatif	6,740	10,648	11,718	13,885	14,766	9,992

Dari tabel 4.29 menunjukkan bahwa perbandingan indeks durabilitas berdasarkan nilai indeks kekuatan sisa untuk semua variasi lateks ditunjukkan pada gambar 4.21. Dimana indeks durabilitas terkecil ditunjukkan oleh variasi lateks 0% yang diartikan bahwa indeks durabilitas 0% memiliki indeks durabilitas yang baik karena memiliki nilai kehilangan kekuatan yang kecil. Pada tabel 4.29 dapat disimpulkan bahwa nilai indeks durabilitas pada lateks 0% sebesar 6,740%, nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan variasi lateks 1,5% dengan nilai 10,648%, lateks 2% dengan nilai 11,717%, lateks 2,5% dengan nilai 13,884%, lateks 3% dengan nilai 14,766% dan lateks 3,5% dengan nilai 9,991%.



Gambar 4.21 Perbandingan Indeks Durabilitas berdasarkan nilai IKS untuk semua variasi lateks

Tabel 4.30 Kumulatif Nilai Indeks Durabilitas

Lateks	Indeks Durabilitas (%)
Lateks 0%	6,740
Lateks 1,5%	10,648
Lateks 2%	11,718
Lateks 2,5%	13,885
Lateks 3%	14,766
Lateks 3,5%	9,992

Dari gambar 4.21 dan tabel 4.30 menunjukkan bahwa variasi lateks 0% memiliki nilai indeks durabilitas sebesar 6,740%, nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan variasi lateks 1,5% dengan nilai 10,648, lateks 2% dengan nilai 11,717%, lateks 2,5% dengan nilai 13,884, lateks 3% dengan nilai 14,766 dan lateks 3,5% dengan nilai 9,991%. Dimana nilai durabilitas lateks 0% memiliki nilai terkecil yang mana mengartikan bahwa nilai durabilitas 0% memiliki kehilangan kekuatan terkecil.

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas, disimpulkan bahwa pada nilai durabilitas pada campuran aspal pembeding atau aspal biasa memiliki kualitas yang baik dibandingkan dengan campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dengan bahan tambah lateks dimana nilai durabilitas lateks 0% memiliki nilai indeks durabilitas sebesar 6,740%, nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan variasi lateks 1,5% dengan nilai 10,648%, lateks 2% dengan nilai 11,717%, lateks 2,5% dengan nilai 13,884%, lateks 3% dengan nilai 14,766% dan lateks 3,5% dengan nilai 9,991%. Dan pada penelitian ini nilai waktu perendaman vs rongga terisi aspal tidak masuk ke dalam standar spesifikasi yang dipakai tetapi itu tidak berpengaruh terhadap durabilitas.

Nilai durabilitas campuran relative menurun seiring dengan bertambahnya waktu perendaman. Hal tersebut disebabkan karena terjadi peningkatan kekakuan pada aspal yang meningkatkan campuran menjadi lebih keras dan getas, yang mengakibatkan menurunnya keawetan atau penurunan kekuatan jadi lebih besar. Tetapi pada nilai stabilitas nilai campuran aspal SMA dengan bahan tambah lateks sebesar 3% lebih baik dibanding dengan campuran aspal pembeding atau lateks 0%. Dimana nilai stabilitas pada penambahan lateks 3% dengan waktu perendaman 0, 24, 48, 72, 96 jam ialah sebesar 1335,003 kg, 1192,634 kg, 1150,921 kg, 1032,448 kg, 1016,048 kg. Sedangkan nilai stabilitas pada penambahan

lateks 0% dengan waktu perendaman 0, 24, 48, 72, 96 jam ialah sebesar 1114,249 kg, 1098,725 kg, 1009,304 kg, 997,176 kg, 988,519 kg, nilai stabilitas pada penambahan lateks 1,5% dengan waktu perendaman 0, 24, 48, 72, 96 jam ialah sebesar 1257,076 kg, 1189,976 kg, 1153,468 kg, 1024,277 kg, 993,306 kg, nilai stabilitas pada penambahan lateks 2% dengan waktu perendaman 0, 24, 48, 72, 96 jam ialah sebesar 1091,333 kg, 1006,887 kg, 941,635 kg, 931,950 kg, 855,387 kg, nilai stabilitas pada penambahan lateks 2,5% dengan waktu perendaman 0, 24, 48, 72, 96 jam ialah sebesar 1213,448 kg, 1077,348 kg, 1017,031 kg, 989,559 kg, 978,434 kg, nilai stabilitas pada penambahan lateks 3,5% dengan waktu perendaman 0, 24, 48, 72, 96 jam ialah sebesar 1126,321 kg, 1082,848 kg, 997,921 kg, 946,395 kg, 929,7001 kg.

Perkerasan dengan penambahan lateks sebesar 3% dapat meningkatkan stabilitas perkerasan SMA dengan memperhatikan ketinggian muka air tanah yang rendah serta drainase yang baik karena perkerasan tersebut tidak cukup kuat untuk jalan yang terendam terus menerus oleh air.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini terbagi menjadi 3 yaitu saran terhadap pemerintah, industri konstruksi dan lembaga penelitian:

Saran terhadap pemerintah:

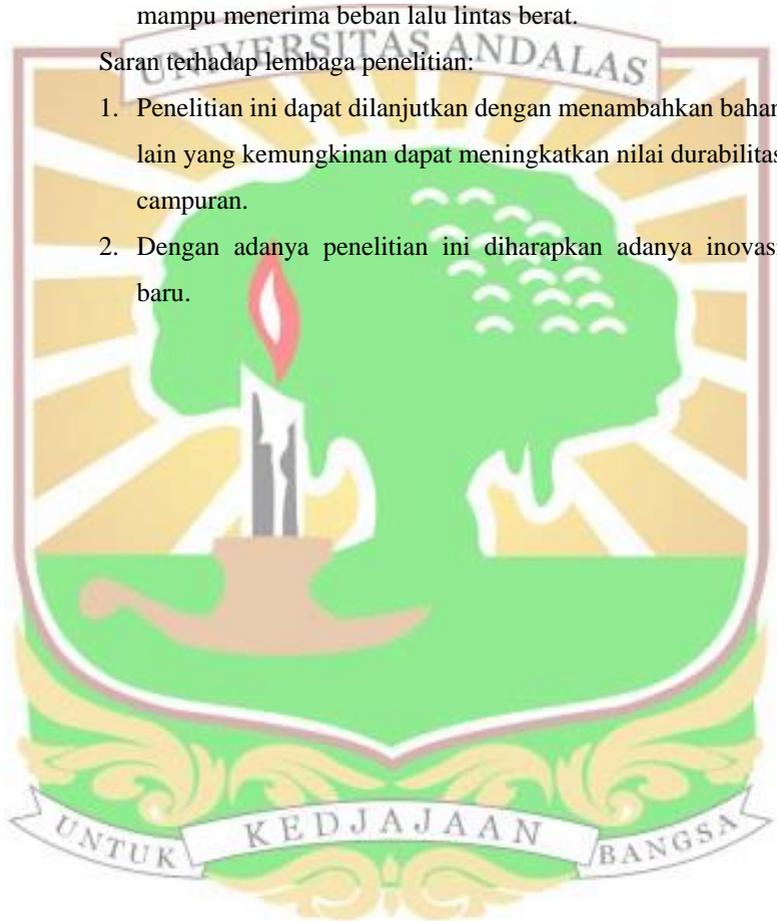
1. Menggunakan zat aditif lateks pada perkerasan jalan karena lateks memiliki harga yang ekonomis dan lateks banyak ditemukan di wilayah Indonesia.

Saran terhadap industri konstruksi:

1. Menggunakan zat aditif lateks pada campuran perkerasan jalan karena lateks memiliki nilai stabilitas yang baik dimana mampu menerima beban lalu lintas berat.

Saran terhadap lembaga penelitian:

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menambahkan bahan lain yang kemungkinan dapat meningkatkan nilai durabilitas campuran.
2. Dengan adanya penelitian ini diharapkan adanya inovasi baru.



DAFTAR PUSTAKA

- Amal. A. S, 2011. *Pemanfaatan Getah Karet Pada Aspal AC 60/70 Terhadap Stabilitas Marshalla Pada Asphalt Treated Base (ATB)*, Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Muhammadiyah Malang.
- Bina Marga. *Spesifikasi Umum 2010*. Direktorat Jendral Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum
- BS 812-110:1990. *Methods for determination of aggregate crushing value (ACV)*. British Standar Institution. London. 1990
- BS 812-112:1990. *Methods for determination of aggregate impact value (AIV)*. British Standar Institution. London. 1990
- Collins. 1996. Split Mastic Asphalt – *The Ggeorgia Experience, Paper at The 1996 AAPA Pavement Industry Conference*. Georgio Department of Transportation , USA, Asphalt Review.
- Craus, J, Ishai, I & Sides, A. (1981). Durability of Bituminous Paving Mixtures as Related to Filler Type and Properties, *Proceeding association of Asphalt Paving Technologists. Technical Sessions*. February 16, 17 and 18. Volume 50. San Diego, California.
- Hunter, R.N. 1994. *Bituminous Mixtures In Road Construction*. Thomas Thelford. London.
- Laboratorium Transportasi dan Perkerasan Jalan Raya. 2009. Buku Penuntun Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya. Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas. Padang.
- Lake. A. G, Djakfar. L, Zaika. Y, 1978. *Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt dengan Beberapa Material dari Kalimantan*, Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Brawijawa Malang.
- Madi. H, Ronny. Y, 2015. *Pengaruh Penambahan Lateks Alam Terhadap Sifat Reologi Aspal*, Jurnal Rekayasa Sipil, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.

- Putra, Syukri May 2019. *Pengaruh penambahan abu arang tempurung kelapa terhadap durabilitas campuran aspal beton ac-wc*. Padang. Universitas Andalas.
- Putri. E. E, and Dwinanda. A, 2018. *The Effect of Styrofoam Addition into HRS-Base on Marshall Characteristics*, International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology (IJASET), ISSN: 24609652, 20885334.
- Putri. E. E, Idral. I, Makinda. J, Gungat. L, 2019. Marshall Properties of Porus Asphalt with Gondorukem Rubber Addition, Journal of Engineering Science and Technology.
- Putri. E. E, Purnawan, Triandila. M. A, Pratama. A, Rindi, 2018. *Experimental Study on use Reclaimed Asphalt Pavenment as Aggregate Substitution for Flexible Ppavement*, MATEC Web of Conferences(ICDM).
- Putri. E. E, Syamsyuirman, 2016. *Tinjauan Substitusi Styrofoam pada Aspal Pen 60/70 Terhadap Kinerja Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala.
- Robinson HL. 2004. *Polymer In Asphalt*. Rapra Review Reports Volume 15, 2004. Tarmac Ltd,UK
- Rusdil, Frenzy Alvila. 2015. *Studi Penggunaan Aspal Modifikasi terhadap campuran split mastic asphlat*. Padang. Universitas Andalas.
- SNI 1970 : 2008. Cara uji berat jenis dan penyerapan agregat halus. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2008.
- SNI 1969 : 2008. Cara uji berat jenis dan penyerapan agregat kasar. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2008
- SNI 2417 : 2008. Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2008.
- SNI 2439 : 2011. Cara uji penyelimutan dan pengelupasan pada campuran agregat aspal. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2011.

SNI 2441 : 2011. Cara uji berat jenis aspal keras. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2011.

SNI 2456 : 2011. Cara uji penetrasi aspal. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2011.

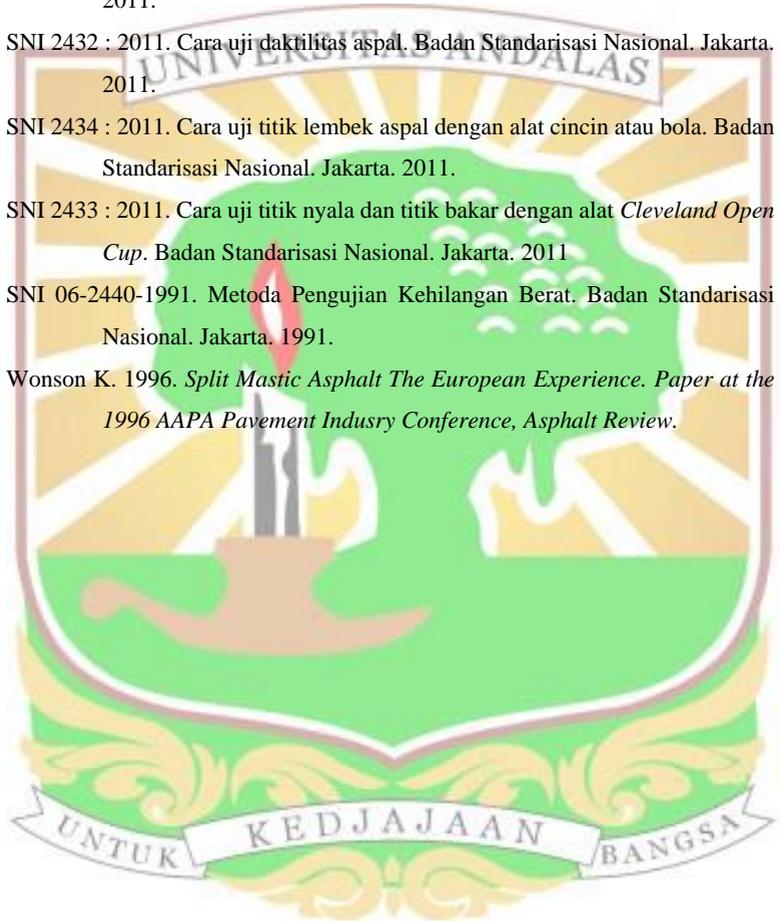
SNI 2432 : 2011. Cara uji daktilitas aspal. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2011.

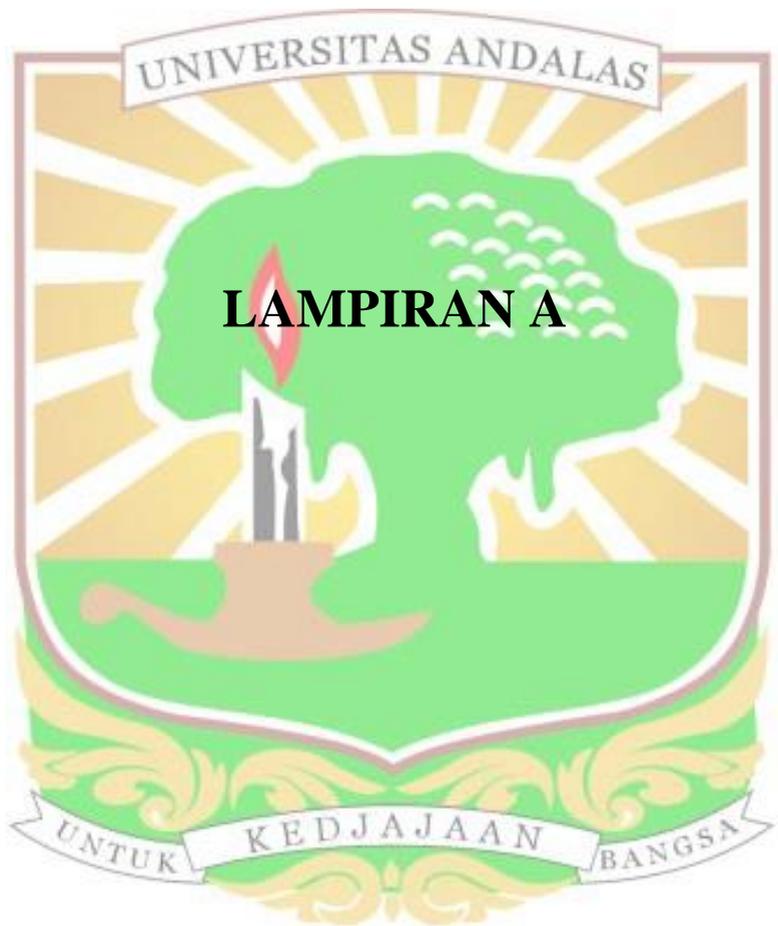
SNI 2434 : 2011. Cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin atau bola. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2011.

SNI 2433 : 2011. Cara uji titik nyala dan titik bakar dengan alat *Cleveland Open Cup*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 2011

SNI 06-2440-1991. Metoda Pengujian Kehilangan Berat. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 1991.

Wonson K. 1996. *Split Mastic Asphalt The European Experience. Paper at the 1996 AAPA Pavement Indusry Conference, Asphalt Review.*





LAMPIRAN A

Tabel Perhitungan kekuatan agregat terhadap tumbukan

Kriteria	Nilai	Satuan	Nilai Standar
Berat Awal Sampel (A)	0,286	Kg	BS 812-110:1990
Setelah Ditumbuk:			
Berat Sampel Lolos Saringan #8 (B)	0,038	Kg	
Berat Sampel Tertahan Saringan #8	0,248	Kg	
AIV [(B/A) x 100%]	13,287	%	Maks. 30%
Keterangan	OK		

Tabel Perhitungan kekuatan agregat terhadap tekanan

Kriteria	Nilai	Satuan	Nilai Standar
Berat Awal Sampel (A)	2,000	Kg	BS 812-110:1990
Setelah Ditekan Sebesar 400 kN:			
Berat Sampel Tertahan Saringan #8	1,605	Kg	
Berat Sampel Lewat Saringan #8 (B)	0,395	Kg	
ACV [(B/A) x 100%]	19,750	%	Maks. 30%
Keterangan	OK		

Tabel Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat halus

Kriteria		Nilai	Satuan
Berat benda uji jenuh kering permukaan (SSD)	A	500,000	gram
Berat Piknometer + air	B	682,200	gram
Berat benda uji kering oven	C	473,700	gram
Berat piknometer + benda uji ssd + air	D	991,500	gram
Berat jenis curah kering (<i>Bulk</i>)	$C/(B+A-D)$	2,484	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (SSD)	$A/(B+A-D)$	2,622	
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	$C/(B+C-D)$	2,881	
Penyerapan (<i>Absorption</i>)	$((A-C)/C)*100$	5,552	%

Tabel Perhitungan berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Kriteria		Nilai	Satuan
Berat benda uji kering oven	A	5000,000	gram
Berat benda uji jenuh kering permukaan (SSD)	B	5094,000	gram
Berat benda uji dalam air	C	3179,700	
Berat jenis curah kering (<i>Bulk</i>)	$A/(B-C)$	2,612	
Berat jenis semu (<i>Apparent</i>)	$A/(A-C)$	2,747	
Berat jenis curah jenuh kering permukaan (SSD)	$B/(B-C)$	2,661	
Penyerapan (<i>Absorption</i>)	$((B-A)/A)*100$	1,880	%

Tabel Perhitungan Keausan Agregat dengan Mesin *Los Angeles*

Kriteria	Nilai	Satuan	Nilai Standar
Lolos Saringan 3/4" Tertahan Saringan 1/2"	2500	Gram	(SNI 2417:2008)
Lolos Saringan 3/4" Tertahan Saringan 1/2"	2500	Gram	
Total (A)	5000	Gram	
Setelah Pengujian:			
Berat Agregat Tertahan Saringan #12 (B)	3553,800	Gram	
Berat Agregat Lolos Saringan #12	1446,200	Gram	
Keausan $[\frac{(A-B)}{A} \times 100\%]$	28,924	%	Maks. 30%
Keterangan		OK	

Tabel Perhitungan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

	Nilai	Satuan
Berat Agregat	100	Gram
Berat Aspal	5,5±0,2	Gram
Kriteria	% Aspal Melekat	Nilai Standar
Pengamatan	95%	(SNI 2439:2011)
		≥95%
Keterangan	OK	



Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Tanpa Kehilangan Berat Tanpa Bahan Tambah

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	66	(SNI 2456:2011)
Pengamatan 2	69	
Pengamatan 3	60	
Pengamatan 4	59	
Pengamatan 5	58	
Rata-rata	62,4	60-70
Keterangan	OK	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Tanpa Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	32	(SNI 2456:2011)
Pengamatan 2	52	
Pengamatan 3	40	
Pengamatan 4	40	
Pengamatan 5	34	
Rata-rata	39,6	60-70
Keterangan	Not Ok	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Tanpa Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	56	(SNI 2456:2011)
Pengamatan 2	51	
Pengamatan 3	50	
Pengamatan 4	52	
Pengamatan 5	54	
Rata-rata	52,6	60-70
Keterangan	Not Ok	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Tanpa Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	60	(SNI 2456:2011)
Pengamatan 2	55	
Pengamatan 3	48	
Pengamatan 4	53	
Pengamatan 5	53	
Rata-rata	53,8	60-70
Keterangan	Not Ok	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Tanpa Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	62	(SNI 2456:2011)
Pengamatan 2	54	
Pengamatan 3	50	
Pengamatan 4	62	
Pengamatan 5	54	
Rata-rata	56,4	60-70
Keterangan	Not Ok	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Tanpa Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	58	(SNI 2456:2011)
Pengamatan 2	52	
Pengamatan 3	53	
Pengamatan 4	64	
Pengamatan 5	56	
Rata-rata	56,6	60-70
Keterangan	Not Ok	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Dengan Kehilangan Berat Tanpa Bahan Tambah

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	51	ASTM D 1754
Pengamatan 2	62	
Pengamatan 3	46	
Pengamatan 4	64	
Pengamatan 5	50	
Rata-rata	54,6	≥ 54
Keterangan	OK	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Dengan Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	38	ASTM D 1754
Pengamatan 2	44	
Pengamatan 3	34	
Pengamatan 4	40	
Pengamatan 5	40	
Rata-rata	39,2	≥ 54
Keterangan	Not OK	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Dengan Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	48	ASTM D 1754
Pengamatan 2	55	
Pengamatan 3	42	
Pengamatan 4	40	
Pengamatan 5	45	
Rata-rata	46	≥ 54
Keterangan	Not OK	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Dengan Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	50	ASTM D 1754
Pengamatan 2	48	
Pengamatan 3	51	
Pengamatan 4	60	
Pengamatan 5	45	
Rata-rata	50,8	≥ 54
Keterangan	Not OK	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Dengan Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	55	ASTM D 1754
Pengamatan 2	60	
Pengamatan 3	43	
Pengamatan 4	50	
Pengamatan 5	50	
Rata-rata	51,6	≥ 54
Keterangan	NOT OK	

Tabel Hasil Pengamatan Penetrasi Bitumen Dengan Kehilangan Berat Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Tipe Aspal : Aspal Sheel Pen. 60/70		
Pemeriksaan	Sampel	Nilai Standar
Pengamatan 1	54	ASTM D 1754
Pengamatan 2	50	
Pengamatan 3	49	
Pengamatan 4	56	
Pengamatan 5	52	
Rata-rata	52,2	≥ 54
Keterangan	Not OK	

Tabel Hasil Pengamatan Berat Jenis Bitumen Tanpa Bahan Tambah

		Nilai	Satuan	Standar
Berat Piknometer	A	25,630	gram	(SNI 2441:2011)
Berat Piknometer + Air	B	75,810	gram	
Berat Piknometer + Aspal	C	61,460	gram	
Berat Piknometer + Aspal + Air	D	77,360	gram	
Berat Aspal	$E = C - A$	35,830	gram	
Berat Air	$F = B - A$	50,180	gram	
Isi Air	$G = D - C$	15,900	gram	
Isi Aspal	$H = F - G$	34,280	gram	
Berat Jenis	$I = E/H$	1,045		
Keterangan		OK		$\geq 1,00$

Tabel Hasil Pengamatan Berat Jenis Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

		Nilai	Satuan	Standar
Berat Piknometer	A	24,040	gram	(SNI 2441:2011)
Berat Piknometer + Air	B	74,200	gram	
Berat Piknometer + Aspal	C	57,680	gram	
Berat Piknometer + Aspal + Air	D	74,780	gram	
Berat Aspal	$E = C - A$	33,640	gram	
Berat Air	$F = B - A$	50,160	gram	
Isi Air	$G = D - C$	17,100	gram	
Isi Aspal	$H = F - G$	33,060	gram	
Berat Jenis	$I = E/H$	1,018		
Keterangan		OK		$\geq 1,00$

Tabel Hasil Pengamatan Berat Jenis Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

		Nilai	Satuan	Standar
Berat Piknometer	A	26,860	gram	(SNI 2441:2011)
Berat Piknometer + Air	B	76,920	gram	
Berat Piknometer + Aspal	C	65,240	gram	
Berat Piknometer + Aspal + Air	D	81,480	gram	
Berat Aspal	$E = C - A$	38,380	gram	
Berat Air	$F = B - A$	50,060	gram	
Isi Air	$G = D - C$	16,240	gram	
Isi Aspal	$H = F - G$	33,820	gram	
Berat Jenis	$I = E/H$	1,135		
Keterangan		OK		$\geq 1,00$

Tabel Hasil Pengamatan Berat Jenis Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

		Nilai	Satuan	Standar
Berat Piknometer	A	27,510	gram	(SNI 2441:2011)
Berat Piknometer + Air	B	78,600	gram	
Berat Piknometer + Aspal	C	53,480	gram	
Berat Piknometer + Aspal + Air	D	79,540	gram	
Berat Aspal	$E = C - A$	25,970	gram	
Berat Air	$F = B - A$	51,090	gram	
Isi Air	$G = D - C$	26,060	gram	
Isi Aspal	$H = F - G$	25,030	gram	
Berat Jenis	$I = E/H$	1,038		
Keterangan		OK		$\geq 1,00$

Tabel Hasil Pengamatan Berat Jenis Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

		Nilai	Satuan	Standar
Berat Piknometer	A	23,220	gram	(SNI 2441:2011)
Berat Piknometer + Air	B	74,700	gram	
Berat Piknometer + Aspal	C	56,780	gram	
Berat Piknometer + Aspal + Air	D	75,310	gram	
Berat Aspal	$E = C - A$	33,560	gram	
Berat Air	$F = B - A$	51,480	gram	
Isi Air	$G = D - C$	18,530	gram	
Isi Aspal	$H = F - G$	32,950	gram	
Berat Jenis	$I = E/H$	1,019		
Keterangan		OK		$\geq 1,00$

Tabel Hasil Pengamatan Berat Jenis Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

		Nilai	Satuan	Standar
Berat Piknometer	A	25,610	gram	(SNI 2441:2011)
Berat Piknometer + Air	B	75,840	gram	
Berat Piknometer + Aspal	C	64,100	gram	
Berat Piknometer + Aspal + Air	D	77,440	gram	
Berat Aspal	$E = C - A$	38,490	gram	
Berat Air	$F = B - A$	50,230	gram	
Isi Air	$G = D - C$	13,340	gram	
Isi Aspal	$H = F - G$	36,890	gram	
Berat Jenis	$I = E/H$	1,043		
Keterangan		OK		$\geq 1,00$

Tabel Hasil Pengamatan Kehilangan Berat Bitumen Tanpa Bahan Tambah

	Berat	Satuan	Nilai Standar
Cawan	20,240	gram	(SNI 06-2440-1991)
Cawan + Aspal Sebelum Dipanaskan	68,100	gram	
Cawan + Aspal Sesudah Dipanaskan	68,090	gram	
Aspal Sebelum Dipanaskan (A)	47,860	gram	
Aspal Sesudah Dipanaskan (B)	47,850	gram	
Kehilangan Berat	0	%	≤ 0,8
Keterangan	OK		

Tabel Hasil Pengamatan Kehilangan Berat Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

	Berat	Satuan	Nilai Standar
Cawan	3,690	gram	(SNI 06-2440-1991)
Cawan + Aspal Sebelum Dipanaskan	12,090	gram	
Cawan + Aspal Sesudah Dipanaskan	12,090	gram	
Aspal Sebelum Dipanaskan (A)	8,400	gram	
Aspal Sesudah Dipanaskan (B)	8,400	gram	
Kehilangan Berat	0	%	≤ 0,8
Keterangan	OK		

Tabel Hasil Pengamatan Kehilangan Berat Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

	Berat (gr)	Satuan	Nilai Standar
Cawan	3,720	gram	(SNI 06-2440-1991)
Cawan + Aspal Sebelum Dipanaskan	10,850	gram	
Cawan + Aspal Sesudah Dipanaskan	10,840	gram	
Aspal Sebelum Dipanaskan (A)	7,130	gram	
Aspal Sesudah Dipanaskan (B)	7,120	gram	
Kehilangan Berat	0,001	%	≤ 0,8
Keterangan	OK		

Tabel Hasil Pengamatan Kehilangan Berat Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

	Berat	Satuan	Nilai Standar
Cawan	3,700	gram	(SNI 06-2440-1991)
Cawan + Aspal Sebelum Dipanaskan	13,140	gram	
Cawan + Aspal Sesudah Dipanaskan	13,140	gram	
Aspal Sebelum Dipanaskan (A)	9,440	gram	
Aspal Sesudah Dipanaskan (B)	9,440	gram	
Kehilangan Berat	0	%	≤ 0,8
Keterangan	OK		

Tabel Hasil Pengamatan Kehilangan Berat Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

	Berat	Satuan	Nilai Standar
Cawan	3,610	gram	(SNI 06-2440-1991)
Cawan + Aspal Sebelum Dipanaskan	14,640	gram	
Cawan + Aspal Sesudah Dipanaskan	14,640	gram	
Aspal Sebelum Dipanaskan (A)	11,030	gram	
Aspal Sesudah Dipanaskan (B)	11,030	gram	
Kehilangan Berat	0	%	≤ 0,8
Keterangan	OK		

Tabel Hasil Pengamatan Kehilangan Berat Bitumen Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

	Berat	Satuan	Nilai Standar
Cawan	2,310	gram	(SNI 06-2440-1991)
Cawan + Aspal Sebelum Dipanaskan	7,740	gram	
Cawan + Aspal Sesudah Dipanaskan	7,740	gram	
Aspal Sebelum Dipanaskan (A)	5,430	gram	
Aspal Sesudah Dipanaskan (B)	5,430	gram	
Kehilangan Berat	0	%	≤ 0,8
Keterangan	OK		

Tabel Hasil Pengamatan Titik Lembek Aspal Tanpa Bahan Tambah

Suhu	Bola Baja	Keterangan	Nilai Standar
25°C	0'0"0"		(SNI 2434:2011)
30°C	01'03"00"		
35°C	02'03"00"		
40°C	03'35"00"		
45°C	04'46"00"		
50°C	06'30"00"		
54°C	07'59"00"	Bola Baja Jatuh	
Keterangan	OK		≥48°C

Tabel Hasil Pengamatan Titik Lembek Aspal Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Suhu	Bola Baja	Keterangan	Nilai Standar
25°C	0'0"0"		(SNI 2434:2011)
30°C	7'45"00"		
35°C	13'21"00"		
40°C	19'23"00"		
45°C	27'30"00"		
50°C	35'21"00"	Bola Baja Jatuh	
Keterangan	OK		≥48°C

Tabel Hasil Pengamatan Titik Lembek Aspal Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Suhu	Bola Baja	Keterangan	Nilai Standar
25°C	0'0"0"		(SNI 2434:2011)
30°C	7'45"00"		
35°C	13'21"00"		
40°C	19'23"00"		
45°C	27'30"00"		
50°C	35'00"00"	Bola Baja Jatuh	
Keterangan	OK		≥48°C

Tabel Hasil Pengamatan Titik Lembek Aspal Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Suhu	Bola Baja	Keterangan	Nilai Standar
30°C	0'0"0"		(SNI 2434:2011)
35°C	5'30"00"		
40°C	12'12"00"		
45°C	20'55"00"		
50°C	28'08"00"		
52°C	30'12"00"	Bola Baja Jatuh	
Keterangan		OK	≥48°C

Tabel Hasil Pengamatan Titik Lembek Aspal Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

Suhu	Bola Baja	Keterangan	Nilai Standar
30°C	0'0"0"		(SNI 2434:2011)
35°C	5'30"00"		
40°C	12'12"00"		
45°C	20'55"00"		
50°C	27'24"00"	Bola Baja Jatuh	
Keterangan		OK	≥48°C

Tabel Hasil Pengamatan Titik Lembek Aspal Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Suhu	Bola Baja	Keterangan	Nilai Standar
35°C	0'0"0"		(SNI 2434:2011)
40°C	8'57"00"		
45°C	16'38"00"		
49°C	23'46"00"	Bola Baja Jatuh	
Keterangan		OK	≥48°C

Tabel Hasil Pengamatan Titik Nyala dan Titik Bakar Tanpa Bahan Tambah

Pengamatan	Nilai	Nilai Standar (SNI 2433:2011)	Keterangan
Titik Nyala (°C)	256	≥ 232	OK
Titik Bakar (°C)	282	≥ 233	OK

Tabel Hasil Pengamatan Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

Pengamatan	Nilai	Nilai Standar (SNI 2433:2011)	Keterangan
Titik Nyala (°C)	251	≥ 232	OK
Titik Bakar (°C)	277	≥ 233	OK

Tabel Hasil Pengamatan Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Pengamatan	Nilai	Nilai Standar (SNI 2433:2011)	Keterangan
Titik Nyala (°C)	249	≥ 232	OK
Titik Bakar (°C)	270	≥ 233	OK

Tabel Hasil Pengamatan Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

Pengamatan	Nilai	Nilai Standar (SNI 2433:2011)	Keterangan
Titik Nyala (°C)	245	≥ 232	OK
Titik Bakar (°C)	268	≥ 233	OK

Tabel Hasil Pengamatan Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

Pengamatan	Nilai	Nilai Standar (SNI 2433:2011)	Keterangan
Titik Nyala (°C)	241	≥ 232	OK
Titik Bakar (°C)	258	≥ 233	OK

Tabel Hasil Pengamatan Titik Nyala dan Titik Bakar Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

Pengamatan	Nilai	Nilai Standar (SNI 2433:2011)	Keterangan
Titik Nyala (°C)	238	≥ 232	OK
Titik Bakar (°C)	252	≥ 233	OK

Tabel Hasil Luas Permukaan Agregat

Saringan	% Lolos		Batas Tengah (%)	% Tertahan (% Fraksi)	Luas Permukaan
	BA	BB			
3/4	100	100	100	0	0
1/2	100	98	99	1	1
3/8	100	52	76	23	74
4"	57	47	52	24	77
8"	56	42	49	3	19
30"	54	13	33	16	582
100"	31	4	14	19	3458
200"	8	3	7	7	1274
Filler				7	4305
TOTAL				100	9790

Tabel Design Mix Formula

Sampel	S1	S2	S3	S4	S5
Kadar Aspal (gram)	6,4%	7,4%	8,4%	9,4%	10,4%
Berat Aspal (gram)	77,2	89,2	101,2	113,2	125,2
Berat Agregat (gram)	1122,8	1110,8	1098,8	1086,8	1074,8
Filler (gram)	78,6	77,8	76,9	76,1	75,2



UNIVERSITAS ANDALAS

Tabel Marshall Kadar Aspal Optimum

TABEL PERHITUNGAN MARSHALL

No Sample	% Aspal thd	% agregat	Berat	Berat SSD	Berat dim Air	Isi	Berat Isi Benda Uji	BJ max	isi aspal	isi agregat	% rongga	% Rongga	% rongga thd	Pembacaan Stabilitas	Stabilitas	Stabilitas	kelelahan	Tinggi Benda uji	Angka Koreksi	Marshall Quotient
	Campuran	thd camp.									(x kalalat)	(xkor.benda)								
	a	b									c	d	e		f	g				
1a	6.40	93.60	1181.30	1182.30	648.10	534.20	2.211	2.306	13.54	82.33	17.67	76.65	4.13	68	795.74	803.69	3.20	6.27	1.01	251.154
1b	6.40	93.60	1176.20	1179.70	635.00	544.70	2.16	2.306	13.22	80.40	19.60	67.46	6.38	66	772.33	764.61	2.80	6.3	0.99	273.075
1c	6.40	93.60	1175.30	1175.40	632.20	543.20	2.16	2.306	13.25	80.56	19.44	68.15	6.19	65	760.63	783.45	3.00	6.2	1.03	261.150
2a	7.40	92.60	1170.40	1173.70	650.40	523.30	2.24	2.277	15.84	82.38	17.62	89.89	1.78	70	819.14	810.95	2.70	6.3	0.99	300.351
2b	7.40	92.60	1153.80	1155.90	635.60	520.30	2.22	2.277	15.70	81.68	18.32	85.72	2.62	72	842.54	918.37	3.30	6	1.09	278.295
2c	7.40	92.60	1172.40	1173.10	644.80	528.30	2.22	2.277	15.71	81.74	18.26	86.07	2.54	76	889.35	880.46	3.40	6.3	0.99	258.958
3a	8.40	91.60	1161.70	1163.20	628.70	534.50	2.17	2.248	17.47	79.19	20.81	83.96	3.34	74	865.95	891.93	3.60	6.2	1.03	247.757
3b	8.40	91.60	1151.50	1155.70	625.70	530.00	2.17	2.248	17.46	79.16	20.84	83.81	3.37	79	924.46	970.68	3.80	6.15	1.05	255.442
3c	8.40	91.60	1175.40	1178.10	634.30	543.80	2.16	2.248	17.37	78.75	21.25	81.78	3.87	76	889.35	880.46	3.50	6.3	0.99	251.560
4a	9.40	90.60	1170.60	1171.90	628.90	543.00	2.16	2.221	19.39	77.69	22.31	86.92	2.92	66	772.33	803.23	4.10	6.175	1.04	195.909
4b	9.40	90.60	1176.70	1177.70	630.40	547.30	2.15	2.221	19.34	77.48	22.52	85.89	3.18	70	819.14	843.71	3.90	6.2	1.03	216.337
4c	9.40	90.60	1162.90	1168.90	630.80	538.10	2.16	2.221	19.44	77.88	22.12	87.89	2.68	68	795.74	835.52	4.35	6.15	1.05	192.074
5a	10.40	89.60	1170.20	1172.00	631.00	541.00	2.16	2.193	21.53	77.09	22.91	93.97	1.38	65	760.63	829.09	4.70	6	1.09	176.401
5b	10.40	89.60	1178.20	1179.20	634.50	544.70	2.16	2.193	21.53	77.09	22.91	93.97	1.38	57	667.01	660.34	4.90	6.3	0.99	134.764
5c	10.40	89.60	1174.20	1175.30	631.50	543.80	2.16	2.193	21.49	76.96	23.04	93.26	1.55	59	690.42	704.23	5.30	6.23	1.02	132.873
BJ Agregat :		2,514																		
BJ Aspal		1,045																		

Keterangan:

- a= % aspal terhadap campuran
- b= % ag terhadap campuran
- c= berat kering (gr)
- d= berat jenuh (gr)
- e= berat dalam air (gr)
- f= isi (d-e)
- g= berat isi (c/f)
- *BJ Efektif Agregat

- Gse=(100-% Aspal)/(100/Gmm+ (% Aspal)/Gb)
- Gb = Berat jenis aspal
- Gsb&Gse=BJ apparent
- h = BJ Maks
- Gmm=100/(% Agregat)/Gse+ (% Aspal)/Gb)
- i = Isi Aspal
- = (a x g) / Bj Aspal
- j = Isi agregat
- = ((100-a) x g/BJ agregat)
- k=%Rongga thd Agregat
- =100 - j
- l = % Rongga terisi aspal
- =100*(i/k)
- m = % Rongga thd Campuran

- n = Pembacaan Stabilitas
- o = Stabilitas (n x 11,702)
- p = Stabilitas (o x s)
- q = Kelelahan
- r = Tinggi benda uji
- s = Angka Koreksi
- t = Marshall Quotient(p/q)

Tabel Perhitungan Marshall Tanpa Bahan Tambah

TABEL PERHITUNGAN MARSHALL																				
No	% Aspal thd	% agregat	Berat	Berat SSD	Berat dlm Air	Isi	Berat Isi Benda Uji	BJ max	isi aspal	isi agregat	% rongga thd agregat	% Rongga terisi Aspal	% rongga thd campuran	Pembacaan Stabilitas	Stabilitas (x kal.alat)	Stabilitas (xkor.benda)	kelelahan	Tinggi Benda uji	Angka Koreksi	Marshall Quotient
Sample	Campuran	thd camp.	Berat	Berat SSD	Berat dlm Air	Isi	Berat Isi Benda Uji	BJ max	isi aspal	isi agregat	% rongga thd agregat	% Rongga terisi Aspal	% rongga thd campuran	Pembacaan Stabilitas	Stabilitas (x kal.alat)	Stabilitas (xkor.benda)	kelelahan	Tinggi Benda uji	Angka Koreksi	Marshall Quotient
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
1a	8,500	91,500	1160,200	1162,700	631,300	531,400	2,183	2,246	17,759	79,463	20,537	86,474	2,778	89,000	1041,478	1135,211	3,350	6,030	1,090	338,869
1b	8,500	91,500	1148,800	1152,200	627,800	524,400	2,191	2,246	17,819	79,733	20,267	87,921	2,448	107,000	1252,114	1337,258	2,800	6,100	1,068	477,592
1c	8,500	91,500	1167,900	1168,400	631,100	537,300	2,174	2,246	17,680	79,112	20,888	84,645	3,207	74,000	865,948	870,278	3,900	6,330	1,005	223,148
2a	8,500	91,500	1171,200	1174,300	637,200	537,100	2,181	2,246	17,737	79,365	20,635	85,958	2,898	104,000	1217,008	1168,328	3,600	6,400	0,960	324,535
2b	8,500	91,500	1178,700	1181,800	643,300	538,500	2,189	2,246	17,804	79,666	20,334	87,559	2,530	94,000	1099,988	1025,959	3,900	6,500	0,933	263,066
2c	8,500	91,500	1167,500	1168,300	637,900	530,400	2,201	2,246	17,904	80,114	19,886	90,035	1,982	93,000	1088,286	1101,890	3,100	6,300	1,013	355,448
3a	8,500	91,500	1167,700	1168,900	630,200	538,700	2,168	2,246	17,631	78,893	21,107	83,535	3,475	91,000	1064,882	1078,193	3,250	6,300	1,013	331,752
3b	8,500	91,500	1173,800	1175,300	633,600	541,700	2,167	2,246	17,625	78,866	21,134	83,399	3,508	83,000	971,266	966,313	3,400	6,370	0,995	284,210
3c	8,500	91,500	1175,200	1176,200	633,600	542,600	2,166	2,246	17,617	78,829	21,171	83,215	3,554	83,000	971,266	983,407	4,400	6,300	1,013	223,502
4a	8,500	91,500	1174,300	1176,100	635,000	541,100	2,170	2,246	17,652	78,987	21,013	84,008	3,360	95,000	1111,690	1058,107	4,000	6,430	0,952	264,527
4b	8,500	91,500	1171,400	1172,900	632,500	540,400	2,168	2,246	17,632	78,894	21,106	83,540	3,474	82,000	959,564	894,985	3,700	6,500	0,933	241,888
4c	8,500	91,500	1165,000	1167,400	635,900	531,500	2,192	2,246	17,829	79,777	20,223	88,162	2,394	87,000	1018,074	1038,435	3,500	6,270	1,020	296,696
5a	8,500	91,500	1168,300	1169,900	638,700	531,200	2,199	2,246	17,890	80,048	19,952	89,664	2,062	94,000	1099,988	1094,378	4,000	6,370	0,995	273,595
5b	8,500	91,500	1174,100	1176,800	632,800	544,000	2,158	2,246	17,555	78,553	21,447	81,854	3,892	88,000	1029,776	980,141	3,600	6,430	0,952	272,261
5c	8,500	91,500	1167,100	1169,800	639,900	529,900	2,202	2,246	17,915	80,162	19,838	90,308	1,923	80,000	936,160	891,037	3,700	6,430	0,952	240,821
BJ Agregat	2,514																			
BJ Aspal	1,045																			

Keterangan:

- a= % aspal terhadap campuran $Gse = (100 - \% Aspal) / (100 / Gmm + (\% Aspal) / Gb)$ = (a x g) / B_j Aspal = 100 - (100 x g/h)
- b= % ag terhadap campuran $Gb = \text{Berat jenis aspal}$ j = Isi agregat n = Pembacaan Stabilitas
- c= berat kering (gr) $Gsb \& Gse = \text{BJ apparent}$ = ((100-a) x g / BJ agregat) o = Stabilitas (n x 11,702)
- d= berat jenuh (gr) h = BJ Maks k = % Rongga thd Agregat p = Stabilitas (o x s)
- e= berat dalam air (gr) $Gmm = 100 / ((\% Agregat) / Gse + (\% Aspal) / Gb)$ = 100 - j q = Kelelahan
- f= isi (d-e) i = Isi Aspal l = % Rongga terisi aspal r = Tinggi benda uji
- g= berat isi (c/f) = 100 * (i/k) m = % Rongga thd Campuran s = Angka Koreksi
- *BJ Efektif Agregat t = Marshall Quotient(p/q)

Tabel Perhitungan Marshall Dengan Bahan Tambah Lateks 1,5%

TABEL PERHITUNGAN MARSHALL

No Sample	% Aspal thd Campuran	% agregat thd camp.	Berat	Berat SSD	Berat dim Air	Isi	Berat Isi Benda Uji	BJ max	isi aspal	isi agregat	% rongga thd agregat	% Rongga terisi Aspal	% rongga thd campuran	Pembacaan Stabilitas	Stabilitas (x kal.alat)	Stabilitas (xkor.benda)	kelelahan	Tinggi Benda uji	Angka Koreksi	Marshall Quotient
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
	1a	8,500	91,500	1169,700	1173,300	639,300	534,000	2,190	2,235	18,290	79,738	20,262	90,267	1,972	108,000	1263,816	1301,730	3,300	6,230	1,030
1b	8,500	91,500	1166,600	1169,900	637,600	532,300	2,192	2,235	18,299	79,781	20,219	90,506	1,920	99,000	1158,498	1237,276	3,500	6,100	1,068	353,507
1c	8,500	91,500	1170,300	1174,400	640,200	534,200	2,191	2,235	18,292	79,749	20,251	90,328	1,959	104,000	1217,008	1232,221	3,800	6,300	1,013	324,269
2a	8,500	91,500	1165,900	1169,500	637,600	531,900	2,192	2,235	18,302	79,793	20,207	90,574	1,905	97,000	1135,094	1140,769	3,600	6,330	1,005	316,880
2b	8,500	91,500	1166,500	1170,900	638,300	532,600	2,190	2,235	18,288	79,729	20,271	90,216	1,983	105,000	1228,710	1253,284	3,700	6,270	1,020	338,725
2c	8,500	91,500	1168,700	1172,900	639,500	533,400	2,191	2,235	18,295	79,760	20,240	90,387	1,946	101,000	1181,902	1175,874	3,900	6,370	0,995	301,506
3a	8,500	91,500	1169,900	1173,600	632,500	541,100	2,162	2,235	18,053	78,705	21,295	84,776	3,242	98,000	1146,796	1091,520	3,800	6,430	0,952	287,242
3b	8,500	91,500	1173,000	1175,500	633,600	541,900	2,165	2,235	18,074	78,798	21,202	85,244	3,129	102,000	1193,604	1184,055	3,600	6,360	0,992	328,904
3c	8,500	91,500	1172,500	1175,200	631,900	543,300	2,158	2,235	18,020	78,561	21,439	84,050	3,419	100,000	1170,200	1184,828	3,900	6,300	1,013	303,802
4a	8,500	91,500	1169,200	1172,000	638,600	533,400	2,192	2,235	18,302	79,794	20,206	90,578	1,904	89,000	1041,478	991,279	4,000	6,430	0,952	247,820
4b	8,500	91,500	1168,900	1172,000	638,400	533,600	2,191	2,235	18,291	79,743	20,257	90,296	1,966	91,000	1064,882	1096,828	3,700	6,230	1,030	296,440
4c	8,500	91,500	1171,400	1174,100	639,400	534,700	2,191	2,235	18,292	79,750	20,250	90,330	1,958	90,000	1053,180	984,723	3,800	6,490	0,935	259,138
5a	8,500	91,500	1177,100	1179,300	641,500	537,800	2,189	2,235	18,275	79,676	20,324	89,919	2,049	100,000	1170,200	1101,158	3,900	6,470	0,941	282,348
5b	8,500	91,500	1170,100	1172,100	637,800	534,300	2,190	2,235	18,286	79,721	20,279	90,169	1,994	79,000	924,458	887,480	4,600	6,400	0,960	192,930
5c	8,500	91,500	1172,300	1174,500	639,200	535,300	2,190	2,235	18,286	79,721	20,279	90,173	1,993	89,000	1041,478	991,279	4,100	6,430	0,952	241,775
BJ Agregat		2,514																		
BJ Aspal		1,018																		

Keterangan:

- a= % aspal terhadap campuran $Gse = (100 - \% \text{Aspal}) / (100 / Gmm + (\% \text{Aspal}) / Gb)$ $= (a \times g) / B_j \text{ Aspal}$ $= 100 - (100 \times g / h)$
- b= % ag terhadap campuran $Gb = \text{Berat jenis aspal}$ $j = \text{Isi agregat}$ $n = \text{Pembacaan Stabilitas}$
- c= berat kering (gr) $Gsb \& Gse = BJ \text{ apparent}$ $= ((100 - a) \times g / BJ \text{ agregat})$ $o = \text{Stabilitas } (n \times 11,702)$
- d= berat jenuh (gr) $h = BJ \text{ Maks}$ $k = \% \text{Rongga thd Agregat}$ $p = \text{Stabilitas } (o \times s)$
- e= berat dalam air (gr) $Gmm = 100 / ((\% \text{Agregat}) / Gse + (\% \text{Aspal}) / Gb)$ $= 100 - j$ $q = \text{Kelelahan}$
- f= isi (d-e) $i = \text{Isi Aspal}$ $l = \% \text{Rongga terisi aspal}$ $r = \text{Tinggi benda uji}$
- g= berat isi (c/f) $= 100 * (i / k)$ $m = \% \text{Rongga thd Campuran}$ $s = \text{Angka Koreksi}$
- *BJ Efektif Agregat $t = \text{Marshall Quotient}(p/q)$

UNIVERSITAS ANDALAS

Tabel Perhitungan Marshall Dengan Bahan Tambah Lateks 2%

TABEL PERHITUNGAN MARSHALL

No Sample	% Aspal thd Campuran	% agregat thd camp.	Berat Berat	Berat SSD	Berat dlm Air	Berat Isi Isi	Berat Isi Benda Uji	BJ max	isi aspal	isi agregat	% rongga thd agregat	% Rongga terisi Aspal	% rongga thd campuran	Pembacaan Stabilitas	Stabilitas (x kal. asal)	Stabilitas (x kor. benda)	kelelahan	Tinggi Benda uji	Angka Koreksi	Marshall Quotient
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
	1a	8,500	91,500	1166,300	1169,700	647,700	522,000	2,234	2,278	16,733	81,334	18,666	89,643	1,933	96,000	1123,392	1213,965	3,700	6,060	1,081
1b	8,500	91,500	1173,300	1175,500	648,700	526,600	2,228	2,278	16,686	81,108	18,892	88,321	2,206	92,000	1076,584	1013,066	3,700	6,470	0,941	273,801
1c	8,500	91,500	1170,900	1171,900	647,100	524,800	2,231	2,278	16,709	81,219	18,781	88,969	2,072	94,000	1099,988	1046,969	3,800	6,430	0,952	275,518
2a	8,500	91,500	1172,900	1176,000	649,000	527,000	2,226	2,278	16,668	81,018	18,982	87,810	2,314	100,000	1170,200	1006,372	4,100	6,830	0,860	245,457
2b	8,500	91,500	1170,000	1173,300	648,800	524,500	2,231	2,278	16,706	81,203	18,797	88,876	2,091	85,000	994,670	989,597	3,500	6,370	0,995	282,742
2c	8,500	91,500	1170,000	1173,100	646,900	526,200	2,223	2,278	16,652	80,941	19,059	87,369	2,407	92,000	1076,584	1024,693	3,800	6,430	0,952	269,656
3a	8,500	91,500	1177,100	1179,700	652,190	527,510	2,231	2,278	16,711	81,230	18,770	89,031	2,059	94,000	1099,988	979,677	3,800	6,600	0,891	257,810
3b	8,500	91,500	1171,700	1175,400	650,900	524,500	2,234	2,278	16,730	81,321	18,679	89,567	1,949	81,000	947,862	838,621	4,000	6,700	0,885	209,655
3c	8,500	91,500	1175,200	1180,200	653,200	527,000	2,230	2,278	16,700	81,177	18,823	88,724	2,122	92,000	1076,584	1006,606	4,000	6,490	0,935	251,652
4a	8,500	91,500	1171,900	1175,300	648,500	526,800	2,225	2,278	16,660	80,980	19,020	87,591	2,360	91,000	1064,882	974,367	3,900	6,570	0,915	249,838
4b	8,500	91,500	1173,300	1176,800	650,300	526,500	2,228	2,278	16,689	81,123	18,877	88,410	2,188	85,000	994,670	861,011	4,100	6,800	0,866	210,003
4c	8,500	91,500	1173,100	1176,100	650,000	526,100	2,230	2,278	16,699	81,171	18,829	88,687	2,130	88,000	1029,776	960,472	4,200	6,500	0,933	228,684
5a	8,500	91,500	1164,900	1168,900	647,100	521,800	2,232	2,278	16,719	81,268	18,732	89,252	2,013	90,000	1053,180	905,735	4,400	6,830	0,860	205,849
5b	8,500	91,500	1168,900	1171,700	648,100	523,600	2,232	2,278	16,719	81,266	18,734	89,244	2,015	78,000	912,756	784,970	3,600	6,670	0,860	218,047
5c	8,500	91,500	1170,200	1172,500	647,900	524,600	2,231	2,278	16,705	81,202	18,798	88,866	2,093	84,000	982,968	875,456	4,500	6,600	0,891	194,546

BJ Agregat	2,514
BJ Aspal	1,135

Keterangan:

- a= % aspal terhadap campuran $Gse = (100 - \% Aspal) / (100 / Gmm + (\% Aspal) / Gb)$ $= (a \times g) / B_j \text{ Aspal}$ $= 100 - (100 \times g / h)$
- b= % ag terhadap campuran $Gb = \text{Berat jenis aspal}$ $j = \text{Isi agregat}$ $n = \text{Pembacaan Stabilitas}$
- c= berat kering (gr) $Gsb \& Gse = BJ \text{ apparent}$ $= ((100 - a) \times g / BJ \text{ agregat})$ $o = \text{Stabilitas } (n \times 11,702)$
- d= berat jenuh (gr) $h = BJ \text{ Maks}$ $k = \% \text{ Rongga thd Agregat}$ $p = \text{Stabilitas } (o \times s)$
- e= berat dalam air (gr) $Gmm = 100 / ((\% \text{ Agregat}) / Gse + (\% \text{ Aspal}) / Gb)$ $= 100 - j$ $q = \text{Kelelahan}$
- f= isi (d-e) $l = \% \text{ Rongga terisi aspal}$ $= 100 * (i/k)$ $r = \text{Tinggi benda uji}$
- g= berat isi (c/f) $m = \% \text{ Rongga thd Campuran}$ $s = \text{Angka Koreksi}$
- *BJ Efektif Agregat $t = \text{Marshall Quotient } (p/q)$

UNIVERSITAS ANDALAS

Tabel Perhitungan Marshall Dengan Bahan Tambah Lateks 2,5%

TABEL PERHITUNGAN MARSHALL

No Sample	% Aspal thd Campuran	% agregat thd camp.	Berat	Berat SSD	Berat dim Air	Isi	Berat Isi Benda Uji	BJ max	isi aspal	isi agregat	% rongga thd agregat	% Rongga terisi Aspal	% rongga thd campuran	Pembacaan Stabilitas	Stabilitas (x kal.alat)	Stabilitas (xkor.benda)	kelelahan	Tinggi Benda uji	Angka Koreksi	Marshall Quotient
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
1a	8,500	91,500	1170,600	1172,900	640,200	532,700	2,197	2,243	17,995	79,994	20,006	89,949	2,011	115,000	1345,730	1352,459	3,600	6,330	1,005	375,683
1b	8,500	91,500	1165,700	1168,700	638,500	530,200	2,199	2,243	18,004	80,035	19,965	90,178	1,961	98,500	1152,647	1097,089	3,400	6,430	0,952	322,673
1c	8,500	91,500	1165,600	1166,600	636,300	530,300	2,198	2,243	17,999	80,013	19,987	90,055	1,988	106,000	1240,412	1190,796	3,300	6,400	0,960	360,847
2a	8,500	91,500	1170,800	1177,900	644,500	533,400	2,195	2,243	17,974	79,903	20,097	89,438	2,123	91,000	1064,882	1059,451	3,800	6,370	0,995	278,803
2b	8,500	91,500	1172,300	1175,900	642,600	538,300	2,198	2,243	18,001	80,020	19,980	90,095	1,979	96,000	1123,392	1078,456	3,400	6,400	0,960	317,193
2c	8,500	91,500	1173,200	1174,600	638,800	535,800	2,190	2,243	17,930	79,708	20,292	88,363	2,361	100,000	1170,200	1094,137	3,500	6,490	0,935	312,611
3a	8,500	91,500	1172,100	1174,500	638,600	535,900	2,187	2,243	17,910	79,619	20,381	87,876	2,471	92,000	1076,584	948,067	3,600	6,720	0,881	263,352
3b	8,500	91,500	1165,900	1167,700	635,000	532,700	2,189	2,243	17,923	79,673	20,327	88,172	2,404	96,000	1123,392	989,287	3,600	6,720	0,881	274,802
3c	8,500	91,500	1166,300	1170,200	638,100	532,100	2,192	2,243	17,949	79,790	20,210	88,814	2,261	94,000	1099,988	1113,738	3,900	6,300	1,013	285,574
4a	8,500	91,500	1170,100	1173,700	640,400	533,300	2,194	2,243	17,967	79,870	20,130	89,255	2,163	78,000	912,756	858,903	3,800	6,470	0,941	226,027
4b	8,500	91,500	1169,700	1172,400	640,100	532,300	2,197	2,243	17,994	79,993	20,007	89,941	2,013	97,000	1135,094	1140,769	3,700	6,330	1,005	308,316
4c	8,500	91,500	1175,100	1176,000	641,000	535,000	2,196	2,243	17,986	79,957	20,043	89,737	2,057	87,000	1018,074	969,003	3,700	6,430	0,952	261,893
5a	8,500	91,500	1171,900	1174,600	641,500	533,100	2,198	2,243	18,001	80,023	19,977	90,111	1,976	82,000	959,564	921,181	4,100	6,400	0,960	224,678
5b	8,500	91,500	1170,800	1173,700	640,800	532,900	2,197	2,243	17,991	79,978	20,022	89,857	2,031	88,000	1029,776	1024,524	4,400	6,370	0,995	232,846
5c	8,500	91,500	1172,600	1174,500	641,000	533,500	2,198	2,243	17,999	80,011	19,989	90,042	1,991	85,000	994,670	989,597	3,400	6,370	0,995	291,058
BJ Agregat		2,514																		
BJ Aspal		1,038																		

Keterangan:

- a= % aspal terhadap campuran $Gse=(100-\% \text{ Aspal})/(100/Gmm+ (\% \text{ Aspal})/Gb)$ = (a x g) / Bj Aspal = 100-(100 x g/h)
- b= % ag terhadap campuran $Gb = \text{Berat jenis aspal}$ j = Isi agregat n = Pembacaan Stabilitas
- c= berat kering (gr) $Gsb\&Gse=BJ \text{ apparent}$ = ((100-a) x g/BJ agregat) o = Stabilitas (n x 11,702)
- d= berat jenuh (gr) h = BJ Maks k=% Rongga thd Agregat p = Stabilitas (o x s)
- e= berat dalam air (gr) $Gmm=100/((\% \text{ Agregat})/Gse+ (\% \text{ Aspal})/Gb)$ =100 - j q = Kelelahan
- f= isi (d-e) i = Isi Aspal l = % Rongga terisi aspal r = Tinggi benda uji
- g= berat isi (c/f) m = % Rongga thd Campuran =100*(i/k) s = Angka Koreksi
- *BJ Efektif Agregat t = Marshall Quotient(p/q)

UNIVERSITAS ANDALAS

Tabel Perhitungan Marshall Dengan Bahan Tambah Lateks 3%

TABEL PERHITUNGAN MARSHALL

No Sample	% Aspal thd Campuran	% agregat thd camp.	Berat c	Berat SSD	Berat dim Air	Isi f	Berat Isi Benda Uji	BJ max	isi aspal	isi agregat	% rongga thd agregat	% Rongga terisi Aspal	% rongga thd campuran	Pembacaan Stabilitas	Stabilitas (x kal.alat)	Stabilitas (xkotr/benda)	kelelahan q	Tinggi Benda uji	Angka Koreksi	Marshall Quotient	
	a	b		d	e		g	h	i	j	k	l	m	n	o	p		r	s	t	
	1a	8,500		91,500	1166,700		1168,900	635,000	533,900	2,185	2,235	18,228	79,549	20,451	89,130	2,223		110,000	1287,220	1325,837	3,700
1b	8,500	91,500	1170,000	1171,100	635,400	535,700	2,184	2,235	18,218	79,506	20,494	88,894	2,276	113,000	1322,326	1361,996	2,900	6,230	1,030	469,654	
1c	8,500	91,500	1169,200	1172,300	637,400	534,900	2,186	2,235	18,233	79,570	20,430	89,247	2,197	112,000	1310,624	1317,177	3,600	6,330	1,005	365,883	
2a	8,500	91,500	1170,600	1172,300	634,800	537,500	2,178	2,235	18,167	79,280	20,720	87,677	2,553	109,000	1275,518	1214,038	3,900	6,430	0,952	311,292	
2b	8,500	91,500	1165,700	1166,700	632,900	533,800	2,184	2,235	18,216	79,495	20,505	88,838	2,289	100,000	1170,200	1176,051	3,400	6,330	1,005	345,897	
2c	8,500	91,500	1172,200	1173,400	636,600	536,800	2,184	2,235	18,215	79,492	20,508	88,820	2,293	101,000	1181,902	1187,812	3,700	6,330	1,005	321,030	
3a	8,500	91,500	1175,600	1176,900	639,600	537,300	2,188	2,235	18,251	79,648	20,352	89,678	2,101	92,000	1076,584	1090,041	3,500	6,300	1,013	311,440	
3b	8,500	91,500	1169,500	1169,800	635,800	534,000	2,190	2,235	18,269	79,725	20,275	90,102	2,007	89,000	1041,478	1125,447	3,900	6,060	1,081	288,576	
3c	8,500	91,500	1167,800	1168,600	635,100	533,500	2,189	2,235	18,259	79,683	20,317	89,873	2,058	99,000	1158,498	1237,276	3,800	6,100	1,068	325,599	
4a	8,500	91,500	1166,100	1168,300	636,300	532,000	2,192	2,235	18,284	79,792	20,208	90,477	1,924	95,000	1111,690	1125,586	4,700	6,300	1,013	239,486	
4b	8,500	91,500	1170,400	1172,600	638,900	533,700	2,193	2,235	18,293	79,831	20,169	90,697	1,876	82,000	959,564	913,313	3,900	6,430	0,952	234,183	
4c	8,500	91,500	1173,600	1175,700	640,100	535,600	2,191	2,235	18,278	79,765	20,235	90,328	1,957	90,000	1053,180	1058,446	3,700	6,330	1,005	286,066	
5a	8,500	91,500	1167,300	1169,000	634,400	534,600	2,184	2,235	18,214	79,485	20,515	88,784	2,301	87,000	1018,074	1030,800	4,400	6,300	1,013	234,273	
5b	8,500	91,500	1168,800	1170,800	635,100	535,700	2,182	2,235	18,200	79,424	20,576	88,451	2,376	89,000	1041,478	1054,496	3,900	6,300	1,013	270,384	
5c	8,500	91,500	1168,100	1170,900	635,400	535,500	2,181	2,235	18,196	79,406	20,594	88,354	2,398	88,000	1029,776	962,841	4,200	6,490	0,935	229,248	
BJ Agregat		2,514																			
BJ Aspal		1,019																			

Keterangan:

- a= % aspal terhadap campuran $Gse = (100 - \% Aspal) / (100 / Gmm + (\% Aspal) / Gb)$ $= (a \times g) / B_j \text{ Aspal}$ $= 100 - (100 \times g / h)$
- b= % ag terhadap campuran $Gb = \text{Berat jenis aspal}$ $j = \text{Isi agregat}$ $n = \text{Pembacaan Stabilitas}$
- c= berat kering (gr) $Gsb \& Gse = B_j \text{ apparent}$ $= ((100 - a) \times g / B_j \text{ agregat})$ $o = \text{Stabilitas } (n \times 11,702)$
- d= berat jenuh (gr) $h = B_j \text{ Maks}$ $k = \% \text{Rongga thd Agregat}$ $p = \text{Stabilitas } (o \times s)$
- e= berat dalam air (gr) $Gmm = 100 / ((\% \text{Agregat}) / Gse + (\% \text{Aspal}) / Gb)$ $= 100 - j$ $q = \text{Kelelahan}$
- f= isi (d-e) $l = \% \text{Rongga terisi aspal}$ $= 100 * (i / k)$ $r = \text{Tinggi benda uji}$
- g= berat isi (c/f) $m = \% \text{Rongga thd Campuran}$ $s = \text{Angka Koreksi}$
- *BJ Efektif Agregat $t = \text{Marshall Quotient } (p/q)$

UNIVERSITAS ANDALAS

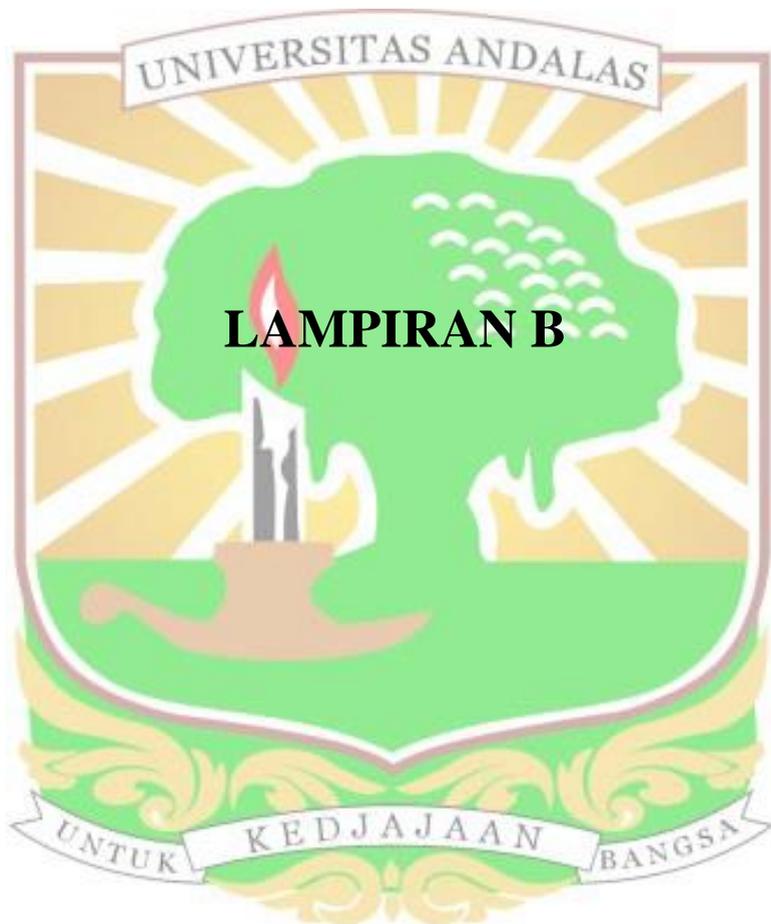
Tabel Perhitungan Marshall Dengan Bahan Tambah Lateks 3,5%

TABEL PERHITUNGAN MARSHALL

No Sample	% Aspal thd Campuran	% agregat thd camp.	Berat	Berat SSD	Berat dim Air	Isi	Berat Isi Benda Uji	BJ max	isi aspal	isi agregat	% rongga thd agregat	% Rongga terisi Aspal	% rongga thd campuran	Pembacaan Stabilitas	Sabilitas (x kal.alat)	Sabilitas (xkor.benda)	kelelahan	Tinggi Benda uji	Angka Koreksi	Marshall Quotient
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
	1a	8,500	91,500	1172,200	1173,900	639,300	534,600	2,193	2,245	17,869	79,819	20,181	88,545	2,312	100,000	1170,200	1091,446	3,600	6,500	0,933
1b	8,500	91,500	1176,400	1177,700	640,100	537,600	2,188	2,245	17,833	79,658	20,342	87,667	2,509	95,000	1111,690	1058,107	3,200	6,430	0,952	330,658
1c	8,500	91,500	1170,800	1171,300	638,100	533,200	2,196	2,245	17,895	79,933	20,067	89,175	2,172	102,000	1193,604	1229,412	3,900	6,230	1,030	315,234
2a	8,500	91,500	1174,600	1175,800	642,400	533,400	2,202	2,245	17,946	80,162	19,838	90,465	1,891	85,000	994,670	999,643	3,600	6,330	1,005	277,679
2b	8,500	91,500	1175,500	1177,000	643,100	533,900	2,202	2,245	17,943	80,149	19,851	90,387	1,908	106,000	1240,412	1190,796	3,500	6,400	0,960	340,227
2c	8,500	91,500	1175,200	1177,800	643,200	534,600	2,198	2,245	17,915	80,023	19,977	89,680	2,062	95,000	1111,690	1058,107	3,700	6,430	0,952	285,975
3a	8,500	91,500	1171,800	1173,000	640,300	532,700	2,200	2,245	17,927	80,076	19,924	89,978	1,997	88,000	1029,776	1060,669	3,800	6,230	1,030	279,123
3b	8,500	91,500	1177,900	1180,000	641,900	538,100	2,189	2,245	17,839	79,685	20,315	87,816	2,475	89,000	1041,478	952,952	3,800	6,570	0,915	250,777
3c	8,500	91,500	1175,900	1177,400	641,300	536,100	2,193	2,245	17,876	79,847	20,153	88,699	2,278	88,000	1029,776	980,141	3,900	6,430	0,952	251,318
4a	8,500	91,500	1176,600	1179,000	640,200	538,800	2,184	2,245	17,797	79,494	20,506	86,787	2,709	82,000	959,564	951,887	4,900	6,360	0,992	194,263
4b	8,500	91,500	1175,700	1178,600	638,800	539,800	2,178	2,245	17,750	79,286	20,714	85,691	2,964	85,000	994,670	954,883	3,800	6,400	0,960	251,285
4c	8,500	91,500	1178,200	1180,100	641,100	539,000	2,186	2,245	17,814	79,573	20,427	87,207	2,613	83,000	971,266	932,415	3,900	6,400	0,960	239,081
5a	8,500	91,500	1172,300	1173,900	641,300	532,600	2,201	2,245	17,938	80,126	19,874	90,256	1,936	84,000	982,968	975,104	4,300	6,360	0,992	226,768
5b	8,500	91,500	1173,400	1174,900	641,000	533,900	2,198	2,245	17,911	80,005	19,995	89,580	2,083	80,000	936,160	940,841	4,500	6,330	1,005	209,076
5c	8,500	91,500	1175,100	1176,200	640,900	535,300	2,195	2,245	17,890	79,912	20,088	89,058	2,198	80,000	936,160	873,156	3,900	6,500	0,933	223,886
BJ Agregat		2,514																		
BJ Aspal		1,043																		

Keterangan:

- a= % aspal terhadap campuran $Gse=(100-\% \text{ Aspal})/(100/Gmm+ (\% \text{ Aspal})/Gb)$ = (a x g) / Bj Aspal = 100-(100 x g/h)
- b= % ag terhadap campuran $Gb = \text{Berat jenis aspal}$ j = Isi agregat n = Pembacaan Stabilitas
- c= berat kering (gr) $Gsb\&Gse=BJ \text{ apparent}$ = ((100-a) x g/BJ agregat) o = Stabilitas (n x 11,702)
- d= berat jenuh (gr) $k=\% \text{ Rongga thd Agregat}$ =100 - j p = Stabilitas (o x s)
- e= berat dalam air (gr) h = BJ Maks l = % Rongga terisi aspal q = Kelelahan
- f= isi (d-e) $Gmm=100/((\% \text{ Agregat})/Gse+ (\% \text{ Aspal})/Gb)$ =100*(i/k) r = Tinggi benda uji
- g= berat isi (c/f) i = Isi Aspal m = % Rongga thd Campuran s = Angka Koreksi
- *BJ Efektif Agregat t = Marshall Quotient(p/q)



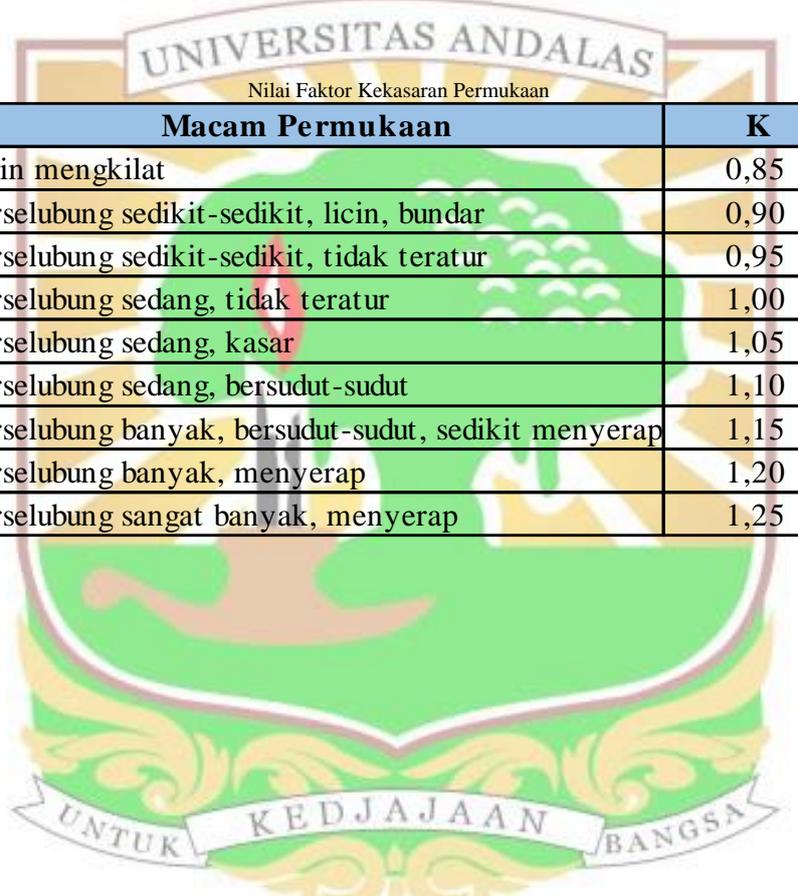
LAMPIRAN B

UNIVERSITAS ANDALAS

Perkiraan Persentase Aspal Untuk Variasi Luas Permukaan

Luas Permukaan (cm ²)	Penetrasi Aspal											
	50 - 60	60 - 70	70 - 85	85 - 100	100 - 120	120 - 150	150 - 200	200 - 300	SC - 6	SC - 5	SC - 4	SC - 3
1000	6.0	5.9	5.75	5.65	5.5	5.35	5.2	5.0	4.75	4.5	4.1	3.65
1200	6.2	6.1	5.95	5.8	5.7	5.55	5.35	5.15	4.9	4.65	4.25	3.75
1400	6.4	6.3	6.15	6.0	5.85	5.7	5.5	5.3	5.05	4.8	4.4	3.9
1600	6.6	6.5	6.35	6.2	6.05	5.9	5.7	5.5	5.25	4.9	4.5	4.0
1800	6.8	6.65	6.55	6.4	6.20	6.05	5.85	5.65	5.4	5.05	4.65	4.15
2000	7.0	6.85	6.75	6.55	6.4	6.25	6.05	5.8	5.55	5.2	4.8	4.25
2200	7.15	7.0	6.85	6.7	6.25	6.4	6.15	5.95	5.65	5.35	4.9	4.35
2400	7.25	7.1	6.95	6.8	6.55	6.45	6.25	6.0	5.75	5.4	4.95	4.40
2600	7.35	7.2	7.05	6.9	6.65	6.55	6.35	6.1	5.8	5.5	5.05	4.45
2800	7.45	7.3	7.15	7.0	6.8	6.65	6.4	6.2	5.9	5.55	5.1	4.50
3000	7.5	7.35	7.2	7.05	6.85	6.7	6.45	6.25	5.95	5.6	5.15	4.55
4000	7.6	7.45	7.3	7.15	6.95	6.8	6.55	6.3	6.0	5.65	5.2	4.6
5000	7.7	7.55	7.4	7.25	7.05	6.85	6.65	6.4	6.1	5.75	5.25	4.7
6000	7.8	7.65	7.5	7.3	7.15	6.95	6.7	6.5	6.2	5.8	5.35	4.75
7000	8.0	7.85	7.7	7.5	7.3	7.15	6.9	6.65	6.35	5.95	5.5	4.85
8000	8.3	8.15	8.0	7.8	7.6	7.4	7.15	6.9	6.6	6.2	5.7	5.05
9000	8.65	8.5	8.3	8.1	7.9	7.45	7.45	7.2	6.85	6.45	6.0	5.25
10000	9.0	8.65	8.65	8.65	8.45	8.05	7.75	7.5	7.15	6.7	6.15	5.45
11000	9.4	9.2	9.05	8.8	8.6	8.4	8.1	7.8	7.45	7.0	6.45	5.7
12000	9.8	9.6	9.4	9.2	8.95	8.75	8.45	8.15	7.75	7.3	6.7	5.95
13000	10.2	10.0	9.8	9.55	9.35	9.1	8.8	8.45	8.1	7.6	7.0	6.2
14000	10.6	10.4	10.2	9.95	9.7	9.45	9.15	8.8	8.4	7.9	7.25	6.45
15000	11.0	10.8	10.6	10.3	10.5	9.8	9.5	9.15	8.7	8.2	7.55	6.7
16000	11.4	11.2	10.95	10.7	10.45	10.15	9.8	9.45	9.05	8.5	7.8	6.9
17000	11.8	11.35	11.35	11.05	10.8	10.5	10.15	9.8	9.35	8.8	8.1	7.15
18000	12.2	11.95	11.75	11.45	11.15	10.9	10.5	10.15	9.65	9.1	8.35	7.4
19000	12.6	12.35	12.1	11.85	11.55	11.25	10.85	10.45	10.0	9.4	8.65	7.65
20000	13.0	12.5	12.5	12.2	11.9	11.6	11.2	10.8	10.3	9.7	8.9	7.9



The logo of Universitas Andalas is centered in the background. It features a green shield with a white banner at the top containing the text 'UNIVERSITAS ANDALAS'. Below the shield is another white banner with the text 'UNTUK KEDJAJAAN BANGSA'. The shield itself contains a stylized green and white emblem.

UNIVERSITAS ANDALAS

Nilai Faktor Kekasaran Permukaan

Macam Permukaan	K
Licin mengkilat	0,85
Berselubung sedikit-sedikit, licin, bundar	0,90
Berselubung sedikit-sedikit, tidak teratur	0,95
Berselubung sedang, tidak teratur	1,00
Berselubung sedang, kasar	1,05
Berselubung sedang, bersudut-sudut	1,10
Berselubung banyak, bersudut-sudut, sedikit menyerap	1,15
Berselubung banyak, menyerap	1,20
Berselubung sangat banyak, menyerap	1,25

UNIVERSITAS ANDALAS

Tabel Daftar Gradasi dan Benda Uji

Ukuran Saringan				Gradasi Dan Berat Benda Uji(gram)						
Lolos Saringan		Tertahan Saringan		A	B	C	D	E	F	G
mm	inci	mm	inci							
75	3,0	63	2 1/2	-	-	-	-	2500±50	-	-
63	2 1/2	50	2,0	-	-	-	-	2500±50	-	-
50	2	37,5	1 1/2	-	-	-	-	5000±50	5000±50	-
37,5	1 1/2	25	1	1250±25	-	-	-	-	5000±25	5000±25
25	1	19	3/4	1250±25	-	-	-	-	-	5000±25
19	3/4	12,5	1/2	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±10	2500±10	-	-	-	-	-
9,5	3/8	6,3	1/4	-	-	2500±10	-	-	-	-
6,3	1/4	4,75	No.4	-	-	2500±10	2500±10	-	-	-
4,75	No.4	2,36	No.8	-	-	-	2500±10	-	-	-
Total				5000±10	5000±10	5000±10	5000±10	10000±10	10000±10	10000±10
Jumlah Bola				12	11	8	6	12	12	12
Berat Bola (gram)				5000±25	4584±25	3330±20	2500±15	5000±25	5000±25	5000±25



