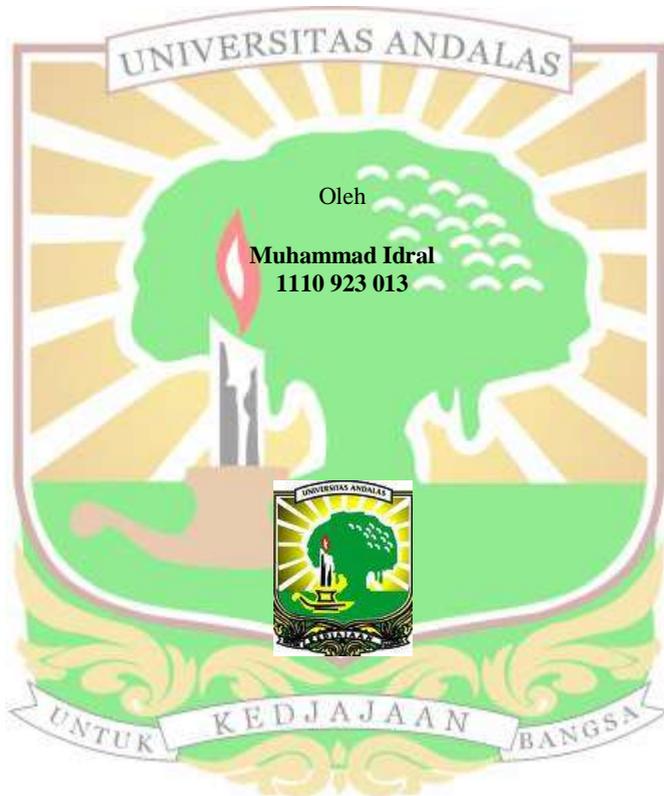


**KINERJA PERKERASAN ASPAL PORUS DENGAN
PENAMBAHAN KARET GONDORUKEM**

TUGAS AKHIR



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
P A D A N G
2016**

KINERJA PERKERASAN ASPAL PORUS DENGAN PENAMBAHAN KARET GONDORUKEM

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Strata-I Pada Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Andalas*



Oleh :

Muhammad Idral
1110 923 013

Pembimbing :

Elsa Eka Putri, Ph.D.
NIP. 197308031998022001



**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
P A D A N G
2016**

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya mahasiswa/dosen/magang kependidikan* Universitas Andalas yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama lengkap : MURNINGSIH, SSSA
No. BP/SIM/NIDN : 2101041501
Program Studi : TEKNIK TPA
Fakultas : TEKNIK
Jenis Tugas Akhir : TA D3/Skripsi/Tesis/Disertasi **

demikian pengembalian ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Andalas hak atas publikasi/online Tugas Akhir saya yang berjudul:

PERSEPSI TERHADAP PERAN DAN GAYA HIDUP ORANG SAMPUNG
DI KOTA PADANG, SUMBAR

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Universitas Andalas juga berhak untuk menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola, memuat, dan menyebarkan karya saya tersebut di atas selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Padang
Pada tanggal 1 April 2023
Yang menyatakan,

Murningsih, SSSA

* pilih sesuai kondisi

** termasuk laporan penelitian, laporan pengabdian masyarakat, laporan magang, dll

**KINERJA PERKERASAN ASPAL PORUS DENGAN
PENAMBAHAN KARET GONDORUKEM**



Oleh

Nama : Mulkamad Idris
BP : 1110 923 013

Disahkan Oleh :
Pembimbing Utama

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Eka Eka Putri'.

Eka Eka Putri, Ph.D
NIP. 197308031998022001

**JURUSAN TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**KINERJA PERKERASAN ASPAL PORUS DENGAN
PENAMBAHAN KARET GONDORUKEM**

Muhammad Idris
1110 923 013

Telah diuji dan dipertahankan dalam Ujian Sidang Tugas Akhir
Jurusan Teknik Sipil - Fakultas Teknik Universitas Andalas
Pada Tanggal 2 Maret 2016

TIM PENGUJI

1. **Elsa Eka Putri, Ph.D**

2. **Rina Yuliet, MT**

3. **Jati Sunaryati, Ph.D**



ABSTRAK

Untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan raya diperlukan peningkatan dari kualitas aspal salah satunya. Aspal yang berfungsi sebagai perekat agregat dalam campuran aspal beton sangat penting dipertahankan karakteristiknya. Untuk mempertahankan atau meningkatkan sifat aspal salah satunya bisa dengan memodifikasi aspal tersebut. Karet gondorukem adalah istilah yang digunakan sebagai sebutan umum produk pengolahan getah dari pohon pinus. Dimana penelitian sebelumnya hanya meneliti pengaruh yang terjadi pada aspal saja, kemudian peneliti ingin melanjutkan meneliti ke dalam bentuk perkerasan campuran aspal porus. Penelitian ini berfungsi untuk melihat pengaruh aspal modifikasi dengan menambahkan karet gondorukem dengan variasi persentase berbeda ke dalam aspal tersebut dalam campuran aspal porus, diharapkan penelitian ini dapat memberikan masukan atau pengetahuan tentang pengaruh penambahan karet gondorukem pada aspal kepada pengguna jasa yang bergerak di bidang konstruksi, khususnya Perkerasan Jalan. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan karet gondorukem dalam aspal sebagai bahan pengikat dapat mempertahankan nilai karakteristik Marshall di atas spesifikasi, dan menaikkan nilai stabilitas serta mempertahankan nilai kelelahan agar tidak terlalu tinggi. Dari variasi persentase dipilih penambahan karet gondorukem 7% yang layak untuk di rekomendasikan karena nilai stabilitasnya paling maksimum yaitu sebesar 902,309 kg, dan nilai kelelahan di peroleh 4,55 mm dan nilai VIM (Void In Mixture) di peroleh 21,74 %. Sehingga apabila ini digunakan dalam perkerasan jalan akan menghasilkan kekuatan yang tinggi yang dapat memikul beban lalu lintas yang berat sehingga tidak terjadi deformasi seperti gelombang, alur.

Kata Kunci : Aspal porus, Karet Gondorukem, Aspal

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul ” Kinerja Perkerasan Aspal Porus Dengan Penambahan Karet Gondorukem”, sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Program Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas.

Dukungan berbagai pihak sangat membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang setulusnya kepada :

1. Kedua Orang Tua dan Keluarga atas segala do'a, dukungan dan motivasi selama penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu Elsa Eka Putri, Ph.D. selaku pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Semua staf pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memberikan pengetahuannya selama masa perkuliahan.
4. Para asisten laboratorium Transportasi dan Perkerasan Jalan Raya yang telah ikut membantu dan menyediakan tempat untuk melakukan penelitian ini.
5. Hafid Aziz, Randi Alga, Iqbal Abdulrauf, selaku rekan praktikum yang membantu menyelesaikan penelitian.
6. Firmana Siddik dan Evan Firma Diatama teman yang selalu tempat pembimbing melakukan penelitian dan tempat bertanya saat melakukan penelitian.

7. Rekan-rekan perpustakaan Jurusan Teknik Sipil Universitas Andalas, Dony Varlianto, Sony Voltra, Randi Alga, Akak Perpus, Yulia Febriani, Iqbal Abrulrauf yang memberikan semangat dalam penyelesaian Tugas Akhir.
8. Rekan-rekan angkatan 2011 yang tidak dapat dituliskan namanya satu persatu, yang telah banyak memberi bantuan dan dorongan semangat kepada penulis.
9. Laura Amelia Triani yang selalu mendukung, bertanya dan menyemangati proses penyelesaian Tugas Akhir saya, sehingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir sampai selesai.
10. Dan pihak-pihak lain yang telah turut membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Kritik dan saran yang membangun diharapkan menjadi koreksi atas kekurangan dan kesalahan yang mungkin terdapat dalam Tugas Akhir ini.

Semoga Tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan untuk perkembangan ilmu Teknik Sipil nantinya.

Padang, Maret 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Dan Manfaat Penelitian	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Konstruksi Perkerasan Jalan	5
2.2 Aspal	5
2.2.1 Aspal Porus	6
2.3 Gondorukem	8
2.4 Agregat	11
2.5 Persyaratan Campuran	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Gambaran Umum Penelitian	15
3.2 Persiapan Alat dan Bahan	15
3.3 Pengujian Bahan	17

3.3.1 Pengujian Aspal	17
3.3.2 Pengujian Agregat	17
3.3.3 Pembuatan Benda Uji	18
3.3.4 Prosedur Pelaksanaan	18
3.3.5 <i>Marshall Test</i>	20

BAB IV PROSEDUR DAN HASIL KERJA

4.1 Pendahuluan	21
4.2 Pemeriksaan Material	21
4.2.1 Pemeriksaan Agregat	21
A. Berat Jenis dan Penyerapan	21
B. Pemeriksaan Berat Volume	27
C. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	29
D. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	30
E. Pemeriksaan Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (<i>Aggregat Impact Value</i>)	32
F. Pemeriksaan Berat Jenis Semen	35
4.2.2 Pemeriksaan Aspal	37
A. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	37
B. Pemeriksaan Daktilitas	39
C. Berat Jenis Aspal	40
D. Penetrasi Aspal	42
E. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	44
4.3 Penentuan Proporsi Material Penyusun Campuran	46
4.3.1 Penentuan Kadar Agregat	46
4.3.2 Penentuan Kadar Aspal Teoritis	47
4.4 Pembuatan Benda Uji	50

4.5	Prosedur <i>Marshall Test</i>	52
-----	-------------------------------	----

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1	Pemeriksaan Material	53
5.1.1	Pemeriksaan Agregat	53
1.	Berat Jenis	53
2.	Pemeriksaan Berat Volume	54
3.	Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	54
4.	Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin <i>Los Angeles</i>	55
5.	Pemeriksaan Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (<i>Aggregat Impact Value</i>)	55
5.1.2	Pemeriksaan Aspal	55
1.	Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	55
2.	Pemeriksaan Daktilitas	56
3.	Berat Jenis Aspal	56
4.	Penetrasi Aspal	57
5.	Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	57
5.2	Analisis Hubungan Parameter <i>Marshall</i> dan Penggunaan Aspal Modifikasi Pada Kombinasi Campuran	57
1.	Stabilitas	57
2.	Kelelahan	59
3.	VIM (<i>Void In Mixture</i>)	60
4.	VMA (<i>Void in the Mineral Agregat</i>)	61
5.	VFA (<i>Void Filled By Asphalt</i>)	63
6.	<i>Marshall Quotient</i> (MQ)	64
5.3	Kadar Aspal Optimum	65
1.	Kadar Aspal Optimum Dengan 0% <i>Karet Gondorukem</i>	66
2.	Kadar Aspal Optimum Dengan 3% <i>Karet Gondorukem</i>	66

3. Kadar Aspal Optimum Dengan 5% *Karet Gondorukem* 67
4. Kadar Aspal Optimum Dengan 7% *Karet Gondorukem* 68
5. Kadar Aspal Optimum Dengan 10% *Karet Gondorukem* 69

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

- 6.1 Kesimpulan 72
- 6.2 Saran 73

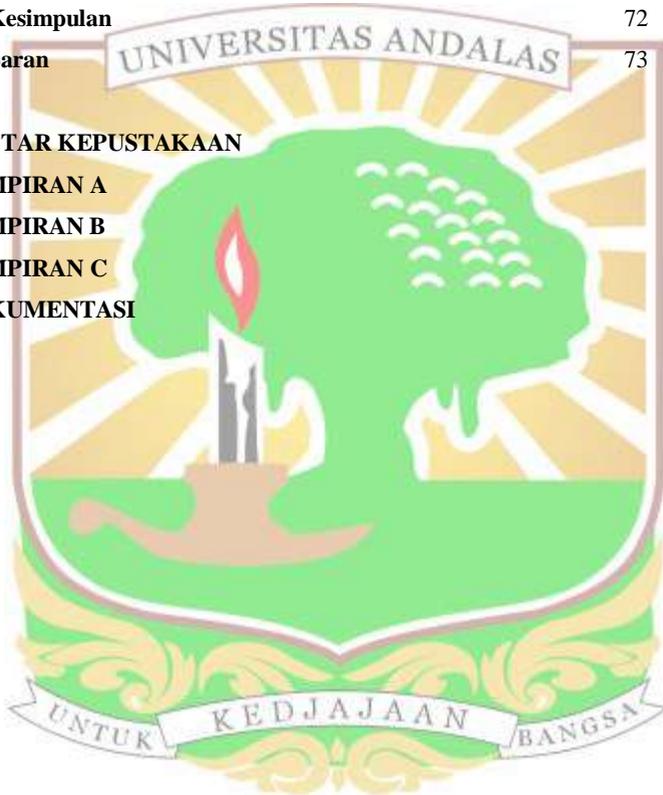
DAFTAR KEPUSTAKAAN

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

DOKUMENTASI



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bentuk permukaan aspal porus (b) dan bentuk permukaan aspal padat (a)	7
Gambar 2.2. Karet gondorukem yang telah dihaluskan (b) karet gondorukem gumpalan (a)	9
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 5.1. Kadar Aspal vs Stabilitas	58
Gambar 5.2. Kadar Aspal vs kelelahan	59
Gambar 5.3. Kadar Aspal vs % Rongga Dalam Campuran	61
Gambar 5.4. Kadar Aspal vs Rongga Terhadap Agregat	62
Gambar 5.5. Kadar Aspal vs Rongga Terisi Aspal	64
Gambar 5.6. Kadar Aspal vs MQ (<i>Marshall Quotient</i>)	65
Gambar 5.7. Kadar Aspal Optimum Aspal Modifikasi Dengan 0 % <i>Karet Gondorukem</i>	66
Gambar 5.8. Kadar Aspal Optimum Aspal Modifikasi Dengan 3 % <i>Karet Gondorukem</i>	67
Gambar 5.9. Kadar Aspal Optimum Aspal Modifikasi Dengan 5 % <i>Karet Gondorukem</i>	68
Gambar 5.10. Kadar Aspal Optimum Aspal Modifikasi Dengan 7 % <i>Karet Gondorukem</i>	69
Gambar 5.11. Kadar Aspal Optimum Aspal Modifikasi Dengan 10 % <i>Karet Gondorukem</i>	70



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kualitas mutu gondorukem	10
Tabel 3.1. Komposisi dan Jumlah Pembuatan Benda Uji	18
Tabel 4.1. Persiapan dan Hail Berat Jenis Agregat Kasar	24
Tabel 4.2. Persiapan dan Hasil Berat Jenis Agregat Halus	26
Tabel 4.3. Pemeriksaan Berat isi agregat kasar	29
Tabel 4.4. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan mesin <i>Los Angeles</i>	32
Tabel 4.5. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan terhadap Tumbukan	35
Tabel 4.6. Pemeriksaan Berat Jenis Semen	36
Tabel 4.7. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	38
Tabel 4.8. pemeriksaan Berat Jenis Aspal	42
Tabel 4.9. pemeriksaan Penetrasi	44
Tabel 4.10. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	46
Tabel 4.11. Pemeriksaan Luas Permukaan Gradasi Agregat Batas Tengah	47
Tabel 4.12. Komposisi dari Masing-Masing Campuran	49
Tabel 4.13. Variasi Perbandingan Aspal dan <i>Karet Gondorukem</i>	50
Tabel 5.1. Nilai Stabilitas Aspal Modifikasi Dengan <i>Karet Gondorukem</i>	58
Tabel 5.2. Nilai Kelelahan Aspal Modifikasi Dengan <i>Karet Gondorukem</i>	59
Tabel 5.3. Rongga di dalam campuran Aspal Modifikasi Dengan <i>Karet Gondorukem</i>	60
Tabel 5.4. Nilai Rongga terhadap agregat Aspal Modifikasi Dengan <i>Karet Gondorukem</i>	62
Tabel 5.5. Nilai Rongga Terisi Aspal Untuk Aspal Modifikasi Dengan <i>Karet Gondorukem</i>	63
Tabel 5.6. Nilai <i>Marshall Quotient</i> Aspal Modifikasi dengan <i>Karet Gondorukem</i>	64

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia untuk melakukan mobilisasi keseharian sehingga volume kendaraan yang melewati suatu ruas jalan mempengaruhi kapasitas dan kemampuan dukungnya. Kesediaan jalan sangat berguna bagi masyarakat untuk melakukan semua aktifitas atau pergerakan seperti pendidikan, kesehatan dan pekerjaan dan lain-lain. Sehingga volume lalu lintas akan semakin padat tanpa ada pelebaran jalan yang sebanding dengan banyaknya volume lalu lintas. Mengakibatkan meningkatnya beban yang harus diterima oleh struktur jalan yang akan memicu terjadi kerusakan pada struktur perkerasan jalan.

Perkerasan lentur terdiri dari lapisan pondasi bawah, lapisan pondasi atas, dan lapisan permukaan. Lapisan permukaan berupa campuran aspal dengan agregat kasar dan agregat halus, dimana proses penyatuannya dilakukan pada suhu panas tertentu dengan perbandingan aspal, agregat kasar, dan halus yang sudah ditentukan melalui *mix design*.

Untuk itu campuran membutuhkan perkuatan dengan bahan tambahan pada aspal sebagai modifikasi yang mempunyai beberapa tujuan seperti aspal pada temperatur rendah tidak rapuh/getas sehingga mengurangi potensi terjadinya retak (*cracking*), tidak tahan terhadap gangguan air sehingga perlu drainase untuk pengaliran secara cepat,

mencari sifat aspal baru, meningkatkan stabilitas dan kekuatan campuran beraspal.

Gondorukem adalah istilah yang digunakan sebagai sebutan umum untuk produk pengolahan getah dari pohon jenis pinus. Gondorukem merupakan bahan yang sangat cepat menyerap panas ataupun api. Dengan penggunaan karet gondorukem ini diharapkan akan menambah daya tahan lapis perkerasan aspal terhadap kerusakan yang disebabkan oleh air dan cuaca.

1.2 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh bahan tambahan yaitu karet gondorukem dengan melakukan beberapa uji variasi terhadap berat aspal agar dapat meningkatkan nilai karakteristik Marshall.

Sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah menemukan alternative suatu bahan tambahan aspal yang murah, mudah didapat, pengelolaan cukup sederhana, bahan yang ramah lingkungan sehingga diharapkan dapat memberikan hal positif terhadap pengembangan teknologi perkerasan jalan Indonesia.

1.3 Batasan Masalah

Adapun beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Ruang lingkup penelitian ini hanya terbatas pada skala laboratorium. Pengujian benda uji ini dilakukan di laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Universitas Andalas.
2. Spesifikasi campuran aspal porus.
3. Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai karakteristik Marshall hanya terbatas pada penggunaan karet gondorukem dengan

persentasi penambahan yaitu 0%, 3%, 5 %, 7% dan 10 % terhadap berat aspal

4. Sebagai bahan pengikat digunakan aspal dengan penetrasi 80/100.

1.4 Sistematika Penulisan

Sistematika penyusunan Laporan Penelitian ini secara garis besar dibagi dalam enam bagian sebagai berikut.

BAB I : PENDAHULUAN

Berisikan penjelasan secara umum latar belakang pemilihan materi penelitian, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tentang teori-teori yang dijadikan dasar dalam pembahasan dan penganalisaan masalah, serta beberapa definisi dari studi literatur yang berhubungan dalam penulisan ini dan penelitian yang akan dilakukan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan penguraian parameter dan metoda penelitian.

BAB IV : PROSEDUR DAN HASIL KERJA

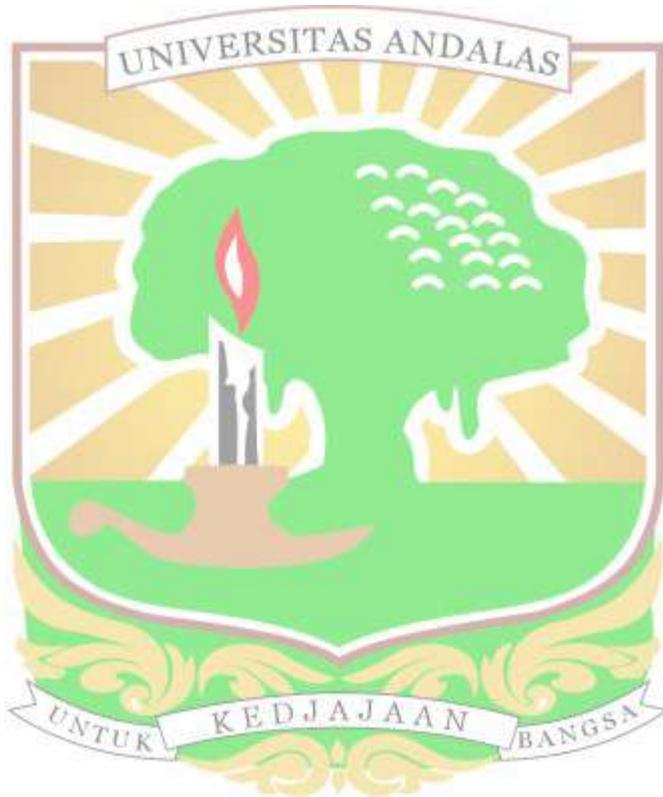
Berisikan tahap-tahap pengerjaan penelitian beserta hasil yang diperoleh berdasarkan tahap yang telah ditentukan di laboratorium.

BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Menampilkan hasil dari analisis data yang disajikan dalam bentuk gambar dan grafik.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini dikemukakan tentang kesimpulan hasil dan saran-saran dari penelitian berdasarkan analisa yang dilakukan pada bab.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Kontruksi Perkerasan Jalan

Kontruksi jalan Bangsa Romawi berdiri khas dengan empat lapisan. Lapisan pertama berupa hamparan pasir atau adukan semen, lapisan berikutnya berupa batu besar datar kemudian disusul lapisan kerikil dicampur dengan kapur, kemudian lapisan tipis permukaan lava yang mirip batu api. Ketebalan jalan sekitar 0,9-1,5 m. Rancangan jalan Romawi tersebut termasuk mutakhir sebelum muncul teknologi jalan modern di akhir abad XVII atau awal abad XIX. Sayangnya jalan itu rusak ketika Romawi mulai runtuh.

Untuk menunjang fungsinya sebagai konstruksi jalan, maka perkerasan jalan raya dibuat berlapis-lapis agar mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai. Lapis perkerasan itu terdiri dari lapis permukaan sebagai lapis paling atas yang terdiri dari lapis aus (*Wearing Course*) dan lapis antara (*Binder Course*). Lapis pondasi atas (*Base Course*) yang terletak diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar. Semua lapis perkerasan tersebut memiliki spesifikasi tersendiri untuk menunjang fungsinya masing-masing sebagai lapis perkerasan (Suprpto, 2004).

2.2 Aspal

Aspal adalah material *thermoplastis* yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah (Sukirman,1993). Aspal akan mengeras

dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat Termoplastis). Fungsi untuk perkerasan adalah sebagai bahan perikat dan bahan pengisi.

2.2.1 Aspal Porus

Aspal porus adalah aspal yang dicampur dengan agregat tertentu yang setelah dipadatkan mempunyai 20 % pori-pori udara. Aspal porus umumnya memiliki nilai stabilitas Marshall yang lebih rendah dari beton aspal yang menggunakan gradasi rapat, stabilitas Marshall akan meningkat bila gradasi terbuka yang digunakan lebih banyak fraksi halus (Cabrera & Hamzah, 1996). Aspal porus adalah jenis perkerasan jalan yang didesain untuk meningkatkan besar koefisien gesek pada permukaan perkerasan.

Aspal porus merupakan jenis perkerasan untuk lapis permukaan yang diletakkan diatas *base* atau *surface* yang *permeable* dan didominasi oleh agregat kasar, sehingga gradasinya adalah gradasi terbuka (*open graded*) dan berfungsi sebagai drainase dibawah permukaan jalan.

Campuran aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap ke dalam lapisan atas (*wearing course*) secara vertikal dan horizontal. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka (*open graded*) yang dihamparkan diatas lapisan aspal yang kedap air. Lapisan aspal porus ini secara efektif dapat memberikan tingkat keselamatan yang lebih, terutama di waktu hujan agar tidak terjadi aquaplaning sehingga menghasilkan kekesatan permukaan yang lebih kasar, dan dapat mengurangi kebisingan (*noise reduction*).



(a)

(b)

Gambar 2.1 (a) Bentuk permukaan aspal porous (b) Bentuk permukaan aspal padat

Keuntungan menggunakan aspal porous

1. Dapat mengurangi aquaplaning apabila permukaan aspal basah akibat tingginya kadar pori dalam aspal porous.
2. Permukaan aspal porous sangat kasar dan kesat, oleh karena didominasi oleh agregat kasar sehingga permukaannya memiliki *skid resistance* (tahanan geser) tinggi yang dapat mengurangi kecelakaan lalu lintas berupa slipnya ban kendaraan diatas permukaan jalan.
3. Terjadi untai pori yang membentuk saluran drainase, yang mampu meresap air pada arah vertikal dan mengalirkannya ke saluran samping jalan sehingga air tidak mempengaruhi lapisan *subbase*.
4. Dapat meredam kebisingan 3-4dB dimana kebisingan tersebut diredam oleh pori-pori yang ada dalam aspal porous.

Kerugian menggunakan aspal porous

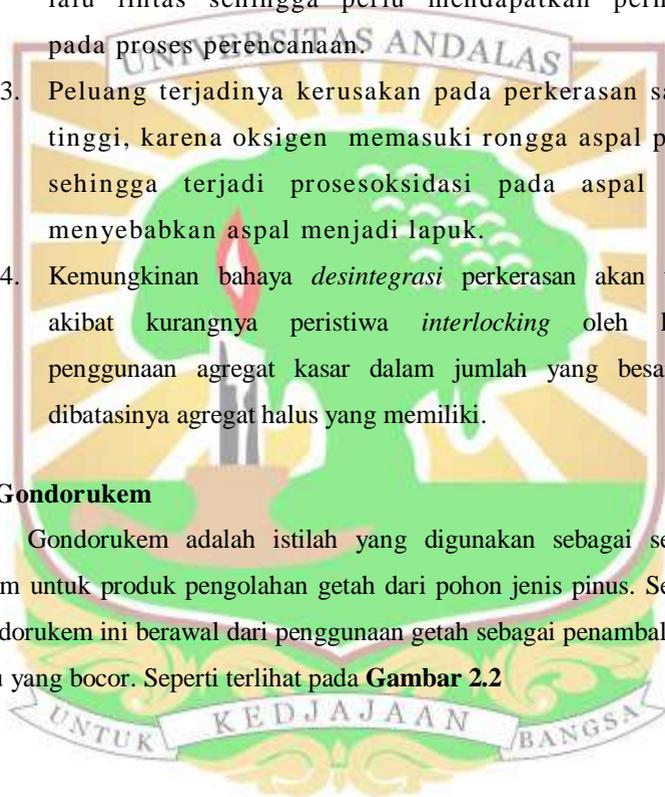
1. Tingginya kadar rongga di dalam aspal porous menyebabkan stabilitas aspal porous sehingga perlu

mempertimbangkan penggunaan lebih cermat pada lalu lintas tinggi.

2. Dengan besarnya rongga yang ada dalam perkerasan menyebabkan resiko terhadap bahaya pumping oleh lalu lintas sehingga perlu mendapatkan perhatian pada proses perencanaan.
3. Peluang terjadinya kerusakan pada perkerasan sangat tinggi, karena oksigen memasuki rongga aspal porus, sehingga terjadi proses oksidasi pada aspal yang menyebabkan aspal menjadi lapuk.
4. Kemungkinan bahaya *desintegrasi* perkerasan akan terjadi akibat kurangnya peristiwa *interlocking* oleh karena penggunaan agregat kasar dalam jumlah yang besar dan dibatasinya agregat halus yang memiliki.

2.3 Gondorukem

Gondorukem adalah istilah yang digunakan sebagai sebutan umum untuk produk pengolahan getah dari pohon jenis pinus. Sebutan Gondorukem ini berawal dari penggunaan getah sebagai penambal kapal kayu yang bocor. Seperti terlihat pada **Gambar 2.2**





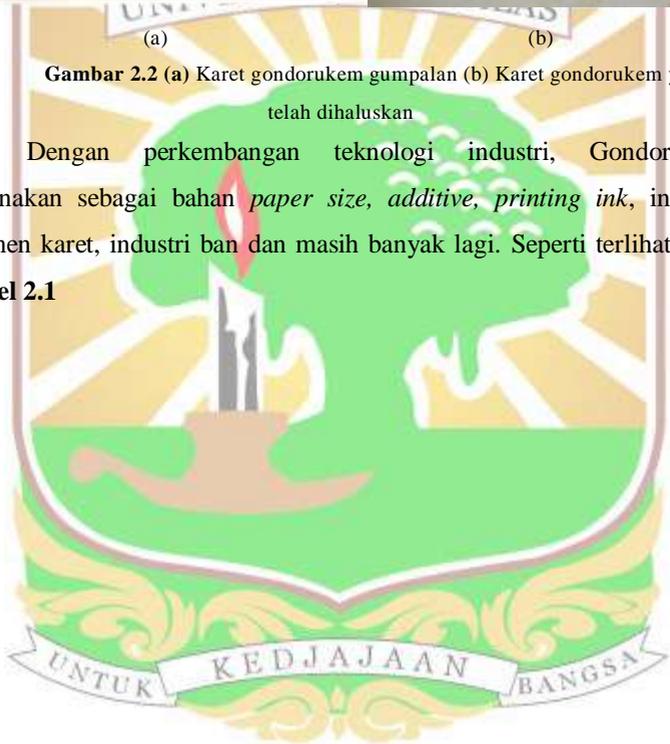
(a)

(b)

Gambar 2.2 (a) Karet gondorukem gumpalan (b) Karet gondorukem yang telah dihaluskan

Dengan perkembangan teknologi industri, Gondorukem digunakan sebagai bahan *paper size*, *additive*, *printing ink*, industri permen karet, industri ban dan masih banyak lagi. Seperti terlihat pada

Tabel 2.1



Tabel 2.1 kualitas mutu gondorukem

Spesifikasi	Standard			
	X	WW	WG	N
1. Titik lunak metode ring & ball	$\geq 78^{\circ}\text{C}$	$\geq 78^{\circ}\text{C}$	$\geq 78^{\circ}\text{C}$	$\geq 74^{\circ}\text{C}$
2. Uji warna dengan Lovibond	sesuai contoh	sesuai contoh	sesuai contoh	sesuai contoh
3. Kadar kotoran	$\leq 0.02\%$	$\leq 0.05\%$	$\leq 0.07\%$	$\leq 0.10\%$
4. Bilangan Asam (Acid Value)	160 - 190			
5. Bilangan Penyambung (Saponification Value)	170 - 220			
6. Bilangan Iod (Iodine Value)	5 - 25			
7. Kadar Abu (Ash Content)	$\leq 0.01\%$	$\leq 0.04\%$	$\leq 0.05\%$	$\leq 0.08\%$
8. Kadar terpening Tersisa (Volatile Oil Content)	$\leq 2\%$	$\leq 2\%$	$\leq 2.5\%$	$\leq 3\%$
keterangan : X (Rex) : Warna yang paling jernih WW (Water White) : Warna yang beningnya seperti air WG (Window Glass) : Warna bening seperti kaca jendela N (Nancy) : warna kuning - kecoklatan coklatan				

Sumber : SNI 01-5009.12.2001

Gondorukem merupakan bahan padat dan mudah terbakar jika dicairkan. Bahan ini merupakan bahan yang sangat cepat menyerap panas atapun api.

Gondorukem dibedakan berdasarkan kualitas/mutu yang berdasarkan warna, titik lunak dan kadar kotoran sesuai spesifikasi SNI 01-5009.12.2001 tersebut pada **Tabel. 2.1.**

Gondorukem untuk penelitian ini berasal dari Pabrik Deveratif Gondorukem dan Terpentin, beralamat kampung pematang Jawa Tengah.

2.4. Agregat

Agregat/batuan adalah bahan keras yang apabila dipadatkan sehingga bersatu kuat akan membentuk struktur pokok bangunan jalan tanpa atau dengan penambahan bahan perekat. Agregat dalam kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan bawah. Berdasarkan besar partikel-partikel agregat, agregat dapat dibedakan atas :

1. Agregat kasar, yaitu batuan yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm) terdiri atas batu pecah atau kerikil pecah.
2. Agregat halus, yaitu batuan yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No. 200 (0.075 mm) terdiri dari hasil pemecahan batu atau pasir alam.
3. Agregat pengisi (*filler*), terdiri atas bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya (SK. SNI M-02-1994-03).
4. Gradasi agregat gabungan adalah gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat, harus memenuhi batas-batas dan harus berada diluar daerah larangan (*Restriction Zone*),

Sifat dan kualitas agregat menentukan kemampuan dalam memikul beban lalu lintas. Agregat dengan kualitas dan sifat yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung ,memikul beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan dibawahnya.

2.5 Persyaratan Campuran

Perencanaan campuran mencakup kegiatan pemilihan dan penentuan proporsi material untuk mencampai sifat-sifat akhir dari campuran beraspal yang diinginkan. Berikut beberapa sifat-sifatnya adalah sebagai berikut :

1. Stabilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun bleeding (Sukirman,1993).
2. Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume (Sukirman,1993).
3. Durabilitas adalah kemampuan menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan (Sukirman,1993). Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapisan aspal beton seperti :
 - a. Selimut aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi tinggi.
 - b. VIM yang kecil sehingga lapisan kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh/getas.
 - c. VMA besar, sehingga selimut aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar.

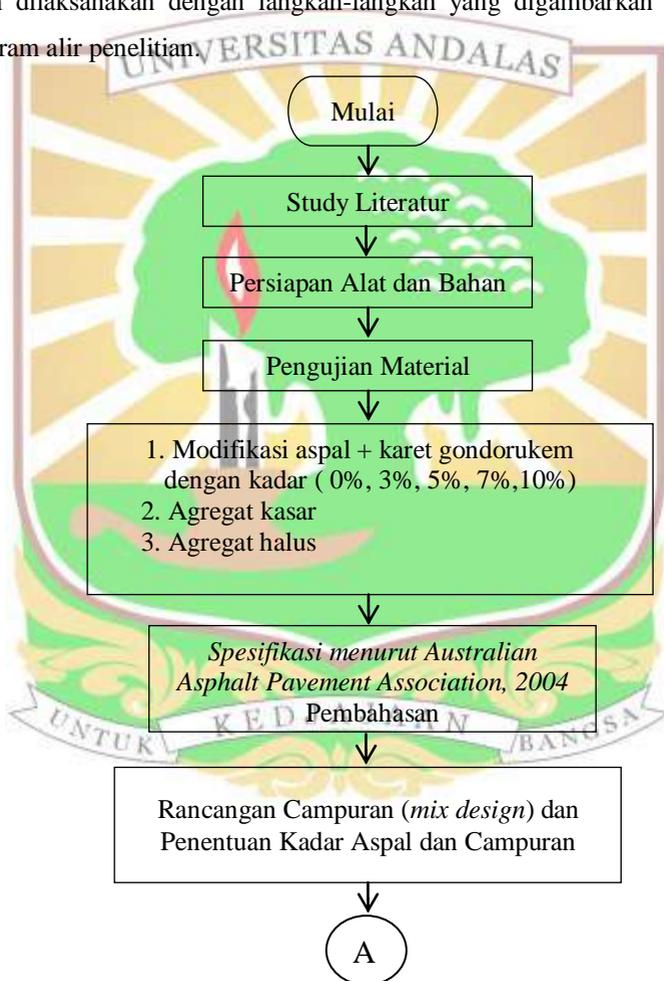
4. Ketahanan kelelahan (*Fatigue Resitance*) adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (ruting) dan retak (Sukirman,1993).
5. Kemudahan pelaksanaan (*Workability*) adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan (Sukirman,1993).

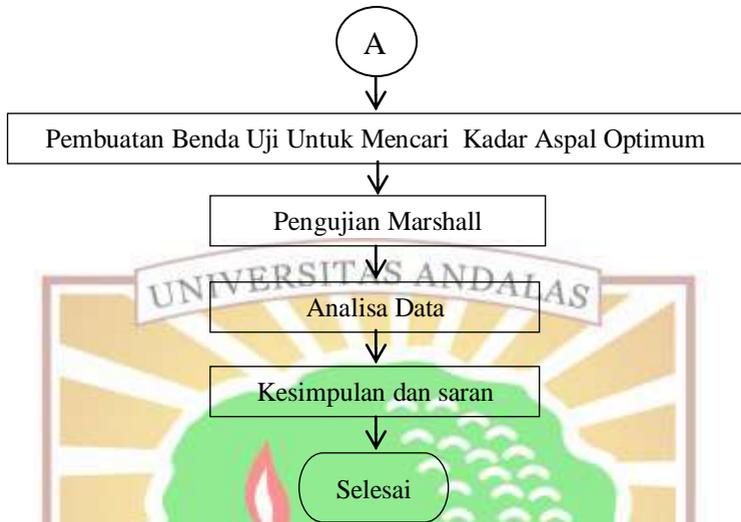


BAB III

METODA PENELITIAN

Secara umum pelaksanaan program kerja dalam penelitian ini akan dilaksanakan dengan langkah-langkah yang digambarkan dalam diagram alir penelitian





Gambar : 3.1 Digram Alir Penelitian

3.1 Gambaran Umum Penelitian

Penelitian yang akan diuji pada campuran ini menggunakan spesifikasi aspal porus dengan penetsai aspal 80/100. Dengan mengacu pada spesifikasi aspal porus, pada berat aspal dilakukan modifikasi dengan variasi 0%, 3%, 5%, 7%, dan 10% karet gondorukem dan sebagainya *filler* yaitu *semen Portland*. Sehingga dilakukan pengujian *Marshall Test* untuk mendapat nilai kadar aspal optimum.

3.2 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan adalah penyiapan/pegadaan bahan peralatan dan peralatan pelengkap untuk pengujian, adapun bahan dan peralatan tersebut :

1. Bahan material yang digunakan :

- a. Agregat kasar.
- b. Agregat halus.
- c. *Filler (semen Portland)*
- d. Karet gondorukem.
- e. Untuk bahan aspal menggunakan aspal penetrasi

80/100.

2. Peralatan yang diperlukan :

a. Alat uji pemeriksaan aspal

Alat yang digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain: alat uji penetrasi, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan), alat uji kelarutan digunakan bahan yan serupa yaitu CCl₄.

b. Alat uji pemeriksaan agregat

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), saringan standar, alat uji kepipihan, alat pengering (*oven*), timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas), bak perendam dan tabung *sand equivalent*.

c. Alat uji karakteristik campuran agregat aspal

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode Marshall.

3.3 Pengujian Bahan

Pengujian dimaksudkan untuk meneliti yang akan dipakai dapat memenuhi persyaratan, pengujian bahan meliputi aspal, agregat kasar, agregat halus dan agregat pengisi (bahan pengisi *filler*)

3.3.1 Pengujian Aspal

Aspal sangat menentukan dalam menyatukan dari semua komponen campuran. Dalam penelitian ini digunakan aspal penetrasi 80/100, adapun standar pengujiannya adalah :

1. Penetrasi SNI-06-2456-1991
2. Titik lembek SNI-06-2434-1991
3. Titik nyala SNI-06-2433-1991
4. Daktilitas SNI-06-2432-1991
5. Berat Jenis SNI-06-2441-1991

3.3.2 Pengujian Agregat

Pemeriksaan agregat kasar dan halus dilakukan untuk memenuhi standar agregat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pemeriksaan agregat ini meliputi:

1. Pemeriksaan Gradasi Agregat (SNI-03-1968-1990)
2. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI-03-1959-1990)
3. Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI-03-1970-1990)
4. Penentuan Berat Isi Agregat (SNI-03-4804-1998)
5. Pemeriksaan Keausan Agregat Kasar Dengan Mesin *Los Angeles*.

3.3.3 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini menggunakan benda uji sebanyak 75 buah benda uji menggunakan karet gondorukem seperti pada **Gambar 2.2**. Adapun kebutuhan benda uji tersebut dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 3.1 Komposisi dan Jumlah Pembuatan Benda Uji

No.	Kadar Aspal (%)	Jumlah Benda Uji Aspal Modifikasi Dengan Penambahan Karet Gondorukem				
		0%	3%	5%	7%	10%
1	(P-1)	3	3	3	3	3
2	(P-0.5)	3	3	3	3	3
3	P	3	3	3	3	3
4	(p+0.5)	3	3	3	3	3
5	(P+1)	3	3	3	3	3
Jumlah Sampel		75 buah benda uji				

3.3.4 Prosedur Pelaksanaan

Sebelum pembuatan benda uji diadakan pembuatan rancangan campuran (mix design). Perencanaan campuran meliputi perencanaan gradasi agregat, penentuan aspal dan pengukuran komposisi masing-masing fraksi baik agregat, aspal dan *filler*. Gradasi yang digunakan

sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan menggunakan Spesifikasi aspal porus yang dipakai.

Prosedur pembuatan benda uji dibagi beberapa tahap, yaitu :

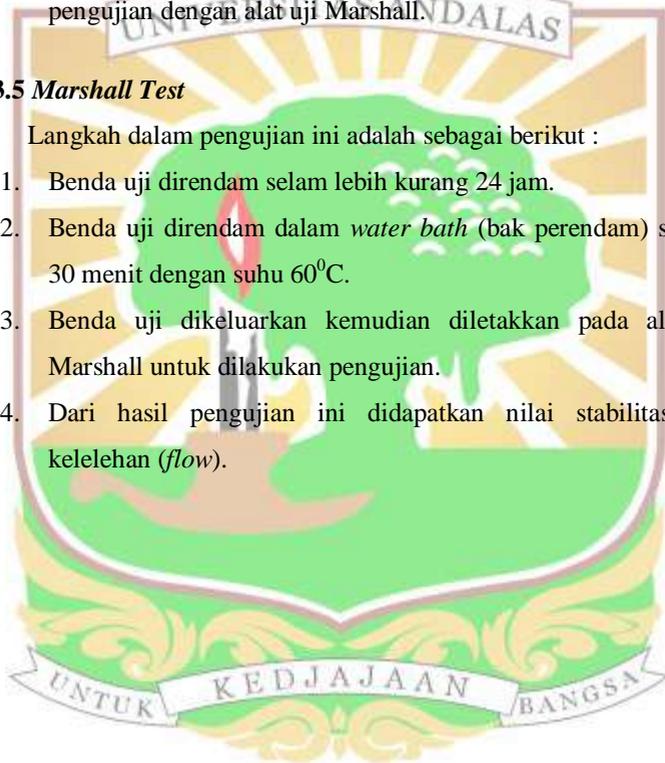
1. Merupakan tahap persiapan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan. Menentukan persentase masing-masing butiran untuk mempermudah pencampuran dan melakukan penimbangan secara kumulatif untuk mendapatkan proporsi campuran yang lebih tepat.
2. Menentukan berat aspal penetrasi 80/100, berat karet gondorukem dan berat agregat yang akan dicampur berdasarkan variasi kadar aspal. persentase ditentukan berdasarkan berat total campuran yaitu 1200 gram. penambahan persen karet gondorukem ditentukan pada berat aspal, misalkan berat aspal 100% maka jumlah berat aspal ditambahkan sesuai dengan variasi yang digunakan, jika penambahan 3% karet gondorukem, maka berat aspal menjadi 97%, begitu dengan 5%, 7% dan 10%.
3. Aspal penetrasi 80/100 dituangkan ke dalam wajan sesuai dengan kebutuhan, kemudian masukkan agregat berdasarkan berat total agregat
4. Setelah dimasukkan semuanya, campuran ini diaduk sampai rata dan kemudian diamkan hingga suhu pemadatan. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam *mould* yang telah disiapkan dengan melapisi bagian bawah dan atas *mould* dengan kertas pada alat penumbuk.

5. Campuran dipadatkan dengan alat pemadat sebanyak 75 kali tumbukan untuk masing-masing sisinya. Selanjutnya benda uji didinginkan pada suhu ruang sampai sampel dingin, barulah dikeluarkan dari *mould* dengan bantuan dongkrak hidrolik.
6. Setelah benda uji dikeluarkan dari *mould*, kemudian dilakukan pengujian dengan alat uji Marshall.

3.3.5 Marshall Test

Langkah dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Benda uji direndam selam lebih kurang 24 jam.
2. Benda uji direndam dalam *water bath* (bak perendam) selama 30 menit dengan suhu 60⁰C.
3. Benda uji dikeluarkan kemudian diletakkan pada alat uji Marshall untuk dilakukan pengujian.
4. Dari hasil pengujian ini didapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*).



BAB IV

PROSEDUR DAN HASIL KERJA

4.1 Pendahuluan

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kelayakan material sebagai penyusun campuran, dan pemeriksaan material yang memenuhi spesifikasi. Selain itu, beberapa pemeriksaan berpengaruh pada penentuan proporsi campuran, seperti berat jenis agregat dan aspal. Prosedur pemeriksaan material pada penelitian ini berpedoman pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6.

4.2 Pemeriksaan Material

4.2.1 Pemeriksaan Agregat

A. Berat Jenis dan Pemeriksaan Penyerapan (SNI 03-1969-1990)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat, berat semu, berat kering permukaan jenuh dan penyerapan agregat. Pemeriksaan berat jenis agregat ada 3 macam yaitu :

a) Berat jenis (*bulk spesific gravity*)

Berat jenis merupakan perbandingan antara berat kering agregat dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

b) Berat jenis semu (*apparent spesific gravity*)

Berat jenis semu merupakan perbandingan antara berat kering agregat dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

c) Berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry*).

Berat jenis permukaan jenuh merupakan perbandingan antara berat kering permukaan jenuh agregat dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu.

d) Penyerapan agregat

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap oleh pori terhadap berat agregat kering.

Dari hasil penelitian mengenai berat jenis agregat ini kita dapat mengetahui layak atau tidaknya agregat yang dijadikan untuk penelitian. Agregat memiliki berat jenis yang kecil, maka penyerapan akan besar, sehingga agregat akan menyerap aspal. Nilai berat jenis agregat digunakan untuk menentukan berat jenis maksimum dari campuran untuk menentukan kadar aspal optimum.

Adapun prosedur untuk dari percobaan berat jenis agregat kasar adalah sebagai berikut :

1. Ambil benda uji yaitu agregat tertahan No.8, timbang kira-kira sebanyak 5 kg.
2. Cuci benda uji hingga tidak ada debu atau bahan-bahan lain yang menempel pada permukaan agregat.
3. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
4. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama ± 3 jam, kemudian timbang, hasil ini disebut berat kering (**BK**).
5. Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama ± 24 jam.

6. Keluarkan benda uji dalam air, keringkan dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD). Untuk butiran yang besar pengeringan harus satu persatu.
7. Timbang benda uji kering permukaan jenuh (**B_j**).
8. Letakkan benda uji di dalam keranjang, lalu masukkan kedalam air dan guncang batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap, kemudian tentukan beratnya di dalam air (**B_a**).

Dimana :

- Berat jenis = $B_k / (B_j - B_a)$
- Berat jenis kering permukaan jenuh = $B_j / (B_j - B_a)$
- Berat jenis semu = $B_k / (B_k - B_a)$
- Penyerapan = $(B_j - B_k) / B_k \times 100\%$

Pada penelitian ini pemeriksaan berat jenis dilakukan terhadap agregat kasar dan agregat halus. Persiapan benda uji berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.



Tabel 4.1 Persiapan Benda Uji Berat Jenis Agregat Kasar

Jenis Pemeriksaan	Percobaan
Berat benda uji kering oven (BK)	5000 gram
Berat benda uji kering permukaan jenuh (BJ)	5053,4 gram
Berat benda uji dalam air (BA)	3151,7 gram
Berat jenis (<i>bulk</i>) = $\frac{BK}{BJ - BA}$	2,63
BJ kering permukaan jenuh = $\frac{BJ}{BJ - BA}$	2,67
BJ semu (<i>apparent</i>) = $\frac{BK}{BK - BA}$	2,705
Penyerapan (<i>absorption</i>) = $\frac{BJ - BK}{BK} \times 100\%$	1,068 %

Adapun prosedur percobaan untuk berat jenis agregat halus adalah sebagai berikut :

1. Keringkan benda uji yaitu agregat yang lolos saringan No.8 sebanyak 1000 gr kedalam oven pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap. Berat tetap adalah keadaan berat benda uji selama 3 kali proses penimbangan dan pemanasan dalam oven dalam waktu 2 jam berturut-turut, tidak akan mengalami perubahan kadar air lebih besar dari pada 0,1 %. Dinginkan pada suhu ruang, kemudian rendam dalam air selama 24 ± 4 jam.

2. Buang air perendam dengan hati-hati, jangan ada butiran yang hilang, terbakar agregat diatas talam, keringkan di udara panas dengan cara membalik-balikkan benda uji. Lakukan pengeringan sampai tercapai keadaan kering permukaan jenuh.
3. Periksa keadaan kering permukaan jenuh dengan mengisi benda uji kedalam kerucut terpancung, padatkan dengan batang penumbukan sebanyak 25 kali, angkat kerucut terpancung. Keadaan kering permukaan jenuh dalam keadaan tercetak.
4. Segera setelah tercapai keadaan kering permukaan jenuh masukkan 500 gr benda uji kedalam piknometer. Masukkan air suling sampai mencapai 90% isi piknometer, putar sambil diguncang sampai tidak terlihat gelembung udara didalamnya. Untuk mempercepat proses ini dapat digunakan pompa hampa udara, tetapi harus diperhatikan jangan sampai ada air yang terhisap, dapat juga dilakukan dengan merebus piknometer.
5. Rendam piknometer dalam air dan ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan kepada suhu standar 25⁰C.
6. Tambahkan air sampai mencapai tanda batas.
7. Timbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (**Bt**).
8. Keluarkan benda uji, keringkan dalam oven dengan suhu 110 ± 5⁰C sampai berat tetap, kemudian dinginkan benda uji dalam desikator.
9. Setelah benda uji dingin kemudian timbanglah (**Bk**).
10. Tentukan berat piknometer berisi air penuh (**B**).

Dimana :

- Berat benda uji keadaan kering permukaan jenuh = 500 gram.
- Berat jenis = $Bk / (B+500-bt)$.
- Berat jenis kering permukaan jenuh = $500 / (B+500-Bt)$.
- Berat jenis semu = $Bk / (B+Bk-Bt)$.
- Penyerapan = $(500-Bk) / Bk \times 100\%$

Persiapan benda uji berat jenis agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 4.2**.

Tabel 4.2. Persiapan dan Hasil Berat Jenis Agregat Halus

Jenis Pemeriksaan	Percobaan
Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)	500 gram
Berat benda uji kering oven (BK)	437 gram
Berat piknometer dan air pada suhu 25 ⁰ C (B)	507 gram
Berat piknometer + benda uji (SSD) + air (BT)	816 gram
Berat jenis (<i>Bulk</i>) $= \frac{BK}{B + 500 - BT}$	2,28
Berat kering permukaan jenuh $= \frac{500}{B + 500 - BT}$	2,62
BJ semu (<i>apparent</i>) $= \frac{BK}{B + BK - BT}$	3,41
Penyerapan (<i>absorption</i>) $= \frac{500 - BK}{BK} \times 100\%$	14,42

Dari percobaan diperoleh nilai berat jenis agregat kasar 2,63 dengan penyerapan 1,068 %. Sedangkan untuk agregat halus didapatkan nilai berat jenis sebesar 2,28 dengan penyerapan 14,42%.

B. Pemeriksaan Berat Volume (PB-0204-76/ SNI 03-1970-1990)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat kasar. Berat isi adalah perbandingan berat agregat terhadap isi. Adapun prosedur kerja dari pemeriksaan berat volume adalah sebagai berikut :

a. Berat isi lepas

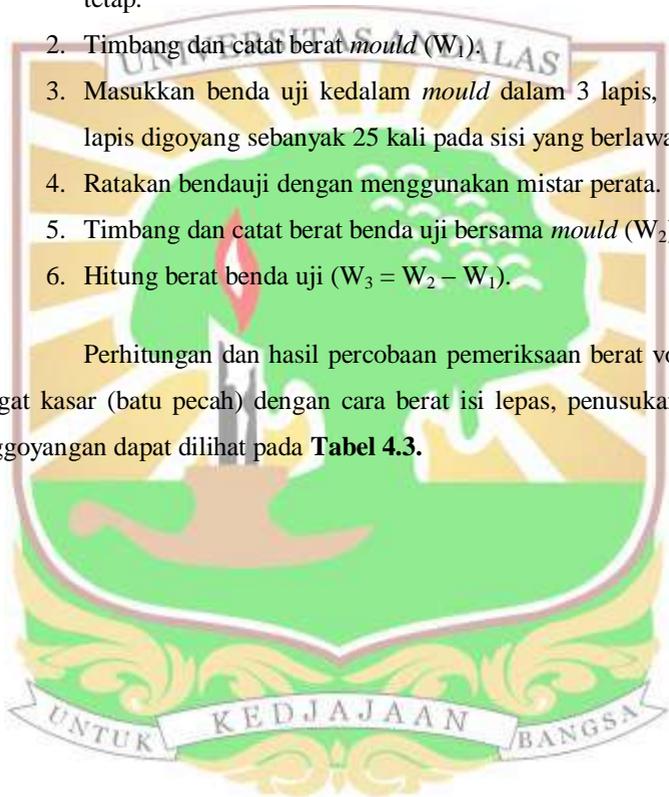
1. Ambil agregat sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah yang telah dikeringkan didalam oven sampai berat tetap.
2. Timbang dan catat berat *mould* (W_1).
3. Masukkan benda uji dengan hati-hati agar tidak terjadi pemisahan butiran dari ketinggian maksimum 5 cm di atas wadah.
4. Ratakan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
5. Timbang dan catat berat benda uji bersama *mould* (W_2).
6. Hitung berat benda uji ($W_3=W_2-W_1$).

b. Dengan cara penusukan

1. Ambil agregat sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah yang telah dikeringkan didalam oven sampai berat tetap.
2. Timbang dan catat berat *mould* (W_1).
3. Masukkan benda uji kedalam mould dalam tiga lapis dan setiap lapis ditusuk dengan tongkat penusuk sebanyak 25 kali. Pada pemadatan, tongkat harus masuk sampai lapisan bawah tiap lapis.
4. Ratakan permukaan benda uji dengan mistar perata.
5. Timbang dan catat berat mould dan benda uji (W_2).

6. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- c. Dengan cara penggoyangan
1. Ambil agregat sekurang-kurangnya sebanyak kapasitas wadah yang telah dikeringkan didalam oven sampai berat tetap.
 2. Timbang dan catat berat *mould* (W_1).
 3. Masukkan benda uji kedalam *mould* dalam 3 lapis, setiap lapis digoyang sebanyak 25 kali pada sisi yang berlawanan.
 4. Ratakan benda uji dengan menggunakan mistar perata.
 5. Timbang dan catat berat benda uji bersama *mould* (W_2).
 6. Hitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).

Perhitungan dan hasil percobaan pemeriksaan berat volume agregat kasar (batu pecah) dengan cara berat isi lepas, penusukan dan penggoyangan dapat dilihat pada **Tabel 4.3**.



Tabel 4.3. Pemeriksaan Berat isi agregat kasar

Kriteria	Berat isi lepas	Penusukan	Penggoyangan	Satuan
Berat wadah (W_1)	3,776	3,776	3,776	Kg
Berat wadah + berat benda uji (W_2)	7,797	8,154	8,22	Kg
Berat benda uji (W_3)	4,021	4,378	4,444	Kg
Volume wadah (V)	2,826	2,826	2,826	dm^3
Berat isi = W_3 / V	1,423	1,549	1,573	Kg/dm^3

Dari pengujian berat isi agregat kasar dapat diperoleh hasil untuk pemeriksaan dengan cara berat isi lepas $1,423 \text{ kg/dm}^3$, dengan cara penusukan adalah $1,549 \text{ kg/dm}^3$, dan cara penggoyangan adalah $1,573 \text{ kg/dm}^3$.

C. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal (PB-0205-76 / SNI 03-2439-1991)

Pemeriksaan ini bermaksud untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan. Adapun prosedur dari percobaan ini adalah :

1. Benda uji adalah agregat yang terlewat saringan $9,5 \text{ mm}$ ($3/8''$) dan tertahan pada saringan $6,3 \text{ mm}$ ($4''$) sebanyak kira-kira 100 gram.
2. Cucilah dengan air suling, keringkan pada suhu 135°C sampai 149°C hingga berat tetap. Simpan didalam tempat yang tertutup rapat dan siap untuk diperiksa.

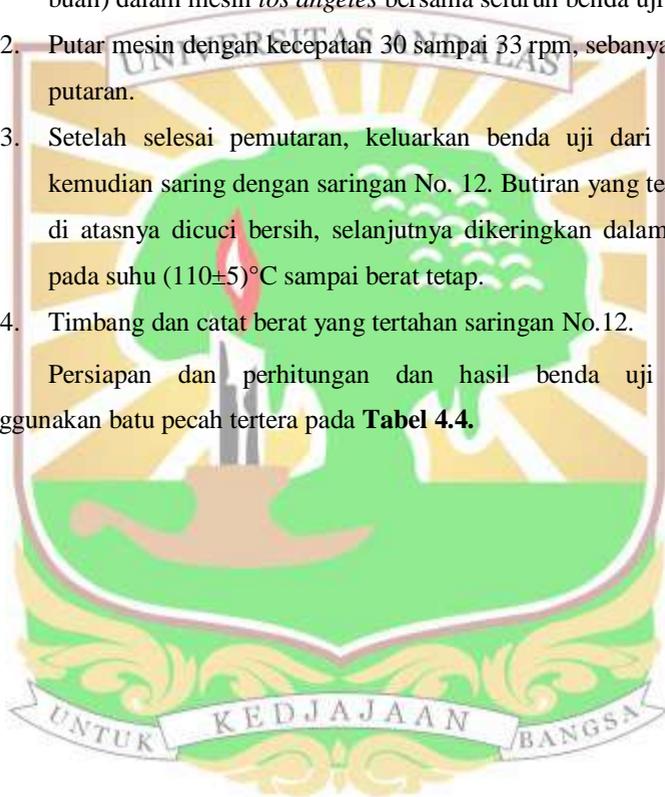
3. Ambil 100 gram benda uji, masukkan kedalam wadah, jika digunakan aspal panas, panaskan wadah berisi benda uji selama 1 jam dalam oven pada suhu tetap antara 135°C sampai 149°C , sementara itu panaskan aspal secara terpisah pada suhu yang sama.
4. Masukkan aspal yang sudah panas $5,5 \pm 0,2$ gram pada benda uji yang sudah panas pula. Aduk sampai merata dengan spatula sampai mencapai suhu ruang.
5. Pindahkan benda uji yang sudah terselaput aspal ke dalam tabung gelas kimia 600 ml. Segera tambahkan air suling sebanyak 400 ml dan biarkan pada suhu ruang selama 16-18 jam.
6. Periksa luas permukaan benda uji yang masih terselaput aspal.

Dari hasil pengamatan diperoleh nilai kelekatan agregat (batu pecah) terhadap aspal 97%. Dan kelekatan agregat terhadap aspal modifikasi dengan karet gondorukem sebesar 95%.

D. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin *los Angeles* (SNI 2417 : 2008)

Pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *los angeles* ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat terhadap gesekan setelah 500 putaran. Keausan adalah perbandingan antara berat agregat yang lolos saringan No.12 dengan berat semula agregat. Nilai keausan agregat dengan mesin *los angeles* ini dinyatakan dalam persen. Adapun prosedur pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Benda uji yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan 3/4” dan tertahan 1/2” sebanyak 2500 gram. Ditambah dengan agregat yang lolos saringan 1/2” dan tertahan saringan 3/8” sebanyak 2500 gram. Setelah itu masukkan bola-bola baja (11 buah) dalam mesin *los angeles* bersama seluruh benda uji.
 2. Putar mesin dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm, sebanyak 500 putaran.
 3. Setelah selesai pemutaran, keluarkan benda uji dari mesin kemudian saring dengan saringan No. 12. Butiran yang tertahan di atasnya dicuci bersih, selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai berat tetap.
 4. Timbang dan catat berat yang tertahan saringan No.12.
- Persiapan dan perhitungan dan hasil benda uji yang menggunakan batu pecah tertera pada **Tabel 4.4**.



Tabel 4.4. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan mesin *Los Angeles*

Pemeriksaan		Percobaan 1
Saringan		Batu pecah
Lewat	Tertahan	Berat (gr)
37,5 mm (1,5")	28 mm (1")	
28 mm (1")	20 mm (3/4")	
20 mm (3/4")	12,7 mm (1/2")	2500
12,7 mm (1/2")	10 mm (3/8")	2500
10 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	
6,3 mm (1/4")	5 mm (no.4)	
5 mm (no.4)	3,35 mm (no.6)	
3,35 mm (no.6)	2,36 mm (no.8)	
Jumlah berat (a)		5000
Berat tertahan no.12 (sesudah percobaan) (b)		3886,7
$\text{Keausan I} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$		22,31 %

Dari pengujian keausan agregat dengan Mesin *Los Angeles* diperoleh hasil sebesar 22,31 %.

E. Pemeriksaan Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (*Aggregat Impact Value*). (SNI 03-4426-1997)

Pemeriksaan kekuatan agregat terhadap tumbukan ini bertujuan untuk menentukan kekuatan agregat terhadap tumbukan (*Aggregat Impact Value*). Nilai *Aggregat Impact Value* (AIV) adalah pesentase

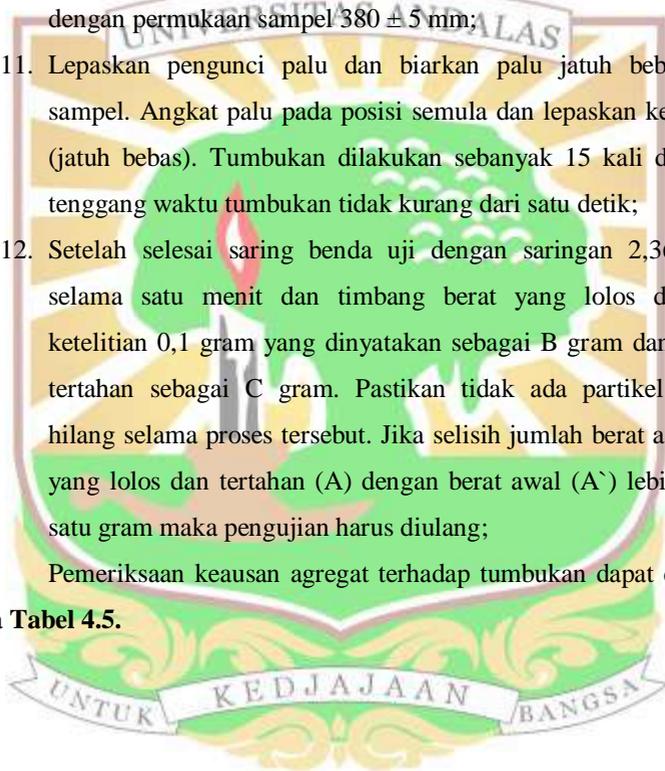
perbandingan antara agregat yang hancur dengan jumlah sampel yang ada.

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan kekuatan agregat terhadap tumbukan adalah sebagai berikut :

1. Benda uji yang digunakan adalah agregat yang lolos saringan 14,0 mm dan yang tertahan saringan 10,0 mm. Saring antara 500 gram sampai 1000 gram agregat pada urutan saringan 14,0 mm dan 10,0 mm selama 10 menit. Sampel yang diambil adalah agregat yang lolos saringan 14,00 mm dan tertahan 10,0 mm.
2. Cuci sampel dengan air yang mengalir dan jeringkan dalam oven (110 ± 5) °C selama 4 jam (kondisi kering oven).
3. Setelah suhu turun atau sama dengan suhu ruangan (25°C) sampel siap untuk digunakan.
4. Timbang cup (*Cylindrical Steel Cup*) dengan ketelitian 0,1 gram (W_1).
5. Isilah cup dengan sampel tiga lapis yang sama tebal. Setiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan besi penusuk secara merata diseluruh permukaan. Tiap lapisan tongkat dijatuhkan secara bebas dengan ketinggian lebih dari 5 cm dari permukaan lapisan. Pada lapisan terakhir isi cup dengan agregat agak menyembul dan padatkan.
6. Ratakan permukaan sampel dengan besi penusuk dan timbang (W_2).
7. Hitung berat awal sampel ($A' = W_2 - W_1$).

8. Letakkan mesin Impact Agregat pada lantai dasar yang keras seperti lantai beton.
9. Letakkan cup berisi sampel pada tempatnya dan pastikan letak cup sudah baik dan tidak akan bergeser akibat tumbukan palu.
10. Atur ketinggian palu agar jarak antara bidang kontak palu dengan permukaan sampel 380 ± 5 mm;
11. Lepaskan pengunci palu dan biarkan palu jatuh bebas ke sampel. Angkat palu pada posisi semula dan lepaskan kembali (jatuh bebas). Tumbukan dilakukan sebanyak 15 kali dengan tenggang waktu tumbukan tidak kurang dari satu detik;
12. Setelah selesai saring benda uji dengan saringan 2,36 mm selama satu menit dan timbang berat yang lolos dengan ketelitian 0,1 gram yang dinyatakan sebagai B gram dan yang tertahan sebagai C gram. Pastikan tidak ada partikel yang hilang selama proses tersebut. Jika selisih jumlah berat agregat yang lolos dan tertahan (A) dengan berat awal (A') lebih dari satu gram maka pengujian harus diulang;

Pemeriksaan keausan agregat terhadap tumbukan dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.



Tabel 4.5. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan terhadap Tumbukan

Criteria	Satuan	Pemeriksaan
Berat wadah / cup (W_1)	Kg	-
Berat wadah + benda uji (setelah dipadatkan dengan penusukan) (W_2)	kg	-
Berat awal benda uji (A) = ($W_2 - W_1$)	kg	0,5
<u>Setelah ditumbukan dan disaring 1 menit</u>		
Berat sampel lewat saringan 2,36 mm (B)	Kg	0,0423
Berat sampel tertahan saringan 2,36 mm (C)	kg	0,4569
Total ($A = B + C$)	kg	0,4992
Selisih total dengan berat awal sampel		
<i>Aggregate Impact Value = ((B/A) x 100%)</i>	%	8,474

Nilai kekuatan agregat terhadap tumbukan (*Aggregate Impact Value*) yang diperoleh dari pemeriksaan adalah 8,474 %.

F. Pemeriksaan Berat Jenis Semen (SNI 15-2531 : 1991)

Nilai berat jenis agregat ini digunakan untuk menentukan berat jenis maksimum dari campuran untuk menentukan kadar aspal optimumnya. Besarnya berat jenis semen sebagai *filler* penting dalam perencanaan campuran.

Prosedur pelaksanaan pemeriksaan berat jenis semen adalah sebagai berikut :

1. Isi botol *Le Chatelier* dengan kerosin sampai antara skala 0 dan 1 , kemudian bagian dalam botol di atas permukaan cairan di keringkan.

2. Masukkan botol ke dalam bak air dengan suhu kurang lebih 20°C untuk menyamakan suhu cairan dalam botol dengan suhu yang di tetapkan pada botol setelah suhu cairan.
3. Baca skala pada botol (V_1).
4. Masukkan semen *portland* sebanyak 64 gram sedikit demi sedikit ke dalam botol ,hindarkan penempelan semen pada dinding botol.
5. Putar botol dalam posisi miring secara perlahan sampai gelembung udara tidak timbul di permukaan dan baca skala pada botol.

Pemeriksaan berat jenis dapat dilihat pada **Tabel 4.6.**

Tabel 4.6. Pemeriksaan Berat Jenis Semen

Jenis pemeriksaan	Hasil percobaan
Berat semen	64 gram
Berat kerosin (V_1)	0,4 ml
Volume kerosin + semen (V_2)	21 ml
Berat isi pada suhu 4 ⁰ C (d)	1 gt/ml
Berat jenis (<i>Bluk specific Gravity</i>)	Semen = 3,11 gr/cm ³
Berat semen $(V_2^2 - V_1) \times d$	

Dari percobaan diperoleh niali berat jenis Portland cement adalahh 3,11 gr/cm³.

4.2.2 Pemeriksaan Aspal

Tujuan dari pemeriksaan aspal ini adalah untuk menentukan apakah aspal tersebut layak atau tidak digunakan untuk bahan pengikat pada campuran perkerasan dan pemeriksaan berat jenis untuk menentukan proporsi campuran.

A. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar (PA.0303-76 / SNI 06-2433-1991)

Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar bertujuan untuk menentukan suhu dimana aspal terlihat menyala singkat dipermukaan aspal (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar). Alat yang digunakan pada pemeriksaan ini yaitu *Cleveland Open Cup* yang dipasaskan dengan api. Dengan menggunakan termometer bisa dilihat suhu yang sudah dicapai oleh aspal, sehingga kita dapat menentukan titik nyala dan titik bakar dari aspal. Prosedur dari percobaan ini adalah sebagai berikut :

1. Panaskan aspal antara 148,9°C dan 179°C, sampai cukup cair.
2. Isilah cawan *Cleveland* sampai garis dan hilangkan (pecahkan) gelembung udara yang ada pada permukaan cairan aspal;
3. Letakkan cawan di atas pelat pemanas dan aturlah sumber pemanas sehingga terletak di tengah cawan.
4. Letakkan nyala penguji dengan poros pada jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
5. Tempatkan Thermometer tegak lurus di dalam benda uji dengan jarak 6,4 mm di atas dasar cawan, dan terletak pada satu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik

- poros nyala penguji. Kemudian aturlah sehingga poros Thermometer terletak pada jarak $\frac{1}{4}$ diameter cawan dari tepi.
6. Tempatkan penahan angin di depan nyala penguji.
 7. Nyalakan sumber pemanas dan aturlah pemanasan sehingga kenaikan suhu menjadi $(15 \pm 1)^\circ\text{C}$ per menit sampai benda uji mencapai suhu 56°C di bawah titik nyala perkiraan.
 8. Kemudian aturlah kecepatan pemanasan 5°C dan 28°C di bawah titik nyala perkiraan.
 9. Nyalakan penguji dan aturlah agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 sampai 4,8 mm.
 10. Lakukan pekerjaan 7 dan 9 sampai terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada Thermometer dan catat.
 11. Lanjutkan pekerjaan 10 sampai terlihat nyala yang agak lama sekurang-kurangnya 5 detik di atas permukaan benda uji. Bacalah suhu pada Thermometer dan catat.

Tabel pemeriksaan titik nyala dan titik bakar dapat dilihat

Tabel 4.7

Tabel 4.7 Hasil Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Jenis pemeriksaan	Titik Nyala	Titik Bakar
Percobaan 1	335 °C	368 °C
Percobaan 2	336 °C	370 °C
Percobaan 3	341 °C	371 °C
Rata-rata	337,33 °C	369.66 °C

Sumber : (Perdana,2015)

Nilai titik nyala dan titik bakar untuk aspal minyak pada pemeriksaan ini didapatkan sebesar 337,33°C dan 369.66°C. Nilai titik nyala dan titik bakar ini digunakan untuk mengetahui suhu maksimum yang diperbolehkan untuk pemanasan aspal, sehingga aspal tidak terbakar.

B. Pemeriksaan Daktilitas (PA-0306-76 / SNI 06-2432-1991)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus, pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Adapun prosedur dari pemeriksaan daktilitas tersebut adalah sebagai berikut :

1. Panaskan contoh aspal kira-kira 100 gram sampai cair (80 – 100 °C), hingga dapat dituangkan. Setelah contoh cair merata, tuangkan kedalam cetakan dengan hati-hati dari ujung ke ujung hingga penuh.
2. Dinginkan cetakan pada suhu ruang selama 30 sampai 40 menit, lalu masukan benda uji kedalam bak perendam.
3. Benda uji didiamkan pada suhu 25 °C dalam bak perendam selama 85 menit sampai 95 menit. Setelah itu dikeluarkan dan ratakan permukaannya dengan pisau panas.
4. Kemudian lepaskan benda uji dari pelat dasar dan sisi-sisi cetakan
5. Pasang benda uji pada mesin uji dan tariklah secara teratur dengan kecepatan 5 cm/menit sampai benda uji putus. Pada saat percobaan benda uji harus terendam sekurang-kurangnya 2,5 cm dari permukaan air.

Dari hasil percobaan yang didapatkan nilai daktilitas benda uji sama-sama > 1000 mm

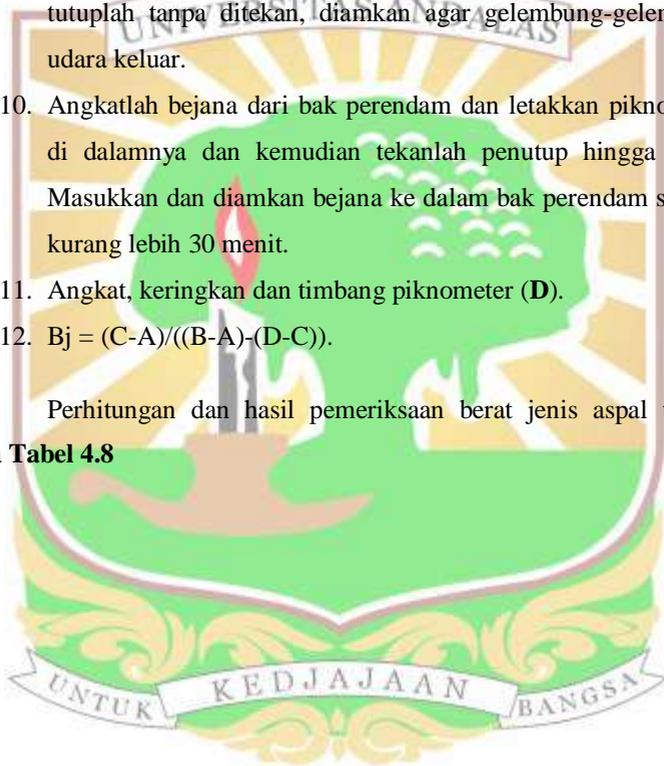
C. Berat Jenis Aspal (PA-0307-76 / SNI 06-2441-1991)

Berat jenis aspal adalah perbandingan berat aspal dengan berat air suling dalam volume yang sama pada suhu tertentu. Prosedur percobaan berat jenis aspal adalah sebagai berikut:

1. Panaskan contoh bitumen keras sebanyak 50 gram sampai menjadi cair dan aduklah untuk mencegah pemanasan setempat. Pemanasan tidak boleh lebih dari 30 menit pada suhu 56°C di atas titik lembek.
2. Tuangkan contoh aspal ke dalam piknometer sebanyak $3/4$ bagian.
3. Isilah bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40 mm. Kemudian rendam dan jepitlah bejana tersebut dalam bak perendam.
4. Bersihkan, keringkan dan timbanglah piknometer dengan ketelitian 1 mg (**A**).
5. Angkatlah bejana dari bak perendam dan isilah piknometer dengan air suling kemudian tutuplah piknometer tanpa ditekan.
6. Letakkan piknometer ke dalam bejana dan tekanlah penutup sehingga rapat, kembalikan bejana berisi piknometer ke dalam bak perendam. Diamkan sekurang-kurangnya selama 30 menit, kemudian angkatlah piknometer dan keringkan dengan lap. Timbang piknometer dengan ketelitian 1 mg (**B**).

7. Tuangkan benda uji ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian.
8. Biarkan piknometer sampai dingin, waktu < 40 menit dan timbanglah dengan penutupnya dengan ketelitian 1 mg (C).
9. Isilah piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan tutuplah tanpa ditekan, diamkan agar gelembung-gelembung udara keluar.
10. Angkatlah bejana dari bak perendam dan letakkan piknometer di dalamnya dan kemudian tekanlah penutup hingga rapat. Masukkan dan diamkan bejana ke dalam bak perendam selama kurang lebih 30 menit.
11. Angkat, keringkan dan timbang piknometer (D).
12. $B_j = (C-A)/((B-A)-(D-C))$.

Perhitungan dan hasil pemeriksaan berat jenis aspal tertera pada **Tabel 4.8**



Tabel 4.8 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Kriteria	Percobaan 1 (gram)	Percobaan 2 (gram)	Percobaan 3 (gram)
Berat piknometer kosong	23.6	23.5	23
Berat piknometer kosong + aspal	54.7	53	55
Berat aspal.....(1)	31.1	29.5	32
Berat piknometer	23.6	23.5	23
Berat piknometer + air	73.5	73.6	73.5
Berat air.....(2)	49.9	50.1	50.5
Berat piknometer + aspal	54.7	53	55.5
Berat piknometer+ aspal + air	74.7	74	75
Isi air =(3)	20	21	19.5
Isi aspal = (2-3)	29.9	29.1	31
B.jenis = B. aspal/Isi aspal	1.036	1.013	1.032
Rata-rata			1.027

Sumber : (Perdana,2015)

Hasil dari pengujian yang dilakukan didapatkan berat jenis aspal sebesar 1.027.

D. Penetrasi Aspal (PA-0301-76 / SNI 06-2456-1991)

Pemeriksaan penetrasi aspal ini bertujuan untuk menentukan penetrasi bitumen keras atau lembek (*solid* atau *semi solid*) dengan memasukan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban, dan waktu tertentu ke dalam bitumen dengan suhu tertentu.. Pemeriksaan ini dilakukan

dengan menusukkan jarum kedalam aspal dengan beban tertentu (100 gr) dan waktu tertentu (5 detik) pada suhu 25°C. Alat yang digunakan adalah penetrometer yang dilengkapi dengan pengukur waktu dan dial yang menunjukkan kedalaman yang dicapai jarum. Nilai penetrasi dibaca dalam 0,1 mm.

Prosedur percobaan penetrasi aspal adalah sebagai berikut:

1. Tempatkan benda uji dalam tempat air kecil dan masukan kedalam bak perendam selama 1-1.5 jam pada suhu 25⁰ C.
2. Periksa pemegang jarum agar jarum dapat di pasang dengan baik.bersihkan jarum penetrasi dengan *toluene* atau pelarut lain kemudian keringkan, barulah pasang jarum pada pemegang jarum.
3. Letakan pemberat 50 gram di atas jarum untuk memperoleh beban seberat (100±0,1) gram.
4. Pindahkan tempat air yang berisi benda uji dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.
5. Turunkan jarum perlahan-lahan hingga menyentuh benda uji, kemudian aturlah angka nol pada arloji penetrometer hingga jarum penunjuk berimpit dengan angka nol.
6. Lepaskan pemegang jarum dan pada saat bersamaan jalankan stopwatch selama (5 ± 0,1) detik.
7. Baca angka penetrasi pada arloji penetrometer, bulatkan hingga 0,1 mm terdekat.
8. Lepaskan jarum dari pemegang jarum dan siapkan alat penetrasi untuk pekerjaan selanjutnya.

9. Lakukan pengerjaan sebanyak 5 kali untuk sample yang sama dengan ketentuan setiap titik pemeriksaan berjarak lebih dari 1 cm.

Pemeriksaan penetrasi aspal dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Pemeriksaan penetrasi

Pemeriksaan penetrasi aspal	
Pemeriksaan sampel 1	101.2
Pemeriksaan sampel 2	101
Pemeriksaan sampel 3	99.4
Rata-rata	100.53

Sumber : (Perdana,2015)

E. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

(PA.0302-76/SNI 06-2434-1991)

Titik lembek adalah suhu pada saat bola baja, dengan berat tertentu, mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan di dalam cincin berukuran tertentu sehingga bola baja tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak pada tinggi tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan. Jadi titik lembek adalah besarnya suhu dimana aspal mencapai derajat kelembekan (mulai meleleh) di bawah kondisi spesifik dari tes. Prosedur dari percobaan ini adalah sebagai berikut:

1. Panaskan contoh aspal perlahan-lahan sambil diaduk terus-menerus hingga cair merata. Pemanasan dan pengadukan dilakukan perlahan-lahan agar gelembung-gelembung udara cepat keluar.

2. Setelah cair merata tuanglah contoh ke dalam dua buah cincin. Suhu pemanasan aspal tidak melebihi 56°C di atas titik lembeknya.
3. Panaskan dua buah cincin sampai mencapai suhu titik lembek, tuang contoh dan letakkan kedua cincin di atas pelat kuningan yang telah diberi lapisan dari campuran talk dan sabun.
4. Tuang contoh ke dalam dua buah cincin, diamkan pada suhu sekurang-kurangnya 8°C di bawah titik lembeknya sekurang-kurangnya 30 menit.
5. Setelah dingin, ratakan permukaan contoh dalam cincin dengan pisau yang telah dipanaskan.
6. Benda uji adalah aspal atau ter sebanyak ± 25 gr.
7. Pasang dan aturlah kedua benda uji di atas kedudukan dan letakkan pengarah bola di atasnya. Kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut ke dalam bejana gelas.
8. Isilah bejana dengan air suling baru, dengan suhu $(25 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ sehingga tinggi permukaan air berkisar antara 101,6 sampai 108 mm.
9. Letakkan termometer yang sesuai untuk pekerjaan ini diantara kedua benda uji (kurang lebih dari 12,7 mm dari tiap cincin).
10. Periksa dan aturlah jarak antara permukaan pelat dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.
11. Letakkan bola baja yang bersuhu 25°C di atas dan di tengah permukaan masing-masing benda uji yang bersuhu 25°C menggunakan penjepit dengan memasang kembali pengarah bola.

12. Panaskan bejana sehingga kenaikan suhu menjadi 5°C per menit. Kecepatan pemanasan rata-rata dari awal dan akhir pekerjaan ini. Untuk 3 menit pertama perbedaan kecepatan pemanasan tidak boleh melebihi 0,5°C.

Pemeriksaan titik lembek aspal dapat dilihat dari **Tabel 4.10**.

Tabel 4.10 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

Suhu yang diamati (°C)	Waktu		
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3
30	0	0	0
35	0:21:29	0:21:29	0:21:29
40	0:51:12	0:51:12	0:51:12
45	1:04:49	1:04:49	1:04:49
50	1:57:51	1:57:51	1:57:51
55	2:14:17	2:14:17	2:14:17
59	2:40:27	2:40:27	2:40:27
60	-	2:43:19	2:43:19
62			2:52:72

Sumber : (Perdana,2015)

Hasil yang didapat dari pemeriksaan titik lembek pada aspal murni, bola baja mendesak turun pada suhu rata – rata 60.33 °C pada waktu ± 2 menit 45 detik.

4.3 Penentuan Proporsi Material Penyusun Campuran

4.3.1 Penentuan Kadar Agregat

Penentuan kadar agregat dilakukan dengan pengambilan berat masing-masing fraksi saringan sesuai dengan spesifikasi campuran aspal porus dan jenis variasi campuran yang digunakan. Namun berat agregat sesungguhnya baru dapat diketahui apabila kadar agregat telah diketahui. Sebab berat akhir benda uji sebanyak 1200 gram yang dikehendaki merupakan berat agregat dan aspal.

4.3.2 Penentuan Kadar Aspal Teoritis

Pada penelitian ini, kadar aspal teoritis ditentukan dengan metoda luas permukaan. Metoda ini berdasarkan pada prinsip bahwa hampir seluruh jumlah aspal akan digunakan untuk menyelubungi luas permukaan yang sebenarnya dari butir-butir agregat. Dengan kata lain pada pengaspalan yang baik, setiap butir harus diselubungi oleh aspal secara sempurna. Metode ini cukup luwes dan dapat dipakai pada bahan yang mempunyai gradasi jenis apapun.

Penentuan luas permukaan dari suatu fraksi dapat dilihat pada Tabel 4.11

Tabel 4.11. Pemeriksaan Luas Permukaan Gradasi Agregat Batas Tengah

Ukuran Saringan		Spesifikasi	% Luas Kumulatif	% Tambahan	% tiap Fraksi	Luas Permukaan
3/4"	19	100	100	0	0	0
1/2"	13,2	85-100	92,5	7,5	7,5	18,5
3/8"	9,5	65-70	97,5	42,5	35	112
2/7"	6,7	25-45	95	65	22,5	72
#4	4,75	10-25	17,5	82,5	17,5	56
#8	2,36	7-15	11	89	6,5	41,5
#16	1,18	6-12	9	91	2	33
#30	0,6	5-10	7,5	92,5	1,5	51,5
#50	0,3	4-8	6	94	1,5	122,5
#100	0,15	3-7	5	95	1	182
#200	0,075	2-5	3,5	96,5	1,5	273
Faktor			0	100	3,5	2162,5
			Total			3119,5

Perhitungan luas permukaan agregat ini hanya menggunakan suatu variasi gradasi agregat, yaitu menggunakan gradasi agregat batas tengah.

Prosedur perhitungan kadar aspal teoritis terdiri atas :

$$P = S \times K \times T \quad (4.1)$$

Dengan nilai total luas permukaan : 3119,5 cm²

Dengan menggunakan tabel persentase aspal, maka didapatkan nilai T (jumlah aspal) : 7,21 %

$$S = \frac{2,65}{\text{Bj Agregat}} \quad (4.2)$$

$$\text{Bj Ag} = \frac{100}{\% \text{ Ak} + \% \text{ Ah} + \% \text{ filler}} \quad (4.3)$$

$$\text{Bj Ag} = \frac{100}{\frac{89}{2,63} + \frac{7,5}{2,28} + \frac{3,5}{2,28}}$$

$$= 2,58$$

$$S = 2,65 / 2,58 = 1,027$$

K = 0,95 ; Yaitu dipilih macam permukaan berselubung sedikit tidak teratur (Lampiran B)

Maka diperoleh harga P sebagai berikut

$$P = 1,027 \times 0,95 \times 7,21 = 7,035 \%$$

Untuk lapisan penutup disyaratkan mempunyai ruang kosong 0,3 – 0,5 %. Untuk mencegah mengalir / melelehnya atau kehilangan

stabilitas dalam mendapatkan ruang kosong yang digunakan maka diperlukan pengurangan dari harga-harga maksimum, yaitu untuk aspal beton renggang sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Kadar aspal optimum} &= P - (0,3 - 0,5) \% \\ &= 7,035 - 0,335 \\ &= 6,7 \% \end{aligned}$$

Dari nilai kadar aspal teoritis maka didapatkan komposisi dari masing-masing campuran, seperti pada **Tabel 4.12**.

Tabel 4.12. Komposisi dari Masing-Masing Campuran

Kadar Aspal		5.7	6.2	6.7	7.2	7.7
Berat Aspal		68.4	74.4	80.4	86.4	92.4
Berat Agregat (gram)		1131.6	1125.6	1119.6	1113.6	1107.6
3/4"	0 %	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1/2"	7.5 %	84.9	84.4	84.0	83.5	83.1
3/8"	35 %	396.1	394.0	391.9	389.8	387.7
2/7"	22.5 %	254.6	253.3	251.9	250.6	249.2
#4	17.5 %	198.0	197.0	195.9	194.9	193.8
#8	6.5 %	73.6	73.2	72.8	72.4	72.0
#16	2 %	22.6	22.5	22.4	22.3	22.2
#30	1.5 %	17.0	16.9	16.8	16.7	16.6
#50	1.5 %	17.0	16.9	16.8	16.7	16.6
#100	1 %	11.3	11.3	11.2	11.1	11.1
#200	1.5 %	17.0	16.9	16.8	16.7	16.6
Filler	3.5 %	39.6	39.4	39.2	39.0	38.8
Control		1131.6	1125.6	1119.6	1113.6	1107.6

Untuk variasi pada penelitian ini diletak pada komposisi berat aspal. Variasi dari komposisi aspal modifikasi ini, dapat dilihat pada **Tabel 4.13**

Tabel 4.13 Variasi Perbandingan Aspal dan Karet Gondorukem

kadar aspal	5.7%		6.2%		6.7%		7.2%		7.7%	
berat aspal (gram)	68.4		74.4		80.4		86.4		92.4	
	aspal	karet gondorukem								
0%	68.4	0	74.4	0	80.4	0	86.4	0	92.4	0
3%	66.35	2.05	72.17	2.23	77.99	2.41	83.81	2.59	89.63	2.77
5%	64.98	3.42	70.68	3.72	76.38	4.02	82.08	4.32	87.78	4.62
7%	63.61	4.79	69.19	5.21	74.77	5.63	80.85	6.05	85.93	6.47
10%	61.56	6.84	66.96	7.44	72.36	8.04	77.76	8.64	83.16	9.24

4.4 Pembuatan Benda Uji

Pada penelitian ini, metoda yang dipakai dalam *Mix Design* adalah metoda *Marshall*. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemakaian metoda ini adalah :

1. Menggunakan material yang sesuai dengan spesifikasi yang dipakai.
2. Gradasi agregat campuran harus sesuai dengan spesifikasi.
3. Berat jenis material harus diketahui.

Sedangkan *Mix Design* dengan metoda *Marshall* terdiri atas :

1. Persiapan pengujian benda uji.
2. Penentuan berat jenis *bulk* benda uji.
3. Pengujian stabilitas dan kelelahan.
4. Analisis rongga dalam benda uji.

Prosedur pembuatan benda uji menurut metoda *Marshall* terdiri atas :

1. Jumlah benda uji

Untuk menentukan kadar aspal optimum, pertama kali kadar aspal tersebut harus diperkirakan. Nilai kadar aspal teoritis yang didapat harus divariasikan sebesar 1 % lebih besar dan 1

% lebih kecil. Agar diperoleh data yang lebih baik, masing-masing variasi dipakai tiga benda uji.

2. Persiapan agregat

Sebelum digunakan, agregat harus dipanaskan sampai berat tetap pada suhu 105°C sampai 110°C .

3. Penentuan suhu pencampuran dan pemadatan

Suhu pencampuran dan pemadatan yang dipilih haruslah sesuai dengan kekentalan aspal.

4. Persiapan *mould* dan penumbuk

Mould dan penumbuk yang dipakai harus bersih. Pada proses pemadatan, bagian atas dan bawah *mould* harus dilapisi dengan kertas saring.

5. Persiapan campuran

Agregat ditimbang dan ditempatkan dalam wadah yang berbeda. Agregat dipanaskan pada suhu 28°C dibawah suhu pencampuran. Kemudian dilakukan pencampuran sampai aspal dan agregat tercampur rata.

6. Pemadatan benda uji

Sebelum campuran dimasukkan ke dalam *mould*, *mould* harus dilapisi dengan kertas saring pada bagian bawah dan atasnya. Setelah itu campuran dimasukkan dengan bantuan spatula. Jumlah pemadatan harus sesuai dengan ketentuan yang ada.

7. Pendinginan dan pengeluaran benda uji dari *mould* setelah pemadatan, benda uji didiamkan sampai mencapai kondisi dimana tidak rusak apabila dikeluarkan dari *mould*.

4.5 Prosedur *Marshall Test*

Tiap benda uji yang telah dipadatkan harus mengikuti prosedur pengujian yang terdiri atas :

1. Berat benda uji.

Berat benda uji tersebut ditimbang dalam keadaan kering, kering permukaan jenuh, dan berat dalam air.

2. Pengujian stabilitas dan kelelahan.

Peralatan yang diperlukan dalam pengujian stabilitas dan kelelahan adalah apparatus Marshall Test dan bak perendam dengan prosedur pengujian sebagai berikut :

- a. Benda uji dipanaskan dalam bak perendam pada suhu 60°C selama 30 sampai 40 menit;
- b. Alat dibersihkan dari kotoran dan kemudian diolesi dengan oli agar benda uji tidak lengket;
- c. Benda uji diangkat dari bak perendam dan dikeringkan dengan hati-hati sebelum diletakkan dalam apparatus Marshall. Dial stabilitas dan kelelahan ditempatkan dengan baik;
- d. Pembebanan dilakukan dengan konstan dengan kecepatan 51 mm per menit. Titik runtuh dicapai pada saat jarum stabilitas membalik. Pada saat itu dilakukan pembacaan nilai stabilitas dan kelelahan.

3. Analisis rongga dalam benda uji.

Analisis rongga dalam benda uji berkaitan dengan berat benda uji dalam berbagai kondisi (berat kering, berat kering permukaan jenuh, dan berat dalam air)

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Pemeriksaan Material

5.1.1 Pemeriksaan Agregat

1. Berat Jenis

(SNI 1969:2008 / SNI 1970:2008)

Pada pemeriksaan berat jenis ini didapatkan berat jenis agregat kasar sebesar 2.63 dengan penyerapan sebesar 1.068% dan untuk pemeriksaan agregat halus didapatkan berat jenis agregat halus sebesar 2.28 dengan penyerapan sebesar 14.42%.

Agregat yang mempunyai pori yang kecil lebih baik digunakan dalam perkerasan jalan, karena agregat tersebut akan membutuhkan jumlah aspal yang lebih sedikit dibandingkan dengan agregat yang berpori besar. Berat jenis digunakan untuk mencari berat jenis maksimum campuran (perhitungan pada tabel Marshall untuk mencari kadar aspal optimum). Jika berat jenis kecil maka penyerapan akan besar. Sedangkan apabila semakin banyak penyerapan maka penggunaan aspal akan semakin banyak pula dan ini tidak efisien di lapangan.

Dari percobaan diperoleh nilai berat jenis *portland cement* adalah 3.11 gr/cm^3 , dan berdasarkan spesifikasi berat jenis semen adalah $3 - 3.2 \text{ gr/cm}^3$, berat jenis semen digunakan untuk menentukan berat jenis *filler* pada penentuan proporsi campuran.

2. Pemeriksaan Berat Volume

(PB-0204-76/ SNI 03-1970-1990)

Pada pemeriksaan ini diperoleh berat volume agregat sebagai berikut:

1. Dengan cara penggoyangan = 1.573 Kg/dm³
2. Dengan cara penusukan = 1.549 Kg/dm³
3. Dengan cara berat isi lepas = 1.423 Kg/dm³

Dari hasil yang di dapat metode yang lebih baik di gunakan adalah metode penggoyangan karena agregat dengan berat isi lebih besar dipakai dalam campuran aspal, kemungkinan akan memberikan tingkat kekuatan yang tinggi. Dari hasil pemeriksaan berat volume ini kita dapat menentukan jumlah agregat yang akan digunakan persatuan volume. Dengan diketahuinya panjang jalan, lebar jalan dan tebalnya perkerasan akan diperoleh jumlah agregat yang akan digunakan. Dan dengan diketahuinya berat volume ini maka dapat diketahui cara pemadatan yang optimum pada lapisan jalan.

3. Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

(PB-0205-76 / SNI 03-2439-1991)

Pada pemeriksaan ini diperoleh nilai kelekatan agregat terhadap aspal murni sebesar 97%. Dan kelekatan agregat terhadap aspal modifikasi sebesar 95%. Standar kelekatan agregat terhadap aspal yang baik adalah $\geq 95\%$. Hal ini menunjukkan bahwa agregat yang diperiksa baik untuk bahan perkerasan jalan. Agregat dengan permukaan yang

kasar dan berpori lebih baik daya lekatnya terhadap aspal dibandingkan dengan agregat yang permukaannya licin.

4. Pemeriksaan Keausan Dengan Mesin *Los Angeles*

(SNI 2417 : 2008)

Pada pemeriksaan ini diperoleh nilai keausan agregat adalah 22,31 %. Hal ini menunjukkan agregat yang diperiksa masih cukup kuat untuk menahan gaya gesek yang diberikan terhadap agregat tersebut. Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 menyarankan nilai keausan maksimum adalah 40%.

5. Pemeriksaan Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan

(*Aggregate Impact Value*)

(SNI 03-4426-1997)

Pada percobaan ini diperoleh nilai *Aggregate Impact Value* (AIV) adalah 8,474 % ini menunjukkan agregat yang diperiksa masih cukup kuat untuk menahan tumbukan yang diberikan terhadap agregat tersebut. Batas dari pemeriksaan kekuatan agregat terhadap tumbukan adalah $< 30\%$.

5.1.2 Pemeriksaan Aspal

1. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

(PA.0303-76 / SNI 06-2433-1991)

Nilai titik nyala dan titik bakar aspal murni pada pemeriksaan ini didapatkan rata-rata sebesar 337.33°C dan 369.66°C . Dan titik nyala aspal modifikasi terkecil dengan penambahan 10 % karet gongorukem yaitu dengan rata-rata 306.33°C , dengan titik bakar yaitu 350.33°C Aspal dinyatakan layak digunakan karena nilai titik nyala aspal sesuai

dengan spesifikasi dengan hasil minimal 200°C (SNI 06-243-1991). Nilai titik nyala dan titik bakar ini digunakan untuk mengetahui temperatur maksimum yang diperbolehkan untuk pemanasan aspal, sehingga aspal tidak terbakar. Jika melebihi suhu pada saat aspal terbakar maka hal ini akan mempengaruhi struktur dan sifat kimia dari aspal itu sendiri. Maka dari itu suhu pencampuran harus berada dibawah suhu titik nyala.

2. Pemeriksaan Daktilitas

(PA-0306-76 / SNI 06-2432-1991)

Pada pengamatan yang dilakukan nilai daktilitas dari aspal murni dan aspal modifikasi dengan penambahan 3%, 5%, 7%, dan 10% karet gondorukem diperoleh rata-rata ≥ 1000 mm. Aspal dengan penambahan 0%, 3%, 5%, 7%, dan 10% layak digunakan karena nilai daktilitasnya sesuai dengan spesifikasi yaitu minimal 100 cm (SNI 06- 2432-1991), tetapi untuk daktilitas yang kurang dari 1000 mm dapat diketahui pengaruh kohesi aspal terhadap agregat, semakin besar kohesi maka semakin besar kemampuan aspal menahan agregat untuk berada di tempatnya.

3. Berat Jenis Aspal (PA-0307-76 / SNI 06-2441-1991)

Hasil dari pengujian yang dilakukan didapatkan berat jenis aspal modifikasi terkecil yaitu dengan rata-rata 1,027. Menurut spesifikasi SNI 06-2441-1991 Berat jenis aspal yang disyaratkan ≥ 1 . Jadi berat jenis aspal murni dan aspal modifikasi yang digunakan sesuai dengan spesifikasi. Penentuan berat jenis ini bertujuan untuk membuat perencanaan campuran untuk suatu lapisan perkerasan lentur, dengan

berat jenis aspal ini kita dapat menentukan peresentase aspal atau besar kecilnya volume dari aspal.

4. Penetrasi Aspal (PA-0301-76 / SNI 06-2454-1991)

Hasil pengujian yang dilakukan didapatkan penetrasi aspal setelah penambahan karet, penetrasinya berbanding tebalik, semakin rendah nilai penetrasi maka semakin keras aspal tersebut. Diakibatkan karena naiknya kadar penambahan karet dalam aspal, maka nilai penetrasi dari benda uji tersebut akan menurun. Dan pada pesentase 10% terjadi penurunan secara drastis dan bisa dikatakan bahwa aspal menjadi keras.

5. Pemeriksaan Titik Lembek Aspal (PA.0302-76/SNI 06-2434-1991)

Suhu tertinggi rata-rata dari pemeriksaan titik lembek pada aspal modifikasi adalah 58.66°C , 61.3°C , 62°C , 60.33°C maka sesuai dengan spesifikasi yaitu berkisar diantara 48°C - 58°C (SNI 06-2434-1991). Dan dilihat dari penambahan *Karet gondorukem* diperoleh suhu titik lembek melebihi dari standar yang sudah ada, sehingga kelembekan aspal sedikit lama.

5.2 Analisa Hubungan Parameter Marshall dan Penggunaan Aspal Modifikasi Pada Kombinasi Campuran

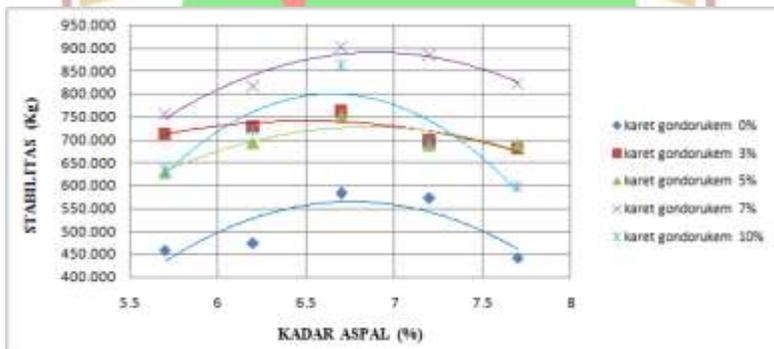
1. Stabilitas

Hasil pengujian stabilitas benda uji campuran standar dengan variasi campuran yang menggunakan aspal modifikasi sebagai bahan pengikat dapat dilihat pada **tabel 5.1**

Tabel 5.1. Nilai stabilitas aspal modifikasi dengan karet gondorukem

% Aspal	Komposisi Karet Gondorukem				
	0%	3%	5%	7%	10%
5.7	458.581	712.474	627.296	754.799	632.900
6.2	474.423	728.588	693.667	816.720	720.998
6.7	582.307	761.434	750.884	902.309	861.688
7.2	573.568	697.068	688.123	884.238	694.125
7.7	442.690	680.531	686.612	820.875	596.879

Dari nilai rata-rata stabilitas tiap sampel maka didapat grafik perbandingan nilai stabilitas dengan kadar aspal terhadap campuran seperti pada **Gambar 5.1**



Gambar 5.1. Kadar Aspal vs Stabilitas

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara kadar aspal terhadap stabilitas. Dimana pada grafik menunjukkan semakin banyak penambahan persentase karet gondorukem pada campuran maka nilai stabilitas semakin tinggi, dan saat mencapai titik optimum, maka stabilitas menurun. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua variasi

dari semua campuran memenuhi spesifikasi, dimana nilai stabilitas minimum adalah > 500 kg.

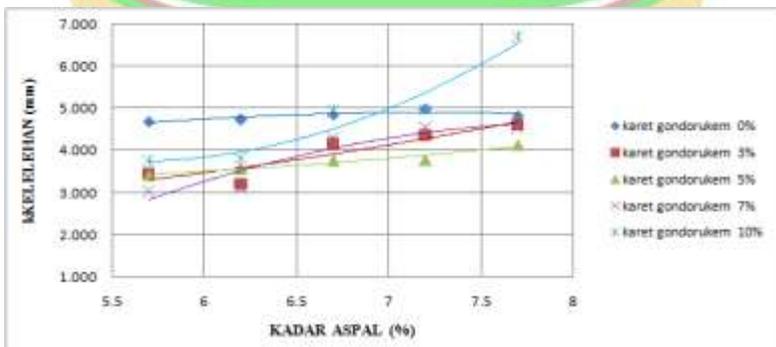
2. Kelelahan

Dari hasil pengujian terhadap campuran standar dengan variasi campuran yang menggunakan aspal modifikasi diperoleh perbandingan nilai kelelahan seperti pada **Tabel 5.2**.

Tabel 5.2. Nilai kelelahan aspal modifikasi dengan karet gondorukem

% Aspal	Komposisi Karet Gondorukem				
	0%	3%	5%	7%	10%
5.7	4.700	3.450	3.417	3.017	3.750
6.2	4.733	3.200	3.567	3.083	3.800
6.7	4.850	4.150	3.767	4.300	4.950
7.2	5.000	4.367	3.783	4.550	4.967
7.7	4.833	4.617	4.133	4.533	6.700

Dari nilai rata-rata kelelahan tiap sampel maka didapat grafik perbandingan nilai kelelahan dengan kadar aspal terhadap campuran seperti pada **Gambar 5.2**



Gambar 5.2. Kadar Aspal vs Kelelahan

Grafik diatas menunjukkan hubungan antara kadar aspal terhadap kelelehan. Dimana pada grafik menunjukkan hubungan yang didapat yaitu berbanding lurus bahwa semakin banyak persentase aspal maka kelelehan akan semakin meningkat. Dari grafik diatas dapat disimpulkan untuk kesemua persentase masuk dalam spesifikasi kelelehan yaitu 2 sampai 6 mm.

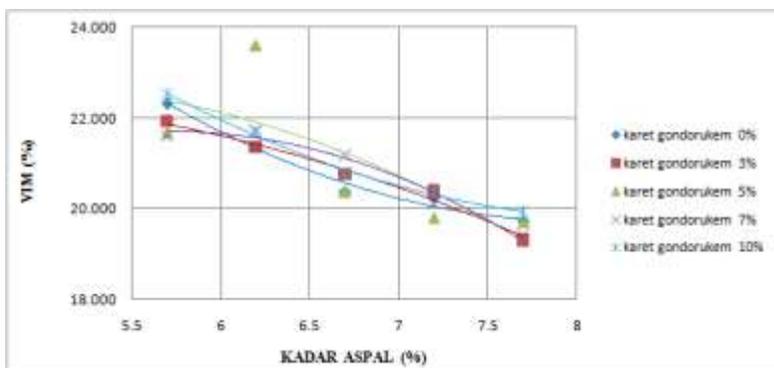
3. VIM (*Void In Mixture*)

Hasil penelitian terhadap rongga dalam campuran (VIM) campuran aspal modifikasi dengan berbagai variasi dapat dilihat pada **Tabel 5.3**

Tabel 5.3. Persentase rongga di dalam campuran aspal modifikasi dengan *Karet gondorukem*

% Aspal	Komposisi Karet Gondorukem				
	0%	3%	5%	7%	10%
5.7	22.317	21.926	21.681	21.603	22.514
6.2	21.376	21.360	23.607	21.735	21.690
6.7	20.377	20.755	20.377	21.180	20.752
7.2	20.238	20.392	19.817	20.098	20.383
7.7	19.711	19.304	19.717	19.413	19.934

Dari nilai rata-rata rongga di dalam campuran tiap sampel maka di dapat grafik perbandingan nilai rongga di dalam campuran dengan kadar aspal terhadap campuran seperti diperlihatkan pada **Gambar 5.3.**



Gambar 5.3. Kadar Aspal vs % Rongga Dalam Campuran

Grafik ini menunjukkan hubungan antara kadar aspal terhadap campuran dengan rongga dalam campuran. Hubungan yang didapatkan berbanding terbalik yaitu semakin banyak persentase aspal maka rongga dalam campuran akan berkurang, dan semakin banyak kadar karet gondorukem maka rongga dalam campuran juga semakin besar. Dari grafik terlihat bahwa semua variasi penambahan karet gondorukem masuk rentang spesifikasi dari 10% sampai 25%. Nilai VIM merupakan indikator dari durabilitas, VIM yang terlalu besar akan mengakibatkan beton aspal padat berkurang kedapannya. Sehingga meningkatkan proses oksidasi aspal dan mempercepat penuaan aspal dan menurunkan sifat durabilitas aspal.

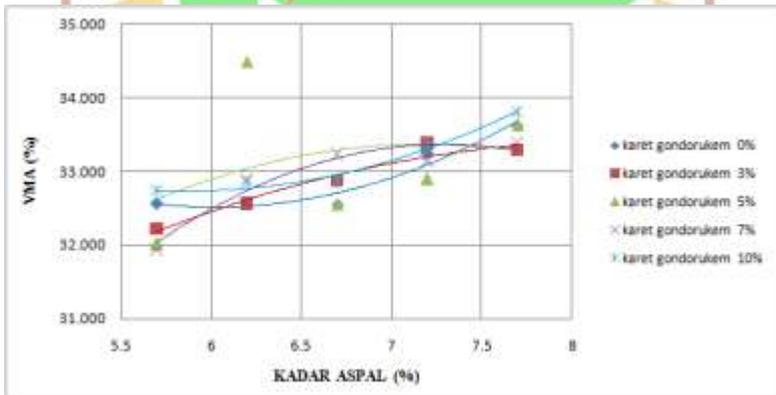
4. VMA (*Void in the Mineral Agregat*)

Hasil penelitian terhadap rongga dalam agregat (VMA) berbagai kombinasi campuran standar dan campuran variasi aspal modifikasi dapat dilihat pada **Tabel 5.4**.

Tabel 5.4. Persentase rongga terhadap agregat aspal modifikasi dengan karet gondorukem

% Aspal	Komposisi Karet Gondorukem				
	0%	3%	5%	7%	10%
5.7	32.558	32.218	32.006	31.938	32.729
6.2	32.572	32.558	34.486	32.880	32.842
6.7	32.546	32.866	32.546	33.227	32.864
7.2	33.249	33.377	32.896	33.132	33.370
7.7	33.622	33.286	33.627	33.376	33.807

Dari nilai rata-rata rongga terhadap agregat tiap sampel maka di dapat grafik perbandingan nilai rongga terhadap agregat dengan kadar aspal terhadap campuran seperti diperlihatkan pada **Gambar 5.4.**



Gambar 5.4. Kadar Aspal vs Rongga Terhadap Agregat

Grafik ini menunjukkan hubungan antara kadar aspal terhadap campuran dengan rongga terhadap agregat. Hubungan yang didapatkan yaitu berbanding lurus semakin banyak persentase aspal maka rongga di dalam campuran akan semakin besar. Dari spesifikasi aspal porus ini

untuk menentukan kadar aspal optimum hanya pada stabilitas, kelelahan, VIM (*Void In Mixture*) MQ (*Marshall Quotient*) saja.

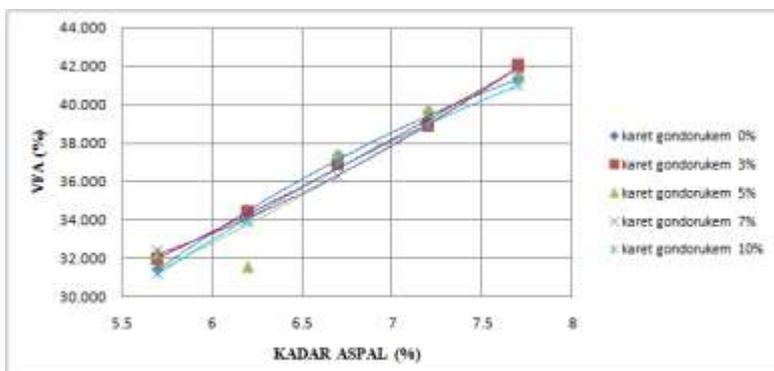
5. VFA (*Void Filled Asphalt*)

Hasil penelitian terhadap Rongga terisi aspal (VFA) berbagai kombinasi campuran standard dan variasi campuran aspal modifikasi dapat dilihat pada **Tabel 5.5**.

Tabel 5.5. Persentase rongga terisi aspal untuk aspal modifikasidengan karet gondorukem

% Aspal	Komposisi Karet Gondorukem				
	0%	3%	5%	7%	10%
5.7	31.466	31.948	32.260	32.360	31.226
6.2	34.400	34.403	31.563	33.896	33.957
6.7	37.396	36.853	37.390	36.255	36.854
7.2	39.132	38.906	39.771	39.351	38.919
7.7	41.379	42.005	41.380	41.836	41.039

Dari nilai rata-rata rongga terisi aspal tiap sampel maka di dapat grafik perbandingan nilai rongga terisi aspal dengan kadar aspal terhadap campuran seperti diperlihatkan pada **Gambar 5.5**.



Gambar 5.5. Kadar Aspal vs Rongga Terisi Aspal

Grafik ini menunjukkan hubungan antara kadar aspal terhadap campuran dengan % rongga terisi aspal. Hubungan yang di dapatkan yaitu berbanding lurus semakin banyak kadar aspal maka % rongga terisi aspal juga semakin meningkat karena rongga tersebut di isi oleh aspal, tetapi dengan penambahan karet gondorukem rongga terisi aspal akan semakin berkurang.

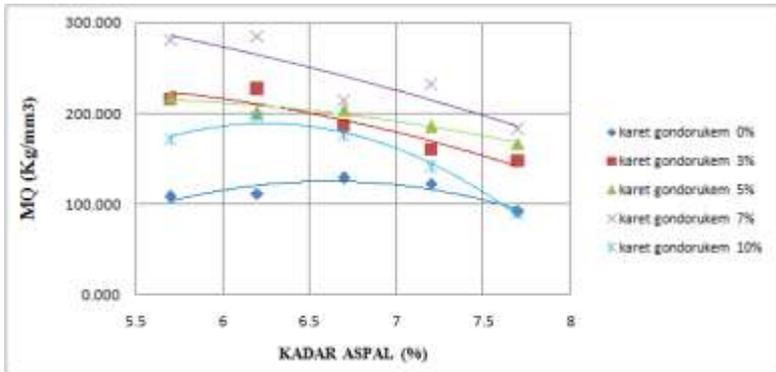
6. Marshall Quotient (MQ)

Hasil pengujian MQ terhadap berbagai kombinasi campuran aspal modifikasi dapat dilihat pada **Tabel 5.6**.

Tabel 5.6. Nilai Marshall Quotient Aspal Modifikasi dengan karet gongorukem

% Aspal	Komposisi Karet Gondorukem				
	0%	3%	5%	7%	10%
5.7	108.278	215.652	217.514	280.429	171.083
6.2	111.454	227.197	201.072	284.489	195.934
6.7	128.886	186.570	203.829	214.380	175.869
7.2	122.714	160.522	185.921	231.710	141.573
7.7	91.778	147.662	167.252	183.122	89.539

Dari nilai rata-rata MQ tiap sampel maka di dapat grafik perbandingan nilai *marshall quotient* dengan kadar aspal terhadap campuran seperti diperlihatkan pada **Gambar 5.6**.



Gambar 5.6. Kadar Aspal vs MQ (*Marshall Quotient*)

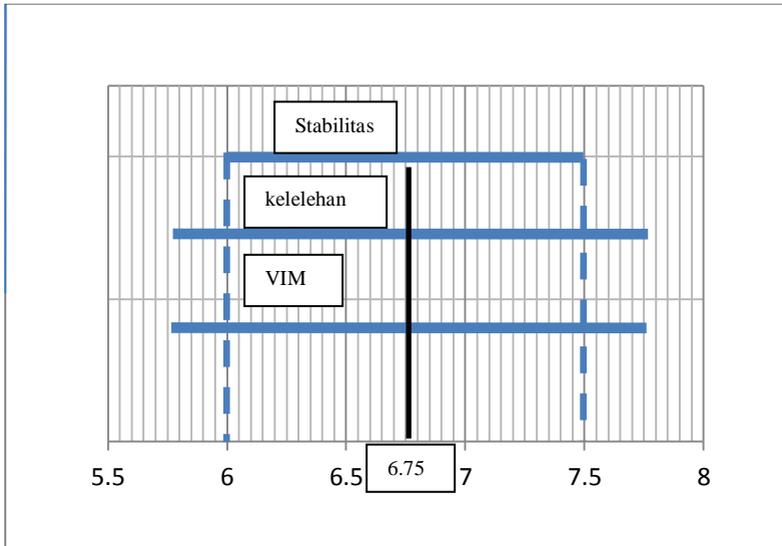
Grafik diatas menunjukkan hubungan antara kadar aspal terhadap MQ. Dimana pada grafik menunjukkan semakin banyak penambahan pesentase karet gondorukem pada campuran maka nilai MQ semakin tinggi, dan saat mencapai titik optimum, maka MQ menurun. Batas nilai MQ minimum adalah $> 200 \text{ kg/mm}$.

5.3 Kadar Aspal Optimum

Nilai kadar aspal optimum diperoleh dari hasil pemeriksaan campuran aspal modifikasi. Dari hasil pemeriksaan campuran ini akan diperoleh nilai masing-masing parameter *marshall*, yang nantinya akan menghasilkan kadar aspal optimum yang digunakan dalam campuran.

1. Kadar Aspal Optimum dengan 0% Karet Gondorukem

Nilai kadar aspal optimum dari campuran aspal dengan penambahan 0% *karet gondorukem* dapat dilihat pada **Gambar 5.7**.

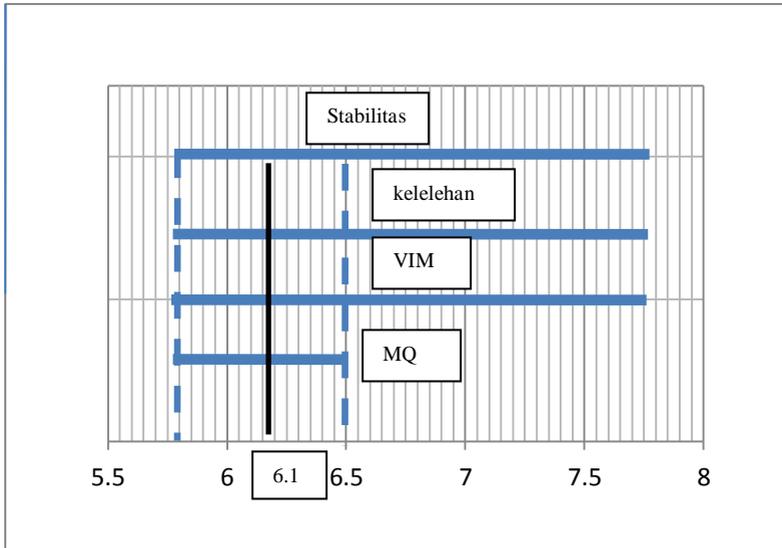


Gambar 5.7 kadar aspal optimum persentase 0%

Nilai kadar aspal optimum untuk aspal dengan penambahan 0 % karet gondorukem diperoleh nilai 6.75%, pada persentase 0% ini untuk MQ tidak masuk dalam spesifikasi yang nilainya besar > 200kg/mm. secara teoritis nilai kadar aspal yang didapat sebesar 6.7%. Jadi kadar aspal yang sebenarnya mendekati kadar aspal teoritis!

2. Kadar Aspal Optimum dengan 3% Karet Gondorukem

Nilai kadar aspal optimum dari campuran aspal dengan penambahan 3% *karet gondorukem* dapat dilihat pada **Gambar 5.8**.

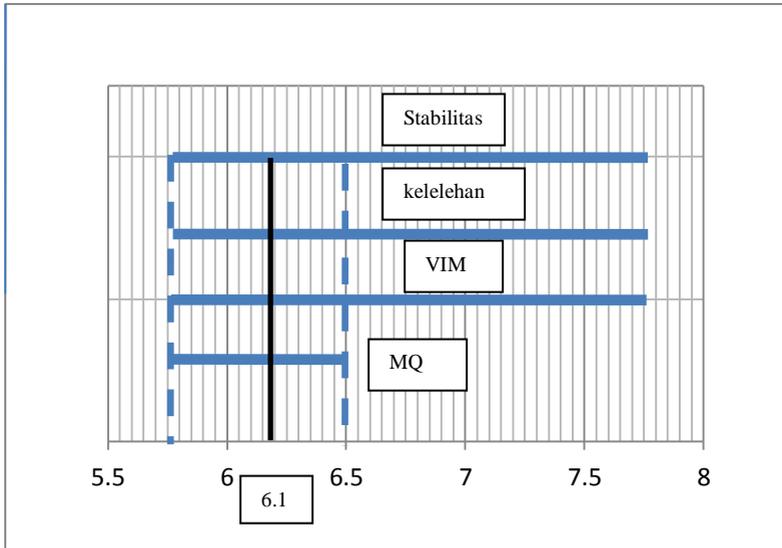


Gambar 5.8 kadar aspal optimum persentase 3%

Nilai kadar aspal optimum untuk aspal dengan penambahan 3 % karet gondorukem diperoleh nilai 6.1%, pada persentase 3% ini untuk MQ masuk dalam spesifikasi yang nilainya besar > 200kg/mm dari 5.7 – 6.5 kg/mm. secara teoritis nilai kadar aspal yang didapat sebesar 6.7%. Jadi kadar aspal yang didapat kurang dari kadar aspal optimum yaitu sebesar 6.7%

3. Kadar Aspal Optimum dengan 5% Karet Gondorukem

Nilai kadar aspal optimum dari campuran aspal dengan penambahan 5% *karet gondorukem* dapat dilihat pada **Gambar 5.9**

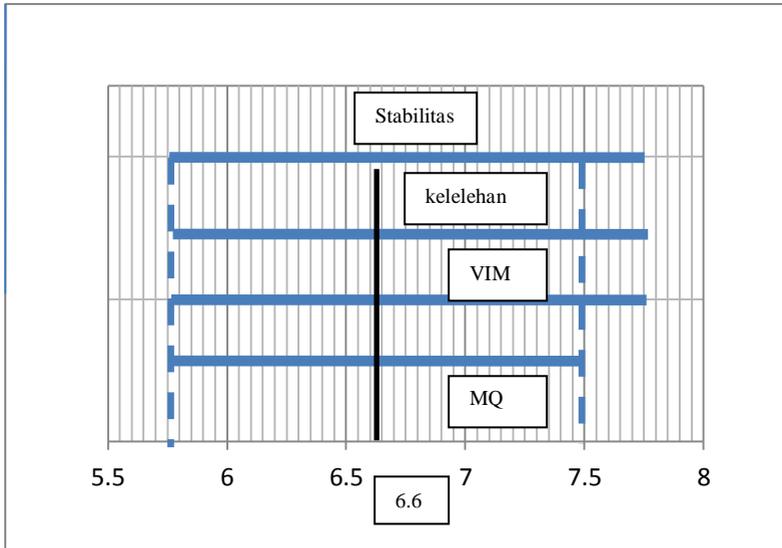


Gambar 5.9 kadar aspal optimum persentase 5%

Nilai kadar aspal optimum untuk aspal dengan penambahan 5 % karet gondorukem diperoleh nilai 6.1%, pada persentase 5% ini untuk MQ masuk dalam spesifikasi yang nilainya besar > 200kg/mm dari 5.7 – 6.5 kg/mm. secara teoritis nilai kadar aspal yang didapat sebesar 6.7%. Jadi kadar aspal yang didapat kurang dari kadar aspal optimum yaitu sebesar 6.7%

4. Kadar Aspal Optimum dengan 7% Karet Gondorukem

Nilai kadar aspal optimum dari campuran aspal dengan penambahan 7% *karet gondorukem* dapat dilihat pada **Gambar 5.10**.

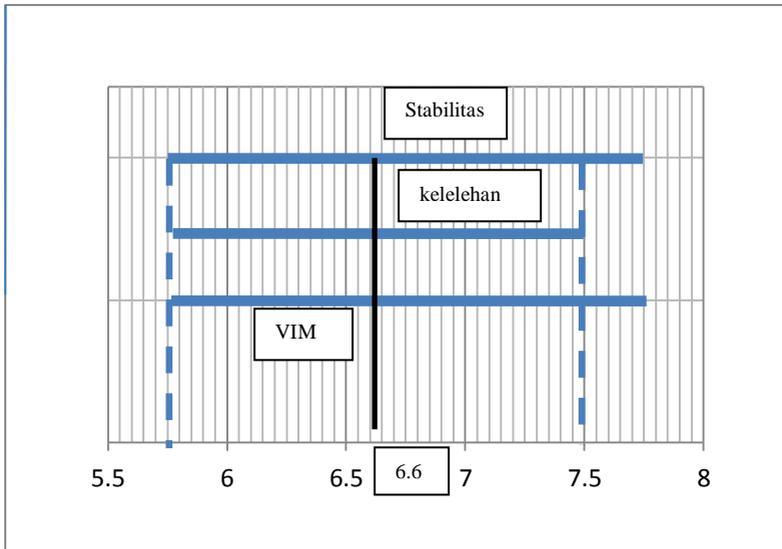


Gambar 5.9 kadar aspal optimum persentase 7%

Nilai kadar aspal optimum untuk aspal dengan penambahan 7 % karet gondorukem diperoleh nilai 6.6%, pada persentase 7% ini untuk MQ tidak masuk dalam spesifikasi yang nilainya besar $> 200\text{kg/mm}$. secara teoritis nilai kadar aspal yang didapat sebesar 6.7%. Jadi kadar aspal yang sebenarnya mendekati kadar aspal teoritis.

5. Kadar Aspal Optimum dengan 10% Karet Gondorukem

Nilai kadar aspal optimum dari campuran aspal dengan penambahan 10% *karet gondorukem* dapat dilihat pada **Gambar 5.10**.



Gambar 5.10 kadar aspal optimum persentase 10%

Nilai kadar aspal optimum untuk aspal dengan penambahan 10 % karet gondorukem diperoleh nilai 6.6%, pada persentase 10% ini untuk MQ tidak masuk dalam spesifikasi yang nilainya besar $> 200\text{kg/mm}$. karena nilai MQ tidak mencapai pada 200 kg/mm . secara teoritis nilai kadar aspal yang didapat sebesar 6.7%. Jadi kadar aspal yang sebenarnya mendekati kadar aspal teoritis.

Dari nilai kadar optimum yang didapat pada tiap-tiap variasi persentase penambahan karet gondorukem mendekati hasil kadar aspal teoritis, pada persentase 0% dan 10% pada MQ (*Marshall Quotient*) tidak masuk dalam spesifikasi tetapi kadar aspal optimum yang didapatkan mendekati kadar aspal teoritis, sedangkan pada variasi persentase 3% dan 5% persentase yang didapatkan beda jauh dari kadar aspal teoritis. Sedangkan yang 7% mendekati dari hasil kadar aspal teoritis. Kadar

aspal optimum adalah kadar aspal terbaik dalam pelaksanaan lapisan perkerasan dilapangan.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

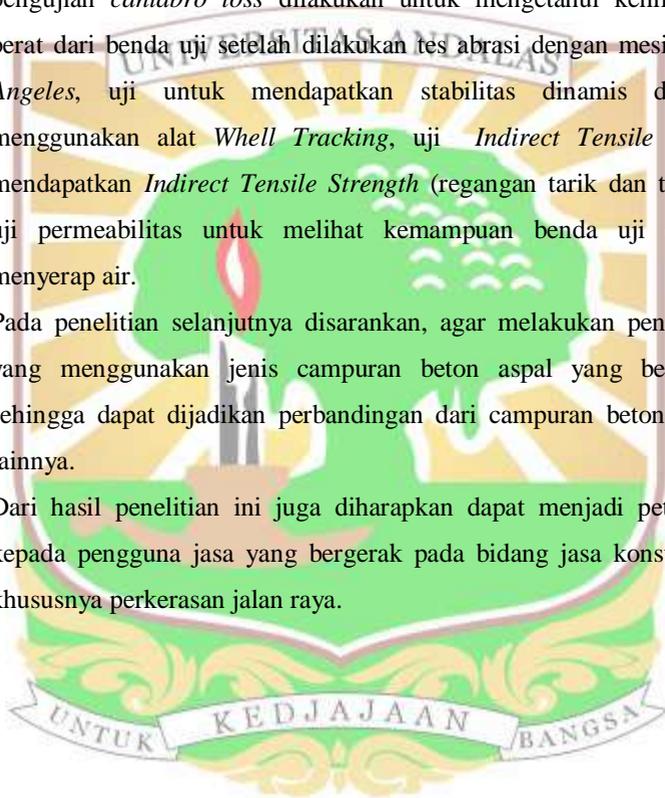
6.1 Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan karet gondorukem dalam aspal sebagai bahan pengikat dapat meningkatkan nilai stabilitas menjadi lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanpa ada penambahan karet gondorukem. Pada penambahan 3% karet gondorukem, nilai stabilitas paling besar yaitu 761,434 kg, nilai kelelehannya sebesar 4,617 mm dan nilai VIM (*Void In Mixture*) sebesar 21,926 %. Sedangkan pada penambahan 5% karet gondorukem nilai stabilitas paling besar yaitu 750,85 kg, nilai kelelehannya sebesar 4.133 mm dan nilai VIM (*Void In Mixture*) sebesar 23,607 %. Untuk penambahan 7% karet gondorukem nilai stabilitas paling besar yaitu 902,309 kg, nilai kelelehannya sebesar 4.550 mm dan nilai VIM (*Void In Mixture*) sebesar 21,735 %. Untuk penambahan 10% karet gondorukem nilai stabilitas paling besar yaitu 861,720 kg, nilai kelelehannya sebesar 4,967 mm dan nilai VIM (*Void In Mixture*) sebesar 22,514 %. Jadi, dari variasi persentase dipilih penambahan karet gondorukem 7% yang layak direkomendasikan karena nilai stabilitasnya paling maksimum dan nilai kadar aspal optimum pada penambahan karet gondorukem 7% sebesar 6,6 % dan tidak jauh beda dengan nilai kadar aspal optimum teoritis yaitu sebesar 6,7%. Sehingga akan mampu menahan beban lalu lintas serta mengurangi kerusakan perkerasan jalan seperti gelombang, alur, retakan bisa dikurangi.

6.2 Saran

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan agar penelitian ini berjalan dengan lancar dan sesuai tujuan yang akan dicapai, antara lain :

1. Dalam penelitian selanjutnya disarankan melanjutkan metoda pengujian *cantabro loss* dilakukan untuk mengetahui kehilangan berat dari benda uji setelah dilakukan tes abrasi dengan mesin *Los Angeles*, uji untuk mendapatkan stabilitas dinamis dengan menggunakan alat *Whell Tracking*, uji *Indirect Tensile* untuk mendapatkan *Indirect Tensile Strength* (regangan tarik dan tekan), uji permeabilitas untuk melihat kemampuan benda uji dalam menyerap air.
2. Pada penelitian selanjutnya disarankan, agar melakukan penelitian yang menggunakan jenis campuran beton aspal yang berbeda, sehingga dapat dijadikan perbandingan dari campuran beton aspal lainnya.
3. Dari hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi petunjuk kepada pengguna jasa yang bergerak pada bidang jasa konstruksi, khususnya perkerasan jalan raya.



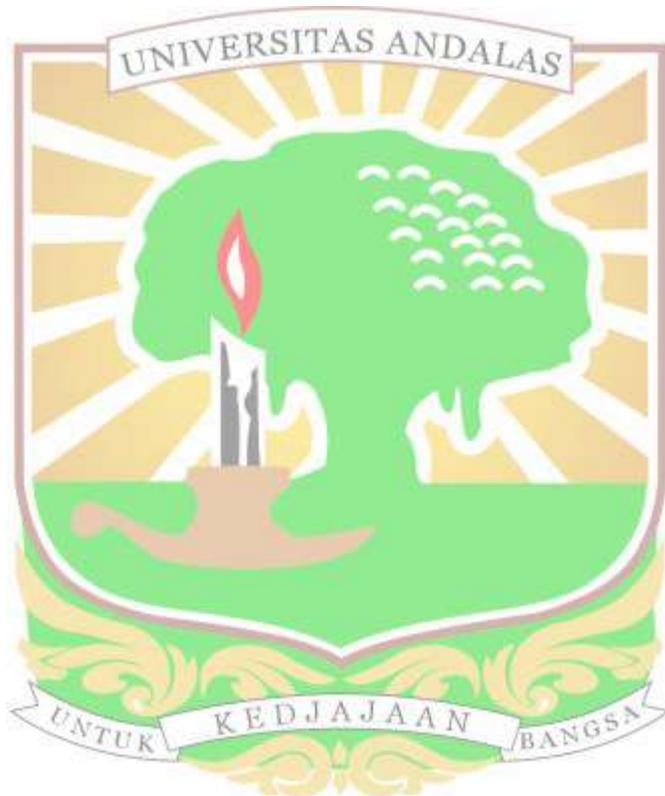
DAFTAR KEPUSTAKAAN

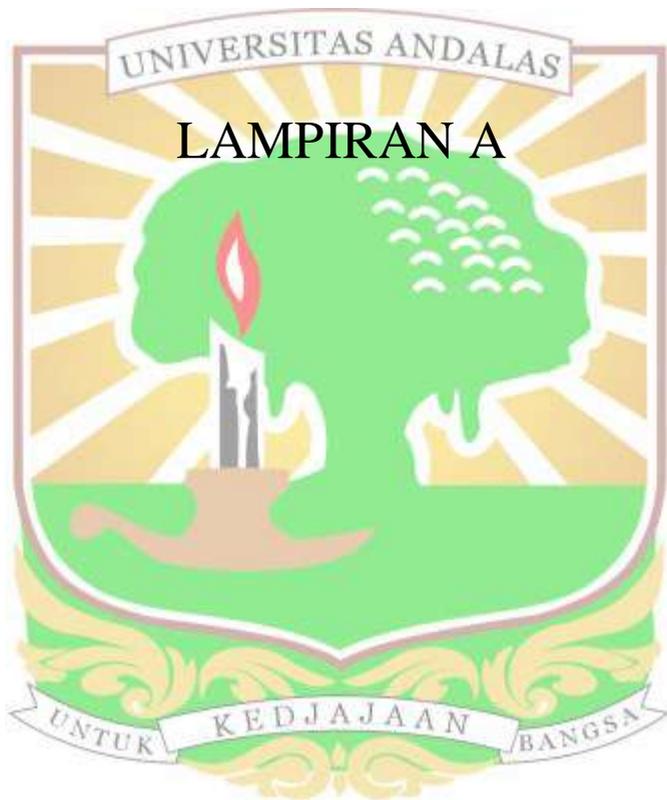
- Cabrera, J.G. & Hamzah, M.O. (1994), "Aggregate Grading Design For Porous Asphalt". In Cabrera, J.G. & Dixon, J.R. (eds), "Performance and Durability of Bituminous Materials", *Proceeding of Symposium*, University of Leeds, March 1994, London.
- Suprpto. 2004, *Bahan Struktur dan jalan Raya*. KMTS FT UGM. Yogyakarta.
- Bina Marga. *Spesifikasi Umum 2010*. Direktorat Jendral Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum.
- Sukirman, Silvia. 1993. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. NOVA. Bandung.
- Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya. 2008. "*petunjuk pelaksanaan praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya*". Jurusan teknik Sipil Universitas Andalas, Padang.
- Pernanda, P, 2015, *Uji kekuatan Aspal (stiffness) dengan Menggunakan Bahan Tambahan Karet Gondorukem*, Universitas Andalas, Padang
- SNI-06-2456-1991 "Penetrasi aspal"
- SNI-06-2434-1991 "Titik lembek aspal"
- SNI-06-2433-1991 "Titik nyala aspal"
- SNI-06-2432-1991 "Daktalitas aspal"
- SNI-06-2441-1991 "Berat Jenis aspal"
- SNI-03-1959-1990 "Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar"

SNI-03-1970-1990 “Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus”

SNI-03-4804-1998 “Penentuan Berat Isi Agregat”

SNI 01-5009.12.2001 “Standar kualitas gondorukem”.





LAMPIRAN A

Tabel Marshall Aspal Modifikasi Dengan Penambahan 0% karet gondorukem

NO SAMPEL	% aspal tbd	% agregat tbd	berat	berat	berat	isi	berat isi	BJ	isi	isi
	campuran	campuran	samplel	asf	diu ar		samplel	teoritis	aspal	agregat
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1A	5.70	94.30	1163.00	1182.90	646.70	625.103	1.86	2.31	10.33	68.00
1B	5.70	94.30	1154.60	1178.20	646.80	625.103	1.85	2.31	10.25	67.51
1C	5.70	94.30	1142.70	1184.10	629.20	625.103	1.83	2.31	10.15	66.81
2A	6.20	93.80	1170.70	1183.50	645.90	625.103	1.87	2.31	11.31	68.09
2B	6.20	93.80	1165.80	1181.00	644.10	625.103	1.86	2.31	11.26	67.80
2C	6.20	93.80	1141.50	1155.40	659.20	625.103	1.85	2.31	11.02	66.59
3A	6.70	93.30	1165.50	1181.90	641.80	625.103	1.86	2.31	12.16	67.43
3B	6.70	93.30	1171.20	1187.50	651.60	625.103	1.88	2.31	12.24	67.87
3C	6.70	93.30	1159.50	1173.10	644.50	625.103	1.85	2.31	12.10	67.07
4A	7.20	92.80	1164.10	1172.10	656.70	625.103	1.86	2.33	13.06	66.91
4B	7.20	92.80	1157.20	1167.80	638.70	625.103	1.85	2.33	12.98	66.59
4C	7.20	92.80	1116.90	1169.90	642.50	625.103	1.85	2.33	13.00	66.68
5A	7.70	92.30	1163.80	1173.20	627.70	625.103	1.86	2.31	13.96	66.61
5B	7.70	92.30	1133.50	1162.20	624.10	625.103	1.85	2.31	13.84	66.62
5C	7.70	92.30	1162.20	1173.20	633.70	625.103	1.86	2.31	13.94	66.51

NO SAMPEL	%	% rongga	% rongga	% rongga	harian	kolerasi ala	tinggi	angka	nilai	kelelahan	marshall
	rongga	agregat (%)	isi aspal (%)	campuran (%)	stabilitas		samplel	konkasi	stabilitas		
	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
1A	21.67	32.00	32.27	21.67	45.00	12.068	7.467	0.779	425.10	5.80	72.949
1B	22.24	32.49	31.55	22.24	45.00	12.068	7.433	0.783	425.41	5.20	81.810
1C	23.04	33.18	30.57	23.04	50.00	12.182	6.890	0.866	527.23	3.10	170.874
2A	20.80	31.91	35.43	20.80	51.00	12.204	6.908	0.853	531.96	3.70	143.330
2B	20.94	32.20	34.97	20.94	45.00	12.068	7.533	0.860	467.03	7.10	85.779
2C	22.59	33.61	32.80	22.59	38.00	11.881	6.467	0.942	425.18	3.40	125.652
3A	20.41	32.57	37.34	20.41	42.00	12.000	7.533	0.831	418.64	7.45	56.194
3B	19.88	32.13	38.11	19.88	58.00	12.182	7.533	0.831	506.26	3.70	136.801
3C	20.83	32.93	36.74	20.83	80.00	12.409	6.700	0.854	658.45	3.40	193.663
4A	19.96	33.02	39.54	19.96	61.00	12.416	6.633	0.899	681.88	3.70	184.676
4B	20.44	33.41	38.84	20.44	46.00	12.091	6.890	0.908	504.72	5.70	88.547
4C	20.32	33.32	39.01	20.32	59.00	12.182	6.733	0.878	534.99	5.80	85.519
5A	19.44	33.39	41.80	19.44	43.00	12.022	6.700	0.884	457.18	4.80	99.388
5B	20.13	33.98	40.71	20.15	48.00	11.954	6.890	0.866	413.93	4.70	88.065
5C	19.55	33.49	41.63	19.55	43.00	12.022	6.700	0.884	456.88	5.20	87.881

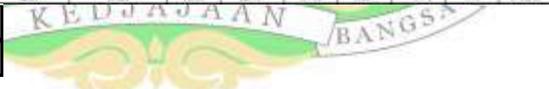
BJ Agregat :	2.58
BJ Aspal :	1.027

Tabel Marshall Aspal Modifikasi Dengan Penambahan 3% karet gondorukem

NO SAMPEL	% aspal tbd	% agregat tbd	berat	berat	berat	isi	berat isi	BJ	isi	isi
	campuran	campuran	sampel	asd	din air	g	sampel	teori	aspal	agregat
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1A	5.70	94.30	1164.00	1179.20	654.50	625.103	1.86	2.38	10.33	68.06
1B	5.70	94.30	1159.20	1177.00	652.60	625.103	1.85	2.38	10.29	67.78
1C	5.70	94.30	1154.50	1175.10	644.70	625.103	1.85	2.38	10.25	67.50
2A	6.20	93.80	1153.90	1169.00	648.60	625.103	1.85	2.36	11.34	67.11
2B	6.20	93.80	1155.80	1170.40	645.20	625.103	1.85	2.36	11.18	67.21
2C	6.20	93.80	1169.20	1184.20	656.30	625.103	1.87	2.36	11.29	68.00
3A	6.70	93.30	1166.20	1178.60	646.20	625.103	1.87	2.34	12.17	67.47
3B	6.70	93.30	1159.70	1168.00	647.20	625.103	1.86	2.34	12.10	67.89
3C	6.70	93.30	1155.50	1170.10	643.20	625.103	1.85	2.34	12.06	66.85
4A	7.20	92.80	1160.20	1171.60	639.50	625.103	1.86	2.33	13.03	66.76
4B	7.20	92.80	1158.90	1167.30	648.30	625.103	1.85	2.33	13.00	66.68
4C	7.20	92.80	1154.40	1166.00	640.30	625.103	1.85	2.33	12.95	66.43
5A	7.70	92.30	1164.30	1173.80	644.50	625.103	1.86	2.31	13.96	66.63
5B	7.70	92.30	1165.70	1173.10	650.90	625.103	1.86	2.31	13.98	66.71
5C	7.70	92.30	1167.10	1177.30	651.70	625.103	1.87	2.31	14.00	66.79

NO SAMPEL	%	% rangga	% rangga	% rangga	berat	Kalibrasi alat	tinggi	uruga	ulu	lelelehan	marshall
	rongga	tbd agregat (%TA)	berat aspal (%TA)	tbd campuran (%TA)	satubaru		rongga	koronas	satubaru		spesimen
	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	v
1A	21.80	11.94	32.36	21.80	69.00	12.474	7.000	0.944	728.94	3.40	211.340
1B	21.80	32.22	31.84	21.81	65.00	12.442	6.967	0.947	694.85	4.33	159.291
1C	22.24	32.50	31.54	22.24	60.00	12.474	7.000	0.944	728.44	2.62	274.127
2A	21.74	12.89	33.88	21.74	72.00	12.517	6.933	0.920	787.36	3.33	241.886
2B	21.63	12.79	34.94	21.63	70.00	12.281	6.712	0.878	754.85	3.25	232.281
2C	20.71	32.08	35.20	20.71	60.00	12.469	6.933	0.920	852.80	3.62	287.483
3A	20.36	32.53	37.41	20.36	72.00	12.517	6.933	0.920	787.36	3.42	231.282
3B	20.81	32.93	34.78	20.81	70.00	12.524	6.933	0.899	823.84	4.33	178.221
3C	21.89	33.13	34.37	21.89	60.00	12.469	6.967	0.947	650.40	4.23	159.086
4A	20.25	33.24	38.14	20.25	63.00	12.411	6.969	0.980	873.49	4.10	141.294
4B	20.32	33.32	38.01	20.32	60.00	12.462	6.713	0.878	752.20	4.10	184.210
4C	20.63	33.57	38.56	20.63	62.00	12.425	6.869	0.980	662.42	4.33	154.626
5A	19.40	33.37	41.87	19.40	53.00	12.210	6.867	0.926	576.81	4.80	120.871
5B	19.30	33.29	42.90	19.30	70.00	12.281	6.867	0.926	711.83	4.82	131.127
5C	19.21	33.25	42.56	19.21	68.00	12.687	6.760	0.984	748.71	4.49	130.389

BJ Agregat :	2.58
BJ Aspal :	1.027



Tabel Marshall Aspal Modifikasi Dengan Penambahan 5% karet gondorukem

NO SAMPEL	% aspal thd campuran	% agregat thd campuran	berat sampel	berat asd	berat diu air	isi	berat isi sampel	BJ teoritis	isi aspal	isi agregat
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
	1A	5.70	94.30	1160.40	1178.20	646.40	625.103	1.86	2.38	10.30
1B	5.70	94.30	1162.60	1178.70	653.00	625.103	1.86	2.38	10.32	67.98
1C	5.70	94.30	1165.60	1183.90	649.90	625.103	1.86	2.38	10.25	68.15
2A	6.20	93.80	1140.60	1157.40	631.70	625.103	1.82	2.36	11.02	66.34
2B	6.20	93.80	1113.30	1134.20	622.20	625.103	1.78	2.36	10.75	66.74
2C	6.20	93.80	1125.30	1148.70	626.20	625.103	1.80	2.36	10.87	65.46
3A	6.70	93.30	1167.10	1180.20	652.30	625.103	1.87	2.34	12.18	67.32
3B	6.70	93.30	1164.40	1173.20	654.60	625.103	1.86	2.34	12.13	67.36
3C	6.70	93.30	1166.50	1177.90	643.00	625.103	1.87	2.34	12.17	67.48
4A	7.20	92.80	1172.80	1180.20	652.00	625.103	1.88	2.33	13.13	67.48
4B	7.20	92.80	1170.78	1182.00	648.90	625.103	1.87	2.33	13.13	67.36
4C	7.20	92.80	1155.30	1164.50	643.70	625.103	1.85	2.33	12.95	66.47
5A	7.70	92.30	1149.30	1162.60	637.00	625.103	1.84	2.31	13.79	65.79
5B	7.70	92.30	1171.40	1178.10	648.60	625.103	1.87	2.31	14.05	67.04
5C	7.70	92.30	1178.30	1166.00	650.10	625.103	1.85	2.31	13.89	66.20

NO SAMPEL	% rongga	% rongga thd agregat (%VA)	% rongga thd aspal (%VA)	% rongga thd campuran (%VA)	berat stabiliser	Kalibrasi alat	tinggi sampel	uruga korodasi	nilai stabiliser	kelembaban	marshali spactum
	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	v
1A	21.85	32.15	32.81	21.87	38.00	12.318	6.967	0.847	384.89	5.40	171.791
1B	21.70	32.02	32.24	21.70	38.00	12.386	6.867	0.826	421.83	1.80	147.693
1C	21.30	31.89	32.30	21.20	40.36	12.443	7.113	0.831	471.85	5.80	133.029
2A	22.45	33.66	32.72	22.45	38.00	12.318	6.489	0.960	462.22	3.60	220.739
2B	24.30	33.26	36.46	24.30	33.00	12.285	6.700	0.834	398.25	4.33	137.481
2C	23.87	34.34	33.47	23.87	33.00	12.303	6.833	0.880	420.34	3.33	244.986
3A	20.30	32.48	37.30	20.30	38.00	12.481	6.433	0.971	456.66	4.25	195.487
3B	20.40	32.64	37.23	20.40	38.00	12.318	6.667	0.891	414.45	5.60	175.250
3C	20.34	32.32	37.44	20.34	33.00	12.517	6.813	0.880	497.33	3.10	280.434
4A	19.38	32.32	44.40	19.38	40.00	12.431	6.700	0.884	492.38	3.10	225.412
4B	19.21	32.64	44.23	19.21	40.00	12.445	6.813	0.860	492.45	3.85	190.852
4C	20.58	33.33	38.83	20.58	42.00	12.423	6.712	0.878	476.36	4.40	153.718
5A	20.43	34.21	44.30	20.43	40.00	11.914	6.500	0.913	442.96	4.25	184.996
5B	18.81	32.96	42.81	18.81	48.00	12.467	7.000	0.844	713.20	3.15	281.437
5C	19.82	33.73	41.21	19.82	45.00	12.512	6.700	0.884	488.36	4.40	195.382

BJ Agregat :	2.58
BJ Aspal :	1.027

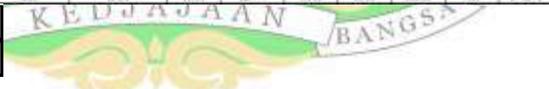


Tabel Marshall Aspal Modifikasi Dengan Penambahan 7% karet gondorukem

NO SAMPEL	% aspal tbd	% agregat tbd	berat	berat	berat	isi	berat isi	BJ	isi	isi
	campuran	campuran	sample	asd	dan air		sample	teonis	aspal	agregat
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1A	5.70	94.30	1164.80	1181.40	649.70	625.103	1.86	2.38	10.34	68.10
1B	5.70	94.30	1163.10	1179.30	647.80	625.103	1.86	2.38	10.33	68.01
1C	5.70	94.30	1164.40	1178.50	658.30	625.103	1.86	2.38	10.34	68.08
2A	6.20	93.80	1155.50	1168.70	650.00	625.103	1.85	2.36	11.14	67.09
2B	6.20	93.80	1153.30	1167.50	649.90	625.103	1.84	2.36	11.14	67.08
2C	6.20	93.80	1155.30	1167.40	645.10	625.103	1.85	2.36	11.18	67.19
3A	6.70	93.30	1154.40	1165.80	644.20	625.103	1.85	2.34	12.05	66.78
3B	6.70	93.30	1156.10	1169.00	642.80	625.103	1.85	2.34	12.07	66.88
3C	6.70	93.30	1152.20	1163.50	643.80	625.103	1.84	2.34	12.02	66.66
4A	7.20	92.80	1165.80	1172.90	646.80	625.103	1.86	2.33	13.07	67.07
4B	7.20	92.80	1170.40	1179.60	654.80	625.103	1.87	2.33	13.13	67.35
4C	7.20	92.80	1150.30	1162.30	642.40	625.103	1.84	2.33	12.90	66.19
5A	7.70	92.30	1166.20	1174.60	647.20	625.103	1.87	2.31	13.99	66.74
5B	7.70	92.30	1163.40	1175.60	650.40	625.103	1.86	2.31	13.95	66.58
5C	7.70	92.30	1162.80	1173.80	652.00	625.103	1.86	2.31	13.95	66.55

NO SAMPEL	%	% rangga	% rangga	% rangga	berat	Kebijakan	tinggi	angka	nilai	keterangan	marshall
	rangga	tdl agregat (%TA)	berat aspal (%TA)	tdl campuran (%TA)	subtitusi		sample	koronas	subtitusi		spesimen
	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	v
1A	21.56	11.90	32.41	21.26	68.00	12.467	6.867	0.891	753.21	2.25	286.128
1B	21.67	11.99	32.28	21.67	65.00	12.443	6.790	0.913	754.40	2.20	228.632
1C	21.08	11.92	32.38	21.20	89.00	12.541	6.960	0.908	802.91	2.20	336.533
2A	21.77	12.95	33.83	21.77	87.00	12.547	6.560	0.913	891.81	3.20	399.844
2B	21.78	12.92	33.83	21.78	87.00	12.419	6.400	0.908	787.56	3.15	240.496
2C	21.83	12.83	34.21	21.83	73.00	12.517	6.300	0.915	872.88	2.90	382.027
3A	21.17	13.22	36.27	21.17	89.00	12.555	6.590	0.913	894.96	4.30	388.212
3B	21.05	13.12	36.43	21.85	73.00	12.517	6.535	0.924	897.66	4.40	187.194
3C	21.32	13.54	36.86	21.32	82.00	12.551	6.513	0.924	858.83	4.60	237.732
4A	19.84	12.93	38.70	19.86	83.00	12.548	6.367	0.906	927.42	6.10	160.430
4B	19.35	12.65	40.20	19.33	74.00	12.519	6.800	0.908	840.56	4.90	160.310
4C	20.91	13.80	38.36	20.91	88.00	12.553	6.512	0.924	857.82	2.60	356.891
5A	19.27	13.26	42.86	19.27	78.00	12.481	6.480	0.940	838.72	4.45	188.477
5B	19.46	13.42	41.76	19.46	74.00	12.519	6.367	0.908	841.75	4.35	186.518
5C	19.51	13.43	43.80	19.51	69.00	12.476	6.560	0.913	883.81	4.60	174.571

BJ Agregat :	2.58
BJ Aspal :	1.027



Tabel Marshall Aspal Modifikasi Dengan Penambahan 10% karet gondorukem

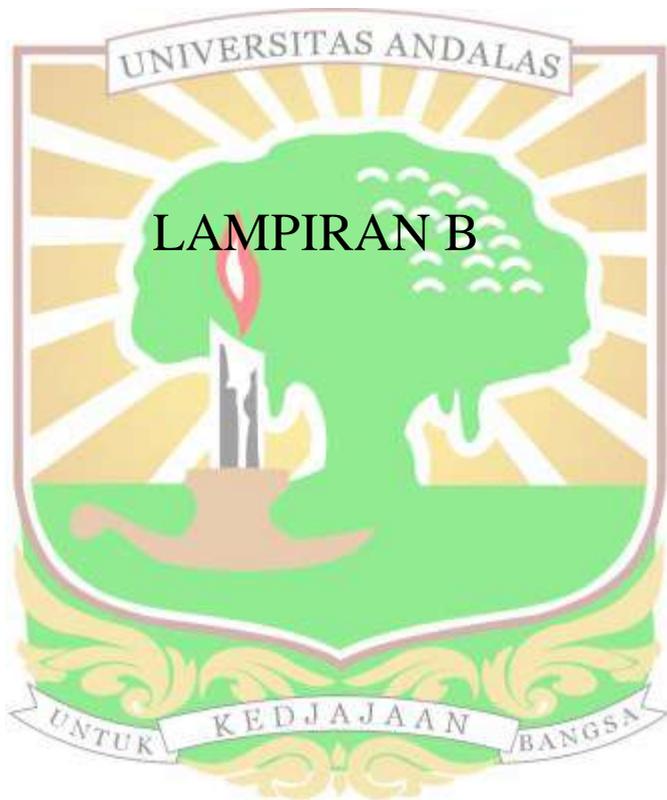
NO SAMPEL	% aspal thd campuran	% agregat thd campuran	berat sampel	berat asd	berat oliu air	isi	berat isi sampel	BJ	isi	isi
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
1A	5.70	94.30	1153.30	1170.80	648.60	625.103	1.84	2.38	10.24	67.43
1B	5.70	94.30	1161.40	1178.60	650.40	625.103	1.86	2.38	10.31	67.91
1C	5.70	94.30	1136.80	1155.60	642.50	625.103	1.82	2.38	10.09	66.47
2A	6.20	93.80	1156.20	1171.50	648.70	625.103	1.85	2.36	11.17	67.25
2B	6.20	93.80	1151.90	1169.20	644.30	625.103	1.84	2.36	11.12	67.00
2C	6.20	93.80	1156.00	1172.00	640.80	625.103	1.85	2.36	11.16	67.23
3A	6.70	93.30	1161.60	1172.50	651.30	625.103	1.86	2.34	12.12	67.20
3B	6.70	93.30	1160.20	1170.00	654.50	625.103	1.86	2.34	12.11	67.12
3C	6.70	93.30	1159.70	1169.60	637.60	625.103	1.86	2.34	12.10	67.09
4A	7.20	92.80	1159.20	1166.50	650.00	625.103	1.85	2.33	13.00	66.70
4B	7.20	92.80	1158.80	1168.50	650.60	625.103	1.85	2.33	13.00	66.68
4C	7.20	92.80	1155.90	1165.20	646.20	625.103	1.85	2.33	12.96	66.51
5A	7.70	92.30	1162.60	1171.40	648.30	625.103	1.86	2.31	13.94	66.54
5B	7.70	92.30	1157.00	1166.20	646.50	625.103	1.85	2.31	13.88	66.22
5C	7.70	92.30	1150.20	1163.40	635.10	625.103	1.84	2.31	13.80	65.83

NO SAMPEL	% rongga	% rongga thd agregat (VMA)	% rongga thd aspal (VFA)	% rongga thd campuran (VDM)	berat stabiliser	Kalibrasi alat	tinggi sampel	rongga koronas	nilai stabilitas	lelelehan	marshali
	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	v
1A	22.33	22.77	31.44	22.33	39.06	12.386	6.767	0.872	607.00	3.15	262.254
1B	21.78	22.08	32.11	21.78	67.00	12.419	6.800	0.886	722.39	4.13	176.240
1C	23.44	33.73	38.00	23.44	31.96	12.284	6.800	0.886	338.91	4.00	134.723
2A	21.59	22.73	34.09	21.59	67.00	12.445	6.813	0.880	693.43	3.85	228.011
2B	21.88	23.00	33.71	21.88	69.00	12.474	6.712	0.878	792.84	3.60	209.956
2C	21.80	22.77	34.87	21.80	66.00	12.422	6.800	0.886	711.72	4.75	149.833
3A	20.68	22.88	34.80	20.68	77.00	12.511	6.867	0.856	826.56	4.79	175.820
3B	20.77	22.88	34.83	20.77	78.00	12.539	6.790	0.863	893.80	5.65	152.780
3C	20.81	22.90	34.78	20.81	78.00	12.539	6.767	0.856	892.61	4.39	199.023
4A	20.39	22.58	35.94	20.39	73.00	12.503	6.613	0.869	820.34	4.85	190.234
4B	20.33	22.52	36.00	20.33	65.00	12.411	6.715	0.878	887.75	4.35	121.140
4C	20.52	22.48	36.71	20.52	34.00	12.218	6.869	0.886	773.81	5.50	184.347
5A	19.52	22.44	41.67	19.52	54.00	12.273	6.767	0.872	677.76	5.15	187.996
5B	19.81	22.78	42.88	19.81	70.00	12.481	6.500	0.911	812.53	8.85	181.250
5C	20.38	24.17	48.07	20.38	37.00	11.845	6.660	0.888	387.72	6.19	98.362

BJ Agregat :	2.58
BJ Aspal :	1.027



- a = % aspal thd campuran
- b = % agregat thd campuran
- c = 100% - % aspal thd campuran
- d = Berat Sampel
- e = Berat H2O sampel
- f = Berat stabiliser
- g = Berat (a + b + c)
- h = Berat (a + b)
- i = Berat (a + b + c)
- j = Berat (a + b + c + d)
- k = % rongga
- l = % rongga thd agregat (VMA)
- m = % rongga thd aspal (VFA)
- n = % rongga thd campuran (VDM)
- o = Berat stabiliser
- p = Kalibrasi alat
- q = tinggi sampel
- r = rongga koronas
- s = nilai stabilitas
- t = lelelehan
- v = marshali



LAMPIRAN B

PENETRASI

Tabel pemeriksaan penetrasi aspal + 3 % Karet

Pemeriksaan penetrasi	Sampel		
	I	II	III
Pengamat ke-1	100	105	103
Pengamat ke-2	102	93	94
Pengamat ke-3	99	109	104
Pengamat ke-4	101	105	99
Pengamat ke-5	104	93	97
Rata-rata	101.2	101	99.4
Penetrasi aspal + 0% Kapur			100.53

Sumber : (Perdana,2015)

Tabel pemeriksaan penetrasi aspal + 3 % Karet

Pemeriksaan penetrasi	Sampel		
	I	II	III
Pengamat ke-1	72	65	63
Pengamat ke-2	63	70	67
Pengamat ke-3	73	66	65
Pengamat ke-4	76	61	70
Pengamat ke-5	60	80	72
Rata-rata	68.8	68.4	67.4
Penetrasi aspal + 3% Kapur			68.2

Sumber : (Perdana,2015)

Tabel pemeriksaan penetrasi aspal + 5 % Karet

Pemeriksaan penetrasi	Sampel		
	I	II	III
Pengamat ke-1	79	70	67
Pengamat ke-2	74	76	67
Pengamat ke-3	65	61	69
Pengamat ke-4	76	74	80
Pengamat ke-5	75	67	71
Rata-rata	73.8	69.6	70.8
Penetrasi aspal + 5% Kapur			71.4

Sumber : (Perdana,2015)

Tabel pemeriksaan penetrasi aspal + 7 % Karet

Pemeriksaan penetrasi	Sampel		
	I	II	III
Pengamat ke-1	78	77	65
Pengamat ke-2	82	75	64
Pengamat ke-3	73	85	73
Pengamat ke-4	77	74	70
Pengamat ke-5	72	67	68
Rata-rata	76.4	75,6	68
Penetrasi aspal + 7% kapur			73.33

Sumber : (Perdana,2015)

Tabel pemeriksaan penetrasi aspal + 10 % Karet

Pemeriksaan penetrasi	Sampel		
	I	II	III
Pengamat ke-1	68	72	63
Pengamat ke-2	70	68	68
Pengamat ke-3	67	69	65
Pengamat ke-4	69	68	67
Pengamat ke-5	69	55	62
Rata-rata	68.6	66.4	65
Penetrasi aspal + 10% Kapur			66.66

Sumber : (Perdana,2015)

TITIK LEMBЕК

Tabel pemeriksaan titik lembek aspal + 3 % Karet

uhu (°C)	Waktu							
	0	5	0	5	0	5	0	1
ampe I I		7.29	.09.52	.45.82	.19.08	.57.83		
ampe I II		7.29	.09.52	.45.82	.19.08	.57.83	.40.40	
ampe I III		7.29	.09.52	.45.82	.19.08	.57.83	.40.40	.47.3 8

Sumber : (Perdana,2015)

Tabel pemeriksaan titik lembek aspal + 5 % Karet

uhu (°C)									
	0	5	0	5	0	5	0	1	3
ampe I I		8.03	.02.2 3	.35.1 2	.12. 14	.44. 03	.17.8 4	.30. 17	
ampe I I		8.03	.02.2 3	.35.1 2	.12. 14	.44. 03	.17.8 4	.30. 17	.57. 32
ampe I II		8.03	.02.2 3	.35.1 2	.12. 14	.44. 03	.17.8 4		

Sumber : (Perdana,2015)

Tabel pemeriksaan titik lembek aspal + 7 % Karet

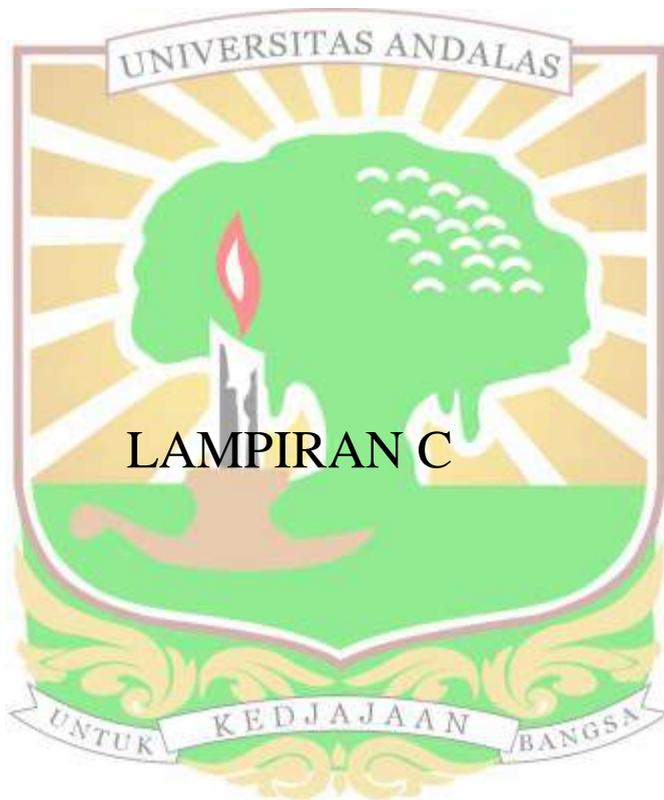
uhu °C)	Waktu									
	0	5	0	5	0	5	9	0	2	4
amp el I		2.6 2	5.4 8	.33. 05	.10. 87	.53. 84	.23. 79	.36. 90	.53. 20	
amp el II		2.6 2	5.4 8	.33. 05	.10. 87	.53. 84	.23. 79			
amp el III		2.6 2	5.4 8	.33. 05	.10. 87	.53. 84	.23. 79	.36. 90	.53. 20	.08. 12

Sumber : (Perdana,2015)

Tabel pemeriksaan titik lembek aspal + 10 % Karet

uhu °C)	Waktu								
	0	5	0	5	0	5	9	0	2
ampe l I		8.42	.37.8 7	.20. 20	.04.4 4	.47.1 7	.28.7 8	.36.2 3	.59. 12
ampe l II		'51 "	'6" "	'24 "	1'02 "	2'15 "	.28.7 8	.36.2 3	
ampe l III		'28 "	'22" "	'33 "	1'15 "	2'24 "	.28.7 8		

Sumber : (Perdana,2015)



LAMPIRAN C

Tabel Luas Permukaan Agregat (Cm²)



%	Lana Perumahan cm ²								%
	Kategori Ukuran								
	lana 200	80 - 200	40 - 80	20 - 40	10 - 20	4 - 10	1/2 inch - 4	1/2 inch	
1	613	182	82	36	19	6	3	1	1
2	1230	364	163	73	33	13	6	3	2
3	1843	546	245	109	49	19	10	4	3
4	2480	728	325	146	66	26	13	6	4
5	3075	910	408	182	82	32	16	7	5
6	3690	1092	489	218	98	38	19	8	6
7	4303	1274	571	255	113	45	22	10	7
8	4920	1456	652	291	131	51	26	11	8
9	5555	1638	734	328	148	58	29	13	9
10	6150	1820	815	364	164	64	32	14	10
11	6765	2002	897	400	183	70	35	15	11
12	7380	2184	978	347	197	77	38	17	12
13	7995	2366	1060	473	213	83	42	18	13
14	8610	2548	1141	510	230	90	45	20	14
15	9225	2730	1223	546	245	96	48	21	15
16	9840	2912	1304	582	262	102	51	22	16
17	10445	3094	1385	619	279	109	54	24	17
18	11070	3276	1467	655	295	115	58	25	18
19	11683	3458	1549	692	312	122	61	27	19
20	12300	3640	1630	728	328	128	64	28	20
21	12915	3822	1712	764	344	134	67	29	21
22	13530	4004	1793	801	361	141	70	31	22
23	14145	4186	1875	837	377	147	74	32	23
%	Lana Perumahan cm ²								%
	Kategori Ukuran								
	lana 200	80 - 200	40 - 80	20 - 40	10 - 20	4 - 10	1/2 inch - 4	1/2 inch	
24	14750	4368	1956	874	394	154	77	34	24
25	15375	4550	2038	910	410	160	80	35	25
26	15990	4732	2119	946	425	166	83	36	26
27	16605	4914	2201	983	443	173	86	38	27
28	17220	5096	2282	1019	459	179	90	39	28
29	17835	5278	2278	1056	475	186	93	41	29
30	18450	5460	2445	1093	492	192	96	42	30
31	-	-	2527	1128	508	198	99	43	31
32	-	-	2608	1165	525	205	102	45	32
33	-	-	2690	1201	541	211	106	46	33
34	-	-	2771	1238	558	218	109	48	34
35	-	-	2853	1274	574	224	112	49	35
36	-	-	2934	1310	590	230	115	50	36
37	-	-	3016	1347	607	237	118	52	37
38	-	-	3097	1383	623	243	122	53	38
39	-	-	3179	1420	640	249	125	55	39
40	-	-	3260	1456	656	256	128	56	40
41	-	-	3342	1492	672	262	131	57	41
42	-	-	3423	1529	689	269	134	59	42
43	-	-	3505	1565	705	275	138	60	43
44	-	-	3586	1602	722	282	141	62	44
45	-	-	3668	1638	738	288	144	63	45
46	-	-	3749	1674	754	294	147	64	46
47	-	-	3831	1711	771	301	150	66	47
48	-	-	3912	1747	787	307	154	67	48
49	-	-	3994	1784	804	314	157	69	49
50	-	-	4075	1820	820	320	160	70	50

Tabel Persentase Aspal

Luas Persegi panjang (mm ²)	Pasangan Angul											
	50-60	60-70	70-80	80-100	100-120	120-150	150-200	200-300	BC-6	BC-5	BC-4	BC-3
1000	6.00	5.90	5.75	5.65	5.50	5.35	5.20	5.00	4.75	4.50	4.10	3.85
1200	6.20	6.10	5.95	5.80	5.70	5.55	5.35	5.15	4.90	4.65	4.25	3.75
1400	6.40	6.30	6.15	6.00	5.85	5.70	5.50	5.30	5.00	4.80	4.40	3.90
1600	6.60	6.50	6.35	6.20	6.05	5.90	5.70	5.50	5.25	4.90	4.30	4.00
1800	6.80	6.65	6.55	6.40	6.20	6.05	5.85	5.65	5.40	5.05	4.65	4.15
2000	7.00	6.85	6.75	6.55	6.40	6.25	6.05	5.80	5.55	5.20	4.80	4.25
2200	7.15	7.00	6.85	6.70	6.55	6.40	6.15	5.95	5.65	5.35	4.90	4.35
2400	7.25	7.10	6.95	6.80	6.65	6.25	6.26	6.00	5.75	5.40	4.95	4.44
2600	7.35	7.20	7.05	6.90	6.75	6.35	6.35	6.10	5.80	5.50	5.05	4.45
2800	7.45	7.30	7.15	7.00	6.80	6.65	6.40	6.20	5.90	5.55	5.10	4.65
3000	7.50	7.35	7.20	7.05	6.85	6.70	6.45	6.25	5.95	5.60	5.15	4.55
4000	7.60	7.45	7.30	7.15	6.95	6.80	6.55	6.30	6.00	5.65	5.20	4.60
5000	7.70	7.55	7.40	7.25	7.05	6.85	6.65	6.40	6.10	5.75	5.25	4.70
6000	7.80	7.65	7.50	7.30	7.15	6.95	6.70	6.50	6.20	5.80	5.35	4.75
7000	8.00	7.85	7.70	7.50	7.30	7.15	6.90	6.60	6.35	5.95	5.50	4.85
8000	8.30	8.15	8.00	7.80	7.60	7.40	7.15	6.65	6.40	6.20	5.70	5.65
9000	8.65	8.50	8.30	8.10	7.90	7.45	7.45	6.90	6.25	6.45	5.80	5.25
10000	9.00	8.85	8.65	8.65	8.45	8.05	7.75	7.20	7.15	6.70	6.15	5.65
11000	9.40	9.20	9.00	8.80	8.60	8.40	8.10	7.50	7.45	7.00	6.45	5.70
12000	9.50	9.60	9.40	9.20	8.95	8.75	8.45	7.80	7.75	7.30	6.70	5.95
13000	10.20	10.00	9.80	9.55	9.35	9.10	8.80	7.45	8.10	7.60	7.00	6.20
14000	10.60	10.40	10.20	9.95	9.70	9.45	9.15	8.80	8.40	7.90	7.25	6.45
15000	11.00	10.80	10.60	10.30	10.10	9.80	9.50	9.15	8.70	8.20	7.55	6.70
16000	11.40	11.20	10.95	10.70	10.45	10.15	9.80	9.45	9.05	8.50	7.80	6.90
17000	11.80	11.55	11.35	11.05	10.80	10.50	10.15	9.80	9.35	8.80	8.10	7.15
18000	12.20	11.95	11.75	11.45	11.15	10.90	10.50	10.15	9.65	9.10	8.35	7.40
19000	12.60	12.35	12.10	11.85	11.55	11.25	10.85	10.45	10.00	9.40	8.65	7.65
20000	13.00	12.50	12.50	12.20	11.90	11.60	11.20	10.80	10.30	9.70	8.90	7.90



Tabel Angka Korelasi Stabilitas

Volume Benda Uji	Tebal Benda Uji	Angka korelasi
------------------	-----------------	----------------

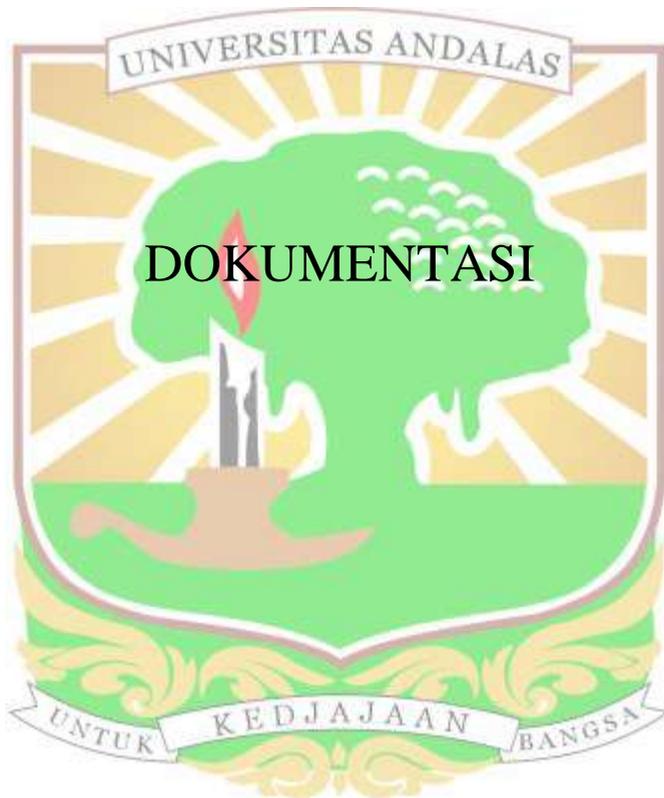
cm ³	inc	mm	
200 – 213	1	25,4	5,56
214 – 225	1 1/16	27,0	5,00
226 – 237	1 1/8	28,6	4,55
238 – 250	1 3/16	30,2	4,17
251 – 264	1 ¼	31,8	3,85
265 – 276	1 5/16	33,3	3,57
277 – 289	1 3/8	34,9	3,33
290 – 301	1 7/16	36,5	3,03
302 – 316	1 ½	38,1	2,78
317 – 328	1 9/16	39,7	2,50
329 – 340	1 5/8	41,3	2,27
341 – 353	1 11/16	42,9	2,08
354 – 367	1 ¾	44,4	1,92
368 – 379	1 13/16	46,0	1,79
380 – 392	1 7/8	47,6	1,67
393 – 405	1 15/16	49,2	1,56
406 – 420	2	50,8	1,47
421 – 431	2 1/16	52,4	1,39
432 – 443	2 1/8	54,0	1,32
444 – 456	2 3/16	55,6	1,25
457 – 470	2 ¼	57,2	1,15
471 – 482	2 5/16	58,7	1,14
483 – 495	2 3/8	60,3	1,09
496 – 508	2 7/16	61,9	1,04
509 – 522	2 ½	63,5	1,00
523 – 535	2 9/16	64,0	0,96
536 – 546	2 5/8	65,1	0,93
547 – 559	2 11/16	66,7	0,89
560 – 573	2 ¾	68,3	0,86
574 – 585	2 13/16	71,4	0,83
586 – 598	2 7/8	73,0	0,81
599 – 610	2 15/16	74,6	0,78
611 – 625	3	76,2	0,76

Tabel Faktor Kekasaran Permukaan Agregat

No.	Macam Permukaan	K
-----	-----------------	---

1	Licin mengkilat	0,85
2	Berselubung sedikit-sedikit, licin, bundar	0,90
3	Berselubung sedikit, tidak teratur	0,95
4	Berselubung sedang, tidak teratur	1,00
5	Berselubung sedang, kasar	1,05
6	Berselubung sedang, bersudut-sudut	1,10
7	Berselubung banyak, bersudut, menyerap	1,15
8	Berselubung banyak, menyerap	1,20
9	Berselubung sangat banyak, menyerap	1,25





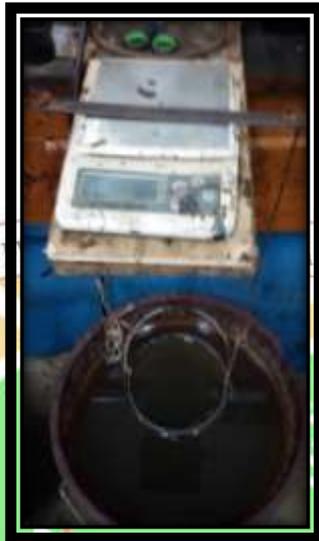
DOKUMENTASI



Gambar 1 : Penjemuran Agregat



Gambar 2 : Analisa Saringan



Gambar 3 : Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar



Gambar 4 : Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus



Gambar 5 : Pemeriksaan Berat Isi Agregat Kasar



Gambar 6 : Pemeriksaan keausan mesin *Los Angeles*



Gambar 7 : Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan



Gambar 8 : Pemeriksaan Berat Jenis Semen



Gambar 9 : Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar



Gambar 10 : Pemeriksaan Berat Jenis



Gambar 11 : Pemeriksaan Daktilitas



Gambar 12 : Pemeriksaan Titik Lembek



Gambar 13 : Pemeriksaan Penetrasi



Gambar 14 : Penimbangan Aspal



Gambar 15 : Penimbangan *Karet Gondorukem*



Gambar 16 : Pembakaran *Karet Gondorukem*



Gambar 17 : *Pencampuran Karet Gondorukem dengan aspal*



Gambar 18 : *Pembuatan Benda Uji*



Gambar 19 : Proses Pengeluaran Benda Uji



Gambar 20 : Pengujian Stabilitas Dan Flow



Gambar 21 : Sampel Setelah dilakukan Pengujian Marshall Test