

## TUGAS AKHIR

**PENGARUH ZEOLITE ALAM TERHADAP MATERIAL  
PENGANTI AGREGAT HALUS PADA PERKERASAN HRS-  
BASE DENGAN METODE BINA MARGA  
(*EFFECT OF NATURAL ZEOLITE AS THE MATERIAL  
SUBSTITUTE OF FINE AGGREGATE ON PAVEMENT (HRS -  
BASE ) METHOD OF BINA MARGA*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan  
Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**Arief Kurniawan  
11511208**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2017**

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah rabbi 'alamin. Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *Pengaruh Zeolite alam terhadap material pengganti agregat halus pada perkerasan HRS-BASE dengan metode Bina Marga* ini. Tugas akhir ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama melaksanakan penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu rasa terima kasih disampaikan kepada :

1. Bapak Ir. Subarkah, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, kesabaran, dan pemahaman, serta pengertian yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini,
2. Bapak Ir. Bachnas, M.Sc dan bapak Berlian Kushari, ST., M.Eng selaku dosen penguji tugas akhir atas bimbingan dan pemahaman yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini,
3. Ibu Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
4. Kedua orangtua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara moril dan materiil serta doa yang tiada pernah berhenti dipanjatkan selama menuntut ilmu di Universitas Islam Indonesia sehingga terselesaikannya tugas akhir ini,
5. Ervira Nurul Hidayat atas saran, semangat, dan doa sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini,
6. Arif Arfan Y., Deo Pandu P., Aris Widodo, dan Tri Gunawan atas bantuan selama pembuatan dan pengujian benda uji serta kritik dan saran sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini,
7. Pak Kamta dan Pak Pranoto atas bantuan dan saran yang diberikan selama penyusunan tugas akhir ini,

8. Segenap pegawai di bagian pengajaran Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, atas kemudahan yang diberikan selama penyusunan tugas akhir,
9. Teman-teman dan semua pihak terkait yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan, dukungan, kerjasama, bimbingan, dan doa dari semua pihak yang disebutkan diatas. Maka dari itu penulis haturkan terima kasih dan doa yang penulis panjatkan kiranya ALLAH SWT berkenan membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak serta bagi semua pihak yang membutuhkan.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*



Yogyakarta, Desember 2016

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**PENGARUH ZEOLITE ALAM TERHADAP MATERIAL  
PENGANTI AGREGAT HALUS PADA PERKERASAN  
HRS-BASE DENGAN METODE BINA MARGA  
(EFFECT OF NATURAL ZEOLITE AS AS THE  
SUBTITUTION MATERIAL FOR FINE AGGREGATE ON  
PAVEMENT (HRS - BASE ) METHOD OF BINA MARGA)**



disusun oleh  
**Arief Kurniawan**  
11511208

telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Pembimbing

  
Ir. Subarkah, MT

Penguji I

  
Berlian Kushari, ST., M.Eng

16/1/2017

Penguji II

  
Ir. Bachnas, M.Sc

16 Jan 2017 -

Mengesahkan

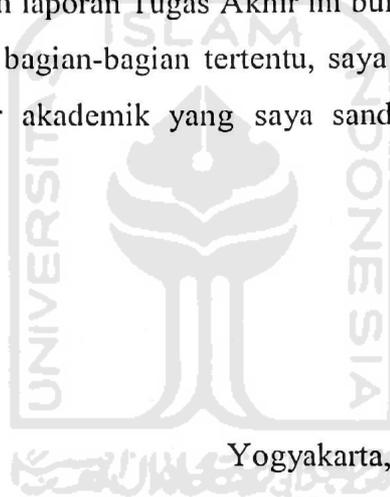


Kenia Program Studi Teknik Sipil

Miftahul Fauziah, ST., M.T., Ph.D.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.



Yogyakarta, Desember 2016

Yang membuat pernyataan.



Alief Kurniawan

(11511208)

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH ZEOLITE ALAM TERHADAP MATERIAL  
PENGANTI AGREGAT HALUS PADA PERKERASAN  
HRS-BASE DENGAN METODE BINA MARGA  
(*EFFECT OF NATURAL ZEOLITE AS THE MATERIAL  
SUBSTITUTE OF FINE AGGREGATE ON PAVEMENT  
(HRS - BASE ) METHOD OF BINA MARGA*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Strata Satu Teknik Sipil**



**Arief Kurniawan  
11511208**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2016**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**PENGARUH ZEOLITE ALAM TERHADAP MATERIAL  
PENGANTI AGREGAT HALUS PADA PERKERASAN  
HRS-BASE DENGAN METODE BINA MARGA  
(*EFFECT OF NATURAL ZEOLITE AS THE MATERIAL  
SUBSTITUTE OF FINE AGGREGATE ON PAVEMENT  
(HRS - BASE ) METHOD OF BINA MARGA*)**



telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

**Pembimbing**

**Penguji I**

**Penguji II**

**Ir. Subarkah, MT**

**Berlian Kushari, ST., M.Eng**

**Ir. Bachnas, M.Sc**

Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Miftahul Fauziah, ST., M.T., Ph.D.**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk memenuhi salah satu persyaratan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia seluruhnya merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, Desember 2016

Yang membuat pernyataan,

Materai 6.000

Arief Kurniawan

(11511208)

## KATA PENGANTAR



*Assalamu 'alaikum Wr. Wb*

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas karunia-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul *Pengaruh Zeolite alam terhadap material pengganti agregat halus pada perkerasan HRS-BASE dengan metode Bina Marga* ini. Tugas akhir ini merupakan syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Selama melaksanakan penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu rasa terima kasih disampaikan kepada :

1. Bapak Ir. Subarkah, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, kesabaran, dan pemahaman, serta pengertian yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini,
2. Bapak Ir. Bachnas, M.Sc dan bapak Berlian Kushari, ST., M.Eng selaku dosen penguji tugas akhir atas bimbingan dan pemahaman yang diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini,
3. Ibu Miftahul Fauziah, ST, MT, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,
4. Kedua orangtua penulis yang telah memberikan dukungan baik secara moril dan materiil serta doa yang tiada pernah berhenti dipanjatkan selama menuntut ilmu di Universitas Islam Indonesia sehingga terselesaikannya tugas akhir ini,
5. Ervira Nurul Hidayat atas saran, semangat, dan doa sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini,

6. Arif Arfan Y., Deo Pandu P., Aris Widodo, dan Tri Gunawan atas bantuan selama pembuatan dan pengujian benda uji serta kritik dan saran sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini,
7. Pak Kamta dan Pak Pranoto atas bantuan dan saran yang diberikan selama penyusunan tugas akhir ini,
8. Segenap pegawai di bagian pengajaran Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, atas kemudahan yang diberikan selama penyusunan tugas akhir,
9. Teman-teman dan semua pihak terkait yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini tidak dapat terwujud tanpa bantuan, dukungan, kerjasama, bimbingan, dan doa dari semua pihak yang disebutkan diatas. Maka dari itu penulis haturkan terima kasih dan doa yang penulis panjatkan kiranya ALLAH SWT berkenan membalas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak serta bagi semua pihak yang membutuhkan.

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb*

Yogyakarta, Desember 2016

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	1
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
ABSTRAK	xi
<b>ABSTRACT</b>	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 MANFAAT PENELITIAN	3
1.5 BATASAN PENELITIAN	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 UMUM	5
2.2 HOT ROLLED SHEET (HRS)	5
2.3 ASPAL	5
2.4 AGREGAT	6
2.5 AGREGAT HALUS	6
2.6 ZEOLITE	7
2.6 PENELITIAN SEBELUMNYA	7

2.7	KEASLIAN PENELITIAN YANG DILAKUKAN	10
	BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1	LAPIS PERKERASAN	11
3.2	PERKERASAN LENTUR	11
3.3	BAHAN PENYUSUN PERKERASAN HRS ( <i>HOT ROLLED SHEET</i> )	11
3.4	GRADASI AGREGAT	17
3.5	KARAKTERISTIK <i>MARSHALL TEST</i>	18
3.6	UJI PEREDAMAN ( <i>IMMERSION TEST</i> )	21
3.7	UJI TARIK TIDAK LANGSUNG ( <i>INDIRECT TENSILE TEST</i> )	21
3.8	RUMUS-RUMUS UNTUK ANALISIS DATA	22
	BAB IV METODE PENELITIAN	28
4.1	LOKASI PENELITIAN	28
4.2	METODE PENGAMBILAN DATA	28
4.3	TAHAPAN PENELITIAN	30
4.4	PERENCANAAN CAMPURAN	33
4.5	PENGUJIAN <i>MARSHALL</i> UNTUK MENCARI KADAR ASPAL OPTIMUM	37
4.6	JUMLAH BENDA UJI	38
4.7	CARA MELAKUKAN PENGUJIAN	40
	BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	47
5.1	HASIL PENELITIAN	47
5.2	PEMBAHASAN KARAKTERISTIK <i>MARSHALL</i> UNTUK PENENTUAN KAO	52
5.3	PEMBAHASAN LANJUTAN	66
	BAB VI SIMPULAN DAN SARAN	69
6.1	SIMPULAN	69
6.2	SARAN	71
	DAFTAR PUSTAKA	72

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu	10
Tabel 3.1 Ketentuan sifat-sifat campuran lastoston	12
Tabel 3.2 Persyaratan agregat kasar	13
Tabel 3.3 Spesifikasi agregat kasar	13
Tabel 3.4 Persyaratan agregat halus	14
Tabel 3.5 Spesifikasi agregat halus	15
Tabel 3.6 Spesifikasi gradasi pada <i>filler</i>	15
Tabel 3.7 Ketentuan yang digunakan untuk aspal keras	16
Tabel 3.8 Persyaratan gradasi agregat campuran berbagai jenis beton aspal	18
Tabel 4.1 Rancangan Gradasi dan Komposisi Agregat	34
Tabel 4.2 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 5,5 %	35
Tabel 4.3 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 6,0 %	35
Tabel 4.4 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 6,5 %	36
Tabel 4.5 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 7,0 %	36
Tabel 4.6 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 7,5 %	37
Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum	39
Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk <i>Immersion Test</i>	39
Tabel 4.9 Jumlah Benda Uji untuk <i>Indirect Tensile Strength Test</i>	39

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Batu Zeolite Alam	7
Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian (1 dari 2)	45
Gambar 4.2 Lanjutan Bagan Alir Penelitian 4.1 (2 dari 2)	46
Gambar 5.1 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas <i>Marshall</i>	52
Gambar 5.2 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai <i>flow</i>	54
Gambar 5.3 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai MQ	55
Gambar 5.4 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA	57
Gambar 5.5 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA	58
Gambar 5.6 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM	60
Gambar 5.7 Nilai KAO pada Zeolite 0%	62
Gambar 5.8 Nilai KAO pada Zeolite 12,5%	62
Gambar 5.9 Nilai KAO pada Zeolite 25%	63
Gambar 5.10 Nilai KAO pada Zeolite 37,5%	63
Gambar 5.11 Nilai Stabilitas <i>Immersion Test</i>	66
Gambar 5. 12 Nilai Stabilitas <i>Indirect Tensile Strength Test</i>	68

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT CLERENG	75
LAMPIRAN 2. PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT ZEOLITE	76
LAMPIRAN 3. PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR	77
LAMPIRAN 4. PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS	78
LAMPIRAN 5. PEMERIKSAAN BERAT JENIS <i>FILLER</i>	79
LAMPIRAN 6. PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS ANGELES	80
LAMPIRAN 7. PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL	81
LAMPIRAN 8. PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL	82
LAMPIRAN 9. PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR	83
LAMPIRAN 10. PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL	84
LAMPIRAN 11. PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL	85
LAMPIRAN 12. REKAPITULASI PERHITUNGAN <i>MARSHALL</i> VARIASI ZEOLITE 0%	87
LAMPIRAN 13. REKAPITULASI PERHITUNGAN <i>MARSHALL</i> VARIASI ZEOLITE 12,5%	88
LAMPIRAN 14. REKAPITULASI PERHITUNGAN <i>MARSHALL</i> VARIASI ZEOLITE 25%	89
LAMPIRAN 15. REKAPITULASI PERHITUNGAN <i>MARSHALL</i> VARIASI ZEOLITE 37,5%	90
LAMPIRAN 16. REKAPITULASI PERHITUNGAN <i>MARSHALL</i> VARIASI ZEOLITE 50%	91
LAMPIRAN 17. REKAPITULASI PERHITUNGAN <i>IMMERSION TEST</i> PERENDAMAN 30 MENIT	92

LAMPIRAN 18. REKAPITULASI PERHITUNGAN <i>IMMERSION TEST</i> PERENDAMAN 24 JAM	93
LAMPIRAN 19. REKAPITULASI PERHITUNGAN <i>INDIRECT TENSILE</i> <i>STRENGTH TEST</i>	94
LAMPIRAN 20. DOKUMENTASI 1 PEMBUATAN BENDA UJI	95
LAMPIRAN 21. DOKUMENTASI 2 PEMBUATAN BENDA UJI	96
LAMPIRAN 22. DOKUMENTASI 3 PENGUJIAN BENDA UJI	97



## ABSTRAK

Jalan merupakan kebutuhan pokok untuk menunjang kegiatan masyarakat, maka dari itu dalam pembuatan jalan diperlukan konstruksi yang baik. Perkembangan-perkembangan struktur perkerasan jalan yang inovatif perlu dilakukan. Salah satunya dengan menggunakan batuan Zeolite dari daerah Klaten. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penggunaan batuan Zeolite sebagai agregat halus pada campuran HRS-Base.

Penelitian ini dilakukan dengan membuat benda uji serta mengganti agregat halus Clereng dengan agregat halus Zeolite. Pengujian ini dilakukan dengan metode *Marshall* untuk memperoleh nilai *Marshall Properties* dengan perbandingan penggunaan agregat halus Zeolite sebesar 0%, 12,5%, 25%, 37,5%, dan 50% . Setelah didapatkan nilai kadar aspal optimum , kemudian dilakukan lagi pengujian immersi dan kuat tarik tidak langsung. Pengujian immersi dan kuat tarik tidak langsung dilakukan untuk mendapatkan besar nilai stabilitas dan nilai kekuatan tarik.

Hasil analisis menunjukan nilai kadar aspal optimum yang dapat ditentukan untuk variasi kadar Zeolite 0%, 12,5%, 25%, dan 37,5% secara berturut-turut yaitu 6,5%, 6,25%, 7,0%, dan 7,5%. Sedangkan untuk variasi kadar Zeolite 50% tidak dapat ditentukan karena tidak memenuhi persyaratan. Untuk nilai stabilitas dan nilai kekuatan tarik menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda yaitu untuk Zeolite 0% nilainya lebih besar dibandingkan dengan campuran yang memakai Zeolite sebagai agregat halus. Hal tersebut terjadi karena Zeolite merupakan agregat yang memiliki rongga besar. Kecenderungan Zeolite yang menyerap aspal ini akan mengurangi kuantitas dan kemampuan aspal untuk mengisi rongga dalam campuran, sehingga nilai stabilitas campuran dengan variasi kadar Zeolite juga akan lebih kecil dibandingkan dengan variasi campuran tanpa kadar Zeolite.

Kata kunci : Zeolite, *Marshall*, HRS-Base, Inovasi, Jalan

## ABSTRACT

The road is a basic requirement to support community activities, therefore in road construction, it is needed a good construction. Developments of innovative road pavement structure is needed to be done. One of them is by using Zeolite rocks from Klaten area. This study was conducted to determine the use of Zeolite rocks as fine aggregate in the mixture of HRS-Base.

This study was conducted by creating a test specimen as well as replace *Clereng* fine aggregate with Zeolite fine aggregate. This testing was conducted by Marshall method to obtain the value of Marshall Properties, with the comparison of Zeolite fine aggregate of 0%, 12.5%, 25%, 37.5% and 50%. After it was obtained the optimum bitumen content value, then it conducted immersion and tensile strength testing indirectly. Immersion and tensile strength testing is not directly conducted to obtain the stability and tensile strength values.

The analysis result showed that the obtained optimum bitumen level value which can be measured for Zeolite concentration variation of 0%, 12.5%, 25% and 37.5% respectively was 6.5%, 6.25%, 7.0% and 7.5%. Whereas, Zeolite concentration value of 50% can not be measure because it did not fulfill the requirements. Meanwhile, for stability and tensile strength values, the result showed that it was not significantly different, that was for Zeolite 0%, its value was higher than the mixture used Zeolite as fine aggregate. It occurred because Zeolite is aggregate that has large cavity. The Zeolite tendency which absorbs bitumen will reduce the quantity and the ability of bitumen to fill the cavities in the mixture, therefore, the mixture stability value compared with Zeolite concentration variation will also be smaller than the variation of the mixture without Zeolite content.

Keywords: Zeolite, Marshall, HRS-Base, Innovation, Road

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan penduduk yang meningkat pesat, maka kebutuhan akan sarana dan prasarana demi menunjang mobilitas penduduk juga harus ditingkatkan. Salah satu prasarana transportasi darat yang berfungsi untuk menghubungkan satu daerah dengan daerah yang lain adalah jalan. Jalan merupakan kebutuhan pokok untuk menunjang kegiatan masyarakat, maka dari itu dalam pembuatan jalan diperlukan konstruksi yang baik.

Pembangunan jalan sebagai sarana transportasi pada saat ini telah mengalami banyak kemajuan, baik dari segi perencanaan, pelaksanaan, jenis konstruksi maupun jenis bahan-bahan material yang digunakan. Salah satu jenis konstruksi jalan yang digunakan adalah lapis tipis aspal beton atau yang biasa disebut *lataston* (HRS). Sesuai dengan fungsinya HRS dibagi menjadi dua macam campuran yaitu HRS-WC dan HRS-Base. Perkerasan HRS-Base berfungsi sebagai lapis pondasi untuk menerima beban dari lapis HRS-WC. HRS merupakan campuran aspal panas yang menggunakan gradasi senjang yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan *filler*. Fungsi dari HRS sebagai lapisan penutup untuk mencegah masuknya air dari permukaan jalan kedalam konstruksi perkerasan, sehingga kekuatan konstruksinya dapat dipertahankan hingga tingkatan tertentu.

Persediaan material tentu berbeda-beda pada setiap daerah, maka dari itu diperlukan suatu opsi untuk menghemat biaya material yaitu dengan cara mengganti material sesuai dengan potensi daerah yang dimiliki. Di daerah Jawa Tengah bagian Selatan tepatnya di Kabupaten Wonogiri (sampai perbatasan dengan Gunung Kidul dan Kabupaten Klaten (Bayat) banyak ditemukan batuan jenis Zeolite. Secara

geologi, Zeolite ditemukan dalam batuan tufa yang terbentuk dari hasil sedimentasi debu vulkanik. Biasanya batuan ini sering digunakan sebagai pupuk tanaman guna menjaga keseimbangan pH tanah, ramah lingkungan karena menetralkan unsur yang mencemari lingkungan, memperbaiki struktur tanah, sebagai filter air akuarium, sebagai penjernih air serta sebagai pasir untuk kandang kucing. Batu Zeolite ini dapat menjadi salah satu alternatif untuk bahan material pengganti di daerah Wonogiri hingga perbatasan Gunung Kidul.

Awalnya akan dilakukan penelitian untuk mengetahui kinerja dari batu Zeolite, terlebih dahulu dilakukan pengujian *Sand Equivalent* terhadap batu Zeolite. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan dan kekuatan batu Zeolite. Pada penelitian ini batu Zeolite akan digunakan sebagai bahan alternatif pengganti agregat halus pada perkerasan HRS-Base. Untuk mengetahui batuan ini nantinya layak atau tidak layak digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus akan dilakukan pengujian *Marshall*, *Immersion Test* dan *Indirect Tensile Strength* yang mengacu pada spesifikasi Bina Marga .

## 1.2 RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan penjelasan dan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapa nilai masing-masing Kadar Aspal Optimum (KAO) pada variasi campuran dengan Zeolite sebagai agregat halus campuran HRS-Base ?
2. Bagaimana karakteristik Marshall dari campuran dengan Zeolite sebagai bahan pengganti agregat halus untuk campuran HRS-Base ?
3. Bagaimana karakteristik *Immersion Test* dan *Indirect Tensile Strength Test* dari campuran dengan Zeolite sebagai bahan pengganti agregat halus untuk campuran HRS-Base ?

### 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

1. mengetahui nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang dapat digunakan pada variasi penggunaan agregat halus Zeolite untuk pencampuran HRS-Base,
2. mengetahui karakteristik *Marshall* akibat penggunaan Zeolite sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran HRS-Base, dan
3. mengetahui karakteristik *Immersion Test* dan *Indirect Tensile Strenght Test* akibat penggunaan Zeolite sebagai bahan pengganti agregat halus pada campuran HRS-Base.

### 1.4 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini :

1. dapat menambah variasi penggunaan bahan alternatif agregat halus,
2. apabila Zeolite memenuhi syarat sebagai agregat halus ,maka pada daerah yang banyak ditemukan Zeolite dapat memanfaatkan sebagai bahan alternatif yang lebih mudah didapatkan.

### 1.5 BATASAN PENELITIAN

Untuk mencegah penyimpangan pada penelitian maka perlu dilakukan suatu pembahasan terhadap masalah yang akan diteliti, ada pun masalahnya sebagai berikut ini :

1. penggunaan Zeolite disesuaikan dengan ketersediaan bahan baku yang ada di daerah Pandan Sumping, Klaten yaitu Zeolite yang lolos saringan no.4 dan tertahan saringan no. 8 serta lolos saringan no. 16 dan tertahan saringan no. 30 dengan variasi kadar Zeolite 0% (tanpa variasi kadar Zeolite), 12,5%, 25%, 37,5%, dan 50% terhadap volume agregat halus pada setiap saringan tersebut,
2. aspal yang digunakan adalah Pen 60/70 produksi dari Pertamina dengan variasi kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%, 7% dan 7,5% terhadap berat total 1200 gram,

3. agregat kasar, halus dan *filler* berasal dari sungai Clereng Kabupaten Kulon Progo,
4. gradasi yang digunakan adalah gradasi senjang untuk HRS-Base berdasarkan (Bina Marga, 2014),
5. pengujian menggunakan *Marshall Test*, *Immersion Test* dan *Indirect tensile Strength Test* berdasarkan (Bina Marga, 2014),
6. peneliti tidak membahas kandungan kimia dari bahan-bahan penyusun lapisan perkerasan dan reaksi kimia yang terjadi pada campuran HRS-Base ini serta tidak dibahas aspek ekonomis yang ada, dan
7. penelitian yang akan dilakukan dibatasi hanya pada pengujian di laboratorium, yaitu dilakukan di Laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 UMUM**

Perencanaan campuran diperlukan untuk mendapatkan resep campuran yang memenuhi spesifikasi. Pencampuran aspal (*bitumen*) dengan agregat, pada dasarnya adalah bertujuan untuk mendapatkan suatu nilai perencanaan yaitu aman, nyaman dan ekonomis. Menurut Sukirman (2007) agar perkerasan jalan sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan.

#### **2.2 HOT ROLLED SHEET (HRS)**

Campuran HRS (*Hot Rolled Sheet*) atau Lataston merupakan lapisan permukaan non struktural yang memiliki agregat gradasi senjang, *filler* dan aspal dengan perbandingan tertentu yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas dan diatur sesuai spesifikasi teknis. Kekuatan dari campuran pada lapis permukaan jalan sangat bergantung pada agregat dalam campuran itu sendiri baik agregat kasar maupun agregat halus. Pada campuran ini karakteristik yang terpenting adalah fleksibilitas dan durabilitas.

#### **2.3 ASPAL**

Menurut Hardiyatmo (2011) yang dimaksud dengan aspal adalah hasil penyaringan minyak mentah dari hasil industri perminyakan yang berfungsi sebagai bahan perekat perkerasan dan berwarna coklat gelap sampai hitam dan mengandung unsur utama bitumen. Aspal merupakan bahan pembentuk lapis permukaan dari perkerasan lentur maupun komposit yang digunakan sebagai bahan pengikat dalam stabilisasi tanah dasar (*subgrade*) atau lapis pondasi. Aspal mempunyai sifat yang

*termoplastik* dimana aspal akan mempunyai viskositas yang rendah apabila berada pada suhu yang tinggi dan akan mempunyai viskositas yang tinggi pada suhu rendah.

## 2.4 AGREGAT

Menurut Sukirman (1992) agregat atau batuan yang didefinisikan secara umum sebagai formulasi kulit bumi yang keras dan kenyal. ASTM (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa fragmen-fragmen. Penggunaan agregat dalam struktur jalan adalah 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75%-85% agregat berdasarkan volume. Berdasarkan Bina Marga (2010) agregat terdiri atas :

1. agregat kasar adalah agregat yang tertahan ayakan no.4 (4,75 mm),
2. agregat halus adalah agregat yang lolos ayakan no.4 (4,75 mm),
3. bahan pengisi (*filler*) adalah bagian dari agregat halus yang lolos saringan no.200 (0,075 mm).

## 2.5 AGREGAT HALUS

Agregat halus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau gabungan bahan bahan tersebut. Agregat halus harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan-gumpalan lempung dan bahan- bahan lain yang mengganggu.

Menurut Bina Marga (2010) agregat halus dari sumber manapun harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.4 (4,75mm). Agregat halus digunakan sebagai bahan yang dipakai sebagai pengisi, dan dipakai bersama dengan bahan perekat serta membentuk suatu massa yang keras, padat bersatu yang disebut beton. Selain itu dalam campuran aspal beton agregat halus berperan sebagai bahan pengisi diantara agregat kasar, sehingga ikatan akan menjadi lebih kuat.

## 2.6 ZEOLITE

Menurut Ozkan dan Ulku (2008) Zeolite merupakan senyawa Aluminosilikat terhidrasi yang terdiri dari ikatan  $\text{SiO}_4$  dan  $\text{AlO}_4$  tetrahida yang dihubungkan oleh atom oksigen untuk membentuk kerangka. Pada kerangka Zeolite, tiap atom Al bersifat negatif dan akan dinetralkan oleh ikatan dengan kation yang mudah dipertukarkan.

Zeolite merupakan kelompok mineral Aluminosilikat yang pertama kali ditemukan 1756. Zeolite terdiri atas Zeolite alam dan sintentis. Zeolite alam terdapat di daerah gunung berapi, tepi sungai, laut dan danau berupa sedimen mineral alam. Di Indonesia, Zeolite banyak terdapat di daerah Bogor, Tasikmalaya, Sukabumi, Klaten, Wonosari dan Bayah. Pada penelitian ini akan digunakan Zeolite sebagai bahan agregat halus. Di bawah ini merupakan Gambar 2.1 yang menunjukkan bentuk batu Zeolite.



Gambar 2.1 Batu Zeolite Alam  
(Sumber : Zeolite Alam Klaten, 2016)

## 2.6 PENELITIAN SEBELUMNYA

### 2.6.1 Penelitian Ambrosius Kedati (2005)

Kedati (2005) dalam penelitian yang dia lakukan adalah membuat benda uji dengan cara membandingkan *filler* dari Zeolite dan *filler* dari batu pecah biasa dengan persentase paling besar yaitu 4% dari berat aspal. Setelah benda uji dibuat,

kemudian pengujian dilakukan dengan parameter sifat-sifat Marshall dan didapatkan hasil nilai density terbesar 2,302 gr/cc pada benda uji variasi (4:0)% dengan kadar aspal 7,5%, nilai VFWA terbesar 94,88% pada benda uji variasi (4:0)% dengan kadar aspal 7,5%, nilai VITM terbesar 4,85% dengan variasi kadar (0:4)% dengan kadar aspal 6%, nilai stabilitas terbesar 1332,605 kg pada variasi (0:4)% dengan kadar aspal 7,5%, nilai *flow* terbesar 4,3 mm pada variasi (0:4)% dengan kadar aspal 7,5%, nilai *Marshall Quotient* terbesar 480,354 kg/mm pada variasi (4:0)% dengan kadar aspal 7,5%.

### **2.6.2 Penelitian Ave Emda Prasetyo Kawuluan (2015)**

Kawuluan (2015) dalam penelitian yang dia lakukan adalah membuat benda uji dengan menggunakan *filler* Zeolite alam daerah Lampung sebagai bahan pengganti *filler* abu batu pada lapis aus beton aspal (AC-WC) dan benda uji dikelompokkan menjadi lima variasi kadar Zeolite yaitu dengan penggunaan komposisi Zeolite sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Kemudian uji *Marshall standard* dan rendaman 24 jam dilakukan untuk mengetahui nilai *Marshall properties* campuran dan mengetahui ketahanan campuran terhadap pengaruh air pada kondisi KAO, sehingga didapat kesimpulan yaitu nilai *Marshall Quotient* dapat diketahui kemampuan untuk menahan beban dan deformasi, dengan nilai 521,9 kg/mm; 420,8 kg/mm; 374,79 kg/mm; dan 361,2 kg/mm (>250 kg/mm) pada komposisi menggantikan abu batu 25%, 50%, 75%, dan 100%, nilai stabilitas sisa yang yang didapatkan bahwa hanya campuran dengan nilai komposisi 25% yang tidak memenuhi spesifikasi umum Bina Marga dengan nilai 83,7% (< 90%). Dari keseluruhan pengujian Marshall dan ITS diperoleh bahwa komposisi penggunaan Zeolite sebagai pengganti *filler* abu batu yang optimum adalah komposisi 50%, 75%, dan 100%.

### **2.6.3 Penelitian Fatma Feliana (2015)**

Feliana (2015) dalam penelitian yang dia lakukan adalah membuat benda uji dengan menggunakan Zeolite alam sebagai pengganti agregat halus pada campuran

Laston AC-WC dan benda uji dikelompokkan menjadi lima variasi kadar Zeolite yaitu dengan penggunaan komposisi Zeolite sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%. Kemudian uji Marshall dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat Marshall dan mengetahui ketahanan campuran terhadap pengaruh air pada kondisi KAO, sehingga didapat kesimpulan yaitu nilai KAO penggunaan Zeolite 25% adalah 6,6%, sedangkan untuk penggunaan variasi 50%, 75%, dan 100% tidak dapat ditentukan karena tidak memenuhi persyaratan berdasarkan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2010) revisi 2, nilai VMA untuk semua variasi memenuhi batas minimal 15%, nilai VFWA yang tidak memenuhi hanya pada Zeolite variasi 100% yang berada dibawah standar (minimal 65%), sedangkan nilai VITM yang tidak memenuhi pada Zeolite variasi 75% dan 100% yaitu antara 3-5%.



## 2.7 KEASLIAN PENELITIAN YANG DILAKUKAN

Permasalahan pada penelitian yang dilakukan sebelumnya dapat diambil beberapa katagori yang dapat membedakan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu yaitu antara lain kadar variasi Zeolite yang digunakan serta perbedaan campuran aspal yang digunakan yaitu menggunakan campuran aspal panas, selain itu dengan penggunaan metode yang lebih banyak.

Perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu

<b>Peneliti</b>	Ambrosius Kedati	A. E. Prasetyo Kawulusan	Fatma Feliana	Penulis
<b>Tahun</b>	2005	2015	2015	2016
<b>Bahan Aspal</b>	Pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70	Pen 60/70
<b>Zeolite Sebagai</b>	<i>Filler</i> dengan variasi 1%, 2%, 3% dan 4%	<i>Filler</i> dengan variasi 0%,25%, 50%, 75% dan 100%	Agregat Halus dengan variasi 0%,25%, 50%, 75% dan 100%	Agregat Halus dengan variasi 0%, 12,5%,25%, 37,5%, dan 50%
<b>Metode Uji</b>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall dan Indirect Tensile Strength</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall, Immersion, Indirect Tensile Strength</i>
<b>Acuan</b>	Bina Marga 1987	Bina Marga 2010 (revisi 2)	Bina Marga 2010 (revisi 2)	Bina Marga 2010 (revisi 3)
<b>Tipe Gradasi</b>	-	-	-	Senjang
<b>Lapisan yang ditinjau</b>	Laston	Laston AC-WC	Laston AC-WC	HRS-Base

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 LAPIS PERKERASAN**

Perkerasan jalan merupakan sarana penunjang dalam bidang transportasi yang menggunakan lapis perkerasan. Perkerasan jalan terdiri dari perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*), perkerasan komposit (*composite pavement*), dan jalan tak diperkeras (*unpaved road*).

Hardiyatmo (2011) menyebutkan bahwa komponen perkerasan meliputi 5 bagian, yaitu :

1. lapis aus (*wearing course*) dimana lapis aus ini diharapkan dapat memberikan cukup kekesatan, tahanan gesek, dan penutup kedap air atau sebagai drainase air permukaan,
2. lapis perkerasan terikat atau tersedimentasi (aspal atau beton) yang mampu memberikan daya dukung yang cukup. Lapisan ini juga diharapkan sebagai penghalang air yang masuk ke dalam material tak terikat dibawahnya,
3. lapis pondasi (*base course*) dan lapis pondasi bawah (*subbase course*) tak terikat yang mampu memberikan tambahan kekuatan (khususnya untuk perkerasan lentur). Lapisan ini juga diharapkan memberikan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan dan ketahanan terhadap pengaruh degradasi lain (erosi dan intrusi butiran halus),
4. tanah dasar (*subgrade*) yang mampu memberikan cukup kekakuan dan kekuatan yang seragam, serta merupakan landasan yang stabil bagi lapisan material perkerasan diatasnya, dan
5. sistem drainase yang mampu mengalirkan/membuang air dengan cepat dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan kualitas lapisan material granuler tak terikat dan tanah dasar.

### 3.2 PERKERASAN LENTUR

Perkerasan lentur atau *flexible pavement* merupakan perkerasan yang terletak diatas tanah granuler dan dihamparkan di atas tanah dasar. Perkerasan lentur ini banyak ditemui pada jalan-jalan di Indonesia. Berdasarkan Bina Marga (2010) perkerasan lentur terdiri dari :

1. lapis tipis aspal pasir (*Sand Sheet, SS*) Kelas A dan B

lapis tipis aspal pasir (latasir) yang selanjutnya disebut SS, terdiri dari dua jenis campuran, SS-A dan SS-B tergantung pada tebal nominal minimum. Memerlukan penambahan *filler* agar memenuhi kebutuhan yang diisyaratkan,

2. lapis tipis aspal beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*)

lapis tipis aspal beton (lataston) terdiri dari dua jenis campuran, yaitu HRS pondasi (*HRS-base*) dan HRS lapis aus (*HRS-WC*), dan

3. lapis aspal beton (*Asphalt Concrete, AC*)

lapis aspal beton (laston) terdiri dari tiga jenis campuran yaitu lapis aus (*AC-WC*), AC lapis setara (*AC – Binder Course, AC-BC*) dan lapis pondasi (*AC- Base*).

### 3.3 BAHAN PENYUSUN PERKERASAN HRS (*HOT ROLLED SHEET*)

Dalam proses pembuatan campuran perkerasan HRS (*Hot Rolled Sheet*) ada beberapa material yang perlu diperhatikan demi mendapatkan perkerasan dengan kualitas yang baik. Berikut ini merupakan Tabel 3.1 ketentuan sifat-sifat campuran lataston dan material penyusun yang diperlukan dalam pembuatan benda uji.

Tabel 3.1 Ketentuan sifat-sifat campuran lataston

Sifat-sifat Campuran		Lataston			
		Lapis Aus		Lapis Pondasi	
		Senjang	Semi Senjang	Senjang	Semi Senjang
Kadar Aspal efektif (%)	Min.	5,9	5,9	5,5	5,5
Penyerapan air (%)	Maks.	1,7			
Jumlah tumbukan per bidang		75			
Rongga dalam campuran (%)	Min.	4,0			
	Maks.	6,0			
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	18		17	
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68			
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800			
Pelelehan (mm)	Min.	3			
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250			
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90			
Rongga dalam campuran (%) paada Kepadatan membal (refusal)	Min.	3			

Sumber : Bina Marga (2014)

### 3.3.1 Agregat Kasar

Agregat Kasar adalah agregat yang tertahan ayakan No.4 (4,75 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang dikehendaki lainnya. Sebelum melakukan perancangan gradasi, agregat-agregat yang akan digunakan harus memenuhi persyaratan yang ditentukan. Persyaratan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 berikut .

Tabel 3.2 Persyaratan agregat kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12%
	magnesium sulfat			Maks.18%
Abrasi dengan mesin Los angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks.6%
		500 putaran		Maks.30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks.8%
		500 putaran		Maks.40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min.95%
Butir Pecah pada Agregat kasar			SNI 7619:2012	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong			ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks.10%
Material lolos Ayakan No.200			SNI 03-4142-1992	Maks.2%

Sumber : Bina Marga (2014)

Tabel 3.3 Spesifikasi agregat kasar

Jenis pengujian	Satuan	Spesifikasi	
		Min	Maks
Gradasi	-	-	-
Penyerapan air	%	-	3
Berat Jenis Curah	-	2,5	-
Berat jenis semu	-	-	-
Kelekatan pada aspal	%	9,5	-
Keausan pada 500 putaran	%	-	40

Sumber : SNI 03-1969-1990

Lanjutan Tabel 3.3 Spesifikasi agregat kasar

Jenis pengujian	Satuan	Spesifikasi	
		Min	Maks
Jumlah berat butir # 4 pecah dua	%	50	-
Indeks kepipihan	%	-	25
Bagian lunak	%	-	5

Sumber : SNI 03-1969-1990

### 3.3.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat yang terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos saringan No.4 (4,75 mm) serta tertahan saringan No.200 (0,074 mm). Dibawah ini adalah beberapa persyaratan dan spesifikasi untuk agregat halus yang terdapat pada Tabel 3.4 dan Tabel 3.5.

Tabel 3.4 Persyaratan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03- 4428-1997	Min 60%
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03- 6877-2002	Min 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03- 4141-1996	Maks 1%
Agregat lolos Ayakan No.200	SNI ASTM C117-2012	Maks 10%

Sumber : Bina Marga (2014)

Tabel 3.5 Spesifikasi agregat halus

Jenis pengujian	Satuan	Spesifikasi	
		Min	Maks
Gradasi	-	-	-
Penyerapan air	%	-	3
Berat jenis curah	-	2,5	-
Berat jenis semu	-	-	-
Kelekatan pada aspal	%	95	-
Keausan pada 500 putaran	%	-	40
Bagian lunak	%	-	5
Pasir ekuivalen	%	60	-

Sumber : SNI 03-1969-1990

### 3.3.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi yang ditambahkan harus kering dan bila diuji harus mengandung bahan yang lolos ayakan No.200 (0,074 mm) tidak kurang dari 75% terhadap beratnya kecuali untuk mineral Asbuton. *Filler* dapat berupa debu batu Kapur, debu Dolomite, semen Portland atau bahan non plastis lainnya. Bahan pengisi (*filler*) harus memenuhi persyaratan yang terdapat pada Tabel 3.6 sebagai berikut.

Tabel 3.6 Spesifikasi gradasi pada *filler*

Ukuran saringan	% Lolos (berat)
No. 30 (0,59)	100
No. 50 (0,279)	95-100
No. 100 (0,149)	90-100
No. 200 (0,074)	65-100

Sumber : SNI 03-1968-1990

### 3.3.4 Aspal

Aspal yang digunakan harus memenuhi persyaratan teknis. Standar sifat aspal dapat dilihat pada Tabel 3.7 berikut.

Tabel 3.7 Ketentuan yang digunakan untuk aspal keras

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal Pen.60-70	Tipe II Aspal yang Dimodifikasi	
				A	B
				Asbuton yg diproses	Elastomer Sintetis
1	Penetrasi pada suhu 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min.50	Min.40
2	Viskositas Dinamis 60°C(Pa.s)	SNI 06-6441-2000	160-240	240-360	320-480
3	Viskositas Kinematis 135°C (eSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	385-2000	≤ 3000
4	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥ 48	≥ 53	≥ 54
5	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2434:2011	≥ 100	≥ 100	≥ 100
6	Titik Nyala(°C)	SNI 2434:2011	≥ 232	≥ 232	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene(%)	AASHTO T44-03	≥ 99	≥ 90	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0	≥ 1,0	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-	≤ 2,2	≤ 2,2
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm) (%)	-	-	Min.95	-
<b>Pengujian Residu TFOT (SNI-06-2440-1991) atau RTFOF (SNI-03-6835-2002) :</b>					
11	Berat yang Hilang (%)	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 0,8
12	Viskositas Dinamis 60°C(Pa.s)	SNI 03-6441-2000	≤ 800	≤ 1200	≤ 1600
13	Penetrasi pada suhu 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktilitas pada 25°C (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100	≥ 50	≥ 25
15	Keelastisan setelah Pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-	-	≥ 60

Sumber : Bina Marga (2014)

### 3.4 GRADASI AGREGAT

Gradasi agregat adalah susunan butir agregat yang didistribusi dari berbagai variasi ukuran butiran agregat. Cara untuk menentukan gradasi adalah dengan menganalisa pada saringan, dimana sampel agregat diayak menggunakan satu set saringan yang tiap saringannya sudah ada nomor saringannya dan dapat menyatakan banyaknya agregat yang tertinggal pada saringan. Gradasi agregat mempegaruhi besar kecil dan banyaknya rongga dalam campuran serta dapat menentukan workabilitas serta stabilitas campuran. Berbagai karakteristik atas pembagian agregat, yaitu adalah seperti berikut.

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

Gradasi yang juga disebut gradasi terbuka (*open graded*) adalah gradasi agregat yang mempunyai ukuran yang sama. Campuran dengan menggunakan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap air serta memiliki berat isi yang besar, ini dikarenakan agregat hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat.

#### 2. Gradasi Rapat (*Well Graded*)

Gradasi rapat yang juga disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*) ini adalah gradasi yang terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus. Campuran dengan menggunakan gradasi ini memiliki stabilitas yang tinggi, agak kedap air dan memiliki berat isi yang besar.

#### 3. Gradasi Senjang (*Gap Graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat yang mempunyai ukuran agregat tidak sepenuhnya lengkap yaitu agregat yang fraksinya ada yang tidak disertakan atau dengan jumlah yang sedikit sekali. Campuran dengan menggunakan agregat ini memiliki kualitas peralihan dari keadaan campuran dengan gradasi rapat maupun gradasi seragam. Berikut merupakan persyaratan gradasi agregat campuran pada berbagai jenis beton aspal yang terdapat pada Tabel 3.8 berikut.

Tabel 3.8 Persyaratan gradasi agregat campuran berbagai jenis beton aspal

Ukuran saringan		% berat lolos								
		Laston (AC)			Lastaston (HRS) Gradasi Senjang		Lastaston (HRS) Gradasi Semi Senjang		Latasir (SS)	
No.	Bukaan (mm)	WC	BC	Base	WC	Base	WC	Base	Kelas A	Kelas B
1 1/2 "	37,5			100						
1 "	25		100	90-100						
3/4 "	19	100	90-100	76-90	100	100	100	100	100	100
1/2 "	12,5	90-100	75-90	60-78	90-100	90-100	90-100	87-100		
3/8 "	9,5	77-90	66-82	52-71	75-85	65-100	55-88	55-70	90-100	
No.4	4,75	53-69	46-64	35-54						
No. 8	2,36	33-53	30-49	23-41	50-72	35-55	50-62	32-44		75-100
No. 16	1,18	21-40	18-38	13-30						
No.30	0,6	14-30	12-28	10-22	35-60	15-35	20-45	15-35		
No.50	0,3	9-22	7-20	6-15			15-35	5-35		
No.100	0,15	6-15	5-13	4-10						
No.200	0,075	4-9	4-8	3-7	6-10	2-9	6-10	4-8	10-15	8-13

Sumber : Bina Marga (2014)

### 3.4.1 Pemilihan Gradasi Agregat

Pada penelitian ini penulis menggunakan jenis campuran HRS-Base (*Hot Rolled Sheet - Base*) yang bergradasi senjang, karena dalam uji agregat yang dilakukan di awal jenis campuran ini berdasarkan (Bina Marga, 2014).

### 3.5 KARAKTERISTIK MARSHALL TEST

Karakteristik dari suatu campuran beton aspal (aspal dan agregat) dapat diukur dari sifat-sifat Marshall yang ditunjukkan oleh nilai-nilai atau parameter berikut ini. Parameter campuran beton aspal dengan sifat-sifat Marshall dapat diketahui melalui beberapa parameter dibawah ini.

1. Stabilitas (*Stability*)
2. Kelelehan (*Flow*)
3. Kepadatan (*Density*)
4. VMA (*Void in Mineral Agregate*)

5. VITM (*Void in The Total Mix*)
6. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)
7. MQ (*Marshall Quotient*)

### **3.5.1 Stabilitas (*Stability*)**

Stabilitas (ketahanan) adalah kemampuan maksimum suatu benda uji campuran aspal dalam menahan beban sampai terjadi kelelahan plastis, dinyatakan dalam satuan beban. Stabilitas sangat dipengaruhi oleh kadar aspal dalam suatu campuran, seiring dengan penambahan aspal nilai stabilitas akan terus meningkat sampai batas maksimumnya. Penurunan stabilitas disebabkan oleh penambahan aspal diatas batas maksimum selain itu juga menghasilkan suatu perkerasan yang kaku dan bersifat getas.

### **3.5.2 Kelelehan (*Flow*)**

Kelelehan (*flow*) adalah besarnya perubahan bentuk secara plastis pada suatu benda uji campuran aspal yang terjadi yang diakibatkan oleh beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Nilai *flow* dipengaruhi oleh kadar dan viskositas aspal, gradasi agregat, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Suatu campuran yang memiliki nilai *flow* rendah dengan stabilitas yang tinggi cenderung menjadi kaku dan getas, sedangkan campuran yang memiliki nilai *flow* tinggi dan stabilitas rendah cenderung bersifat plastis dan mudah berubah bentuk saat terbebani oleh lalu lintas.

### **3.5.3 Kepadatan (*Density*)**

Kepadatan (*density*) adalah berat suatu campuran yang didapat setelah proses pemadatan dan diukur tiap satuan volume dan dipengaruhi beberapa faktor, antara lain kadar aspal, jumlah pemadatan, temperatur pemadatan, dan kekentalan. Semakin tinggi nilai *density* pada suatu campuran maka akan semakin baik, selain itu dengan nilai *density* yang baik akan mampu menahan beban yang lebih besar serta dengan kerapatan campuran yang baik akan membuat perkerasan semakin kedap dengan air.

#### **3.5.4 Void In Mineral Agregate (VMA)**

*Void In Mineral Agregate (VMA)* adalah ruang di antara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat) yang dinyatakan dalam % volume. Nilai VMA berpengaruh terhadap sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastis campuran.

#### **3.5.5 Void In The Mix (VITM)**

Menurut Bina Marga (1987) *Void In The Mix (VITM)* adalah perbandingan volume rongga terhadap volume total campuran padat, yang dinyatakan dalam persentase. Nilai VITM yang semakin tinggi akan menyebabkan kelelahan yang semakin cepat, berupa alur, dan retak (Sukirman, 1992).

Nilai VITM yang terlalu besar mengakibatkan campuran aspal beton akan berkurang pada kekedapannya terhadap air serta udara, hal ini berakibat pada aspal yang mudah teroksidasi dan sifat durabilitas aspal beton akan berkurang. Nilai VITM yang disyaratkan adalah 3-5%.

#### **3.5.6 Void Filled With Asphalt (VFWA)**

*Void Filled With Asphalt (VFWA)* adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi aspal, tidak termasuk aspal yang diserap agregat. Semakin tinggi nilai VFWA mengindikasikan banyaknya rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kekedapan campuran terhadap air dan udara juga semakin tinggi, namun nilai VFWA yang tinggi akan menyebabkan terjadinya *bleeding* sedangkan nilai VFWA yang rendah akan menyebabkan campuran aspal mudah teroksidasi.

#### **3.5.7 Marshall Quotient (MQ)**

*Marshall Quotient (MQ)* adalah perbandingan antara stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada perencanaan perkerasan dengan metode Marshall yang digunakan sebagai pendekatan nilai *fleksibilitas* perkerasan.

*Fleksibilitas* akan naik jika kadar aspal telah ditambahkan dan akan menurun jika sampai pada batas optimum, hal ini disebabkan oleh berubahnya fungsi aspal sebagai pengikat menjadi pelicin. Nilai MQ yang disyaratkan minimal 250kg/cm.

### **3.6 UJI PEREDAMAN (*IMMERSION TEST*)**

Uji peredaman adalah suatu metode pengujian pada perkerasan yang bertujuan untuk mengetahui daya tahan (durabilitas) campuran akibat pengaruh air, suhu serta cuaca. Pada pengujian *Immersion Test* memerlukan waktu selama 24 jam untuk peredaman dengan suhu konstan 60°C sebelum pembebanan dilakukan. Hasil perhitungan indeks tahanan campuran aspal (*Index of retained strength*) merupakan persentase nilai stabilitas campuran yang sudah direndam selama 24 jam lalu dibandingkan dengan stabilitas campuran biasa.

### **3.7 UJI TARIK TIDAK LANGSUNG (*INDIRECT TENSILE TEST*)**

Uji tarik tidak langsung merupakan pengujian yang dilakukan guna mengetahui kemampuan dari material dalam menerima gaya tarik. Perhitungan pada pengujian ini dihitung dari pembebanan maksimum dimana dilakukan pembebanan tekan yang dilakukan secara terus menerus dengan laju yang konstan hingga mencapai beban maksimum. Dengan mengetahui hubungan antara nilai *Marshall Test* serta *Indirect Tensile Strength Test* dapat diketahui apakah material memiliki kemampuan untuk memikul gaya tekan besar serta memiliki kemampuan memikul gaya tarik besar juga. Sehingga dapat membantu menentukan komposisi campuran yang akan digunakan didalam perencanaan.

### 3.8 RUMUS-RUMUS UNTUK ANALISIS DATA

Setelah mendapatkan hasil dari uji *Marshall Test*, kemudian menganalisis data-data yang diperoleh dari hasil pengujian. Berikut data yang diperoleh dari uji *Marshall Test*.

1. Tebal benda uji (gram).
2. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
3. Berat benda uji di dalam air (gram).
4. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (gram).
5. Pembacaan arloji stabilitas (kg).
6. Pembacaan arloji kelelahan nilai *flow* (mm).

Untuk mendapatkan nilai-nilai dari karakteristik uji *Marshall Test* didapatkan dengan bantuan data lainnya dan dihitung menggunakan persamaan 3.1 dan 3.2 berikut.

1. Berat Jenis Aspal

$$BJ \text{ Aspal} = \frac{\text{Berat}}{\text{Volume}} \quad (3.1)$$

2. Berat Jenis Agregat

$$BJ \text{ Agregat} = \frac{(A.F1) + (B.F2)}{100} \quad (3.2)$$

dengan:

$A$  = persentase agregat kasar,

$B$  = persentase agregat halus,

$F1$  = berat jenis agregat kasar, dan

$F2$  = berat jenis agregat halus.

Kemudian nilai-nilai stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), MQ (*Marshal Quotient*), VITM (*Void in the Total Mix*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), dan kepadatan (*density*) dapat dihitung berdasarkan data-data tersebut menggunakan persamaan 3.3 sampai dengan 3.17 berikut.

### 3. Kepadatan (*Density*)

$$g = \frac{c}{f} \quad (3.3)$$

$$f = d - e \quad (3.4)$$

dengan:

$g$  = nilai *density* (gr/cc),

$c$  = berat benda uji sebelum direndam (gr),

$d$  = berat benda uji dalam keadaan jenuh / SSD (gr),

$e$  = berat dalam air (gr), dan

$f$  = volume / isi (cm<sup>3</sup>).

### 4. VMA (*Void in Mineral Aggregate*)

$$l = 100 - j \quad (3.5)$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \quad (3.6)$$

dengan :

$l$  = nilai VMA (%),

$b$  = persentase aspal terhadap campuran (%), dan

$g$  = berat isi sampel (gr/cc).

#### 5. VFWA (*Void Filled With Asphalt*)

##### a. Persentase aspal terhadap campuran

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100 \quad (3.7)$$

dengan :

$a$  = persentase aspal terhadap batuan, dan

$b$  = persentase aspal terhadap campuran.

##### b. Persentase aspal terhadap agregat

$$m = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.8)$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ \text{ Aspal}} \quad (3.9)$$

$$l = 100 - j \quad (3.10)$$

$$j = \left( \frac{(100 - b) \times g}{BJ \text{ Agregat}} \right) \quad (3.11)$$

dengan :

$g$  = berat isi sampel (gr/cc), dan

$b$  = persentase aspal terhadap campuran.

#### 6. VITM (*Void in the Total Mix*)

$$n = 100 - \left( 100 - \frac{g}{h} \right) \quad (3.12)$$

$$h = 100 - \left( \frac{100}{\left( \frac{\% \text{ Agregat}}{BJ \text{ Agregat}} + \frac{\% \text{ Aspal}}{BJ \text{ Aspal}} \right)} \right) \quad (3.13)$$

dengan:

$n$  = nilai VITM,

$g$  = berat isi sample (gr/cc), dan

$h$  = berat jenis maksimum teoritis campuran.

#### 7. Stabilitas

$$q = p \times s \quad (3.14)$$

dengan :

$q$  = angka stabilitas,

$p$  = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat, dan

$s$  = angka koreksi tebal benda uji.

#### 8. Kelelehan (*Flow*)

*Flow* menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan nilai. Nilai *flow* langsung terbaca pada arloji *flow* saat *Marshall Test*, dalam satuan milimeter (mm).

#### 9. MQ (*Marshall Quotient*)

$$MQ = \frac{q}{r} \quad (3.15)$$

dengan:

MQ = nilai *Marshall Quotient* (kg/mm),

$q$  = nilai stabilitas (kg), dan

$r$  = nilai *flow* (mm).

Nilai *index of retained strength* diperoleh dari hasil *immersion test* kemudian di analisis menggunakan persamaan 3.16 berikut.

#### 10. *Index of retained strength*

$$\text{Indirect of retained strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (3.16)$$

dengan :

$S_1$  = stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam, dan

$S_2$  = stabilitas setelah direndam selama 24 jam.

*Indirect Tensile Strength Test* adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban kemudian di analisis menggunakan persamaan 3.17 berikut.

$$11. \quad ITS = \frac{2P}{\pi DL} \quad (3.17)$$

dengan :

$ITS$  = kuat tarik tidak langsung ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ),

$P$  = beban puncak (kg),

$L$  = tinggi sampel (cm), dan

$D$  = diameter silinder (cm).



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 LOKASI PENELITIAN**

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu persiapan alat dan bahan, pengujian serta analisis. Digunakan metode pengujian berupa pembuatan sampel serta pengujian pada sampel tersebut yang akan dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

#### **4.2 METODE PENGAMBILAN DATA**

Data yang diperoleh terdapat dari berbagai sumber dan dibedakan menjadi 2 yaitu adalah sebagai berikut.

##### **1. Data Primer**

Data primer merupakan data yang dapat diperoleh secara langsung dilapangan, yaitu dengan melakukan percobaan langsung dilakukan baik berupa pengukuran maupun pengamatan di lokasi yang akan diteliti.

Langkah untuk melakukan percobaan mencari data primer antara lain sebagai berikut ini.

- a. Melakukan pemeriksaan bahan.
- b. Mencari KAO.
- c. Melakukan *Marshall Test*.
- d. Melakukan *Imersion Test*.
- e. Melakukan *Indirect Tensile Strength Test*.

## 2. Sumber Sekunder

Sumber sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung. Biasanya data sekunder diperoleh melalui instansi-instansi terkait yang berhubungan dengan pengamatan yang dilakukan. Data sekunder berfungsi sebagai pendukung data primer.

### 4.2.1 Acuan Normatif

- SNI 03-1968-1990 : Metode pengujian analisis saringan agregat kasar dan halus
- SNI 03-1969-1990 : Metode pengujian berat jenis dan penyerapan agregat kasar.
- SNI 03-1970-1990 : Metode pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus.
- SNI 03-2417-1991 : Metode pengujian keausan agregat dengan mesin *Los Angeles*.
- SNI 03-2432-1991 : Metode pengujian daktilitas aspal.
- SNI 03-2433-1991 : Metode pengujian titik nyala dan titik bakar aspal.
- SNI 03-2434-1991 : Metode pengujian titik lembek aspal dan ter.
- SNI 03-2439-1991 : Metode pengujian kelekatan agregat terhadap aspal.
- SNI 03-2441-1991 : Metode pengujian berat jenis aspal padat.
- SNI 03-2456-1991 : Metode pengujian penetrasi bahan-bahan bitumen.
- SNI 03-4428-1997 : Metode pengujian agregat halus atau pasir yang mengandung bahan plastis dengan cara setara pasir.
- SNI 03-6819-2002 : Spesifikasi agregat halus untuk campuran beraspal.
- SNI 03-6757-2002 : Metode pengujian berat jenis nyata campuran beraspal padat menggunakan benda uji kering permukaan jenuh.
- RSNI M-01-2003 : Metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat uji *Marshall*.

### **4.3 TAHAPAN PENELITIAN**

Sebelum melakukan penelitian maka ada baiknya diperiksa terlebih dahulu pada material serta alat yang akan digunakan. Hal ini bertujuan supaya tidak ada material dan alat yang rusak atau terhambat saat melakukan penelitian sehingga dapat berjalan dengan lancar. Selain itu dalam penelitian ini akan mengacu pada syarat-syarat yang telah ditetapkan sebelumnya.

#### **4.3.1 Persiapan Material**

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah bahan standar. Adapun material yang perlu disiapkan tersebut sebagai berikut.

1. Aspal yang digunakan adalah aspal Pen 60-70.
2. Agregat kasar berupa material yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, DIY.
3. Agregat halus berupa pasir yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, DIY dan Zeolite yang berasal dari Pandan Simping, Klaten, Jawa Tengah

#### **4.3.2 Pengujian Material**

Untuk mendapatkan kualitas material atau bahan yang baik maka diperlukan serangkaian pengujian, berikut ini adalah serangkaian pengujian terhadap material atau bahan.

1. Analisa Saringan Agregat

Analisa Saringan Agregat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kualitas dari agregat yang akan digunakan dalam pengujian. Selain itu pengujian agregat adalah untuk mengetahui pembagian butir agregat (gradasi agregat) yaitu dengan menggunakan saringan agar dapat diketahui bahwa agregat masuk dalam klasifikasi saringan nomor berapa.

Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan.

b. Pengujian Keausan Agregat (SNI-2417 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*.

c. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air oleh Agregat (SNI 1969 : 2008 dan SNI 1970 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat kering permukaan jenuh (*Saturated Surface Dry = SSD*) dan berat jenis semu (*apparent*), serta penyerapan air oleh agregat halus.

d. Pengujian Kelekatan Aspal pada Agregat (SNI 06-2439-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kelekatan aspal pada agregat.

e. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 3423 : 2008)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar debu atau lumpur atau bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus.

2. Pengujian Aspal

Aspal yang akan digunakan dalam penelitian ini diuji terlebih dahulu agar memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Berikut adalah serangkaian tahap pengujian yang dilakukan.

a. Pengujian Penetrasi (SNI 06-2456-1991)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal dengan cara memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu.

b. Pengujian Berat Jenis Aspal (SNI 06-2441-1991)

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Berat jenis aspal berguna untuk mencari berat jenis campuran aspal dan agregat, dan dalam *Marshall Test* berguna untuk menentukan VITM, VFWA dan mempengaruhi stabilitas.

c. Pengujian Daktilitas (SNI 06-2432-1991)

Pengujian daktilitas dilakukan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

d. Pengujian Titik Lembek (SNI 06-2434-1991)

Pengujian titik lembek dilakukan untuk mengetahui suhu ketika aspal yang padat menjadi cair.

e. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 06-2433-1991)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan suhudimana aspal terlihat menyala singkat dipermukaan aspal (titik nyala) dan suhu saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

f. Pengujian Kelarutan dalam TCE (ASTM D5546)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam TCE.

### 4.3.3 Persiapan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan yang digunakan untuk persiapan bahan hingga peralatan untuk mendapatkan input data guna analisis data. Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Peralatan uji aspal terdiri dari : alat uji penetrasi aspal, alat uji titik nyala dan titik bakar, alat uji titik lembek dan lain-lain.
2. Peralatan uji agregat terdiri dari : *Los Angeles* dan seperangkat saringan
3. Peralatan pembuatan benda uji terdiri dari : *Marshall Hammer*, *water bath*, cetakan benda uji berbentuk silinder, mesin pelepas benda uji (*ejector*) cetakan *Marshall*.
4. Alat uji *Marshall* digunakan untuk mengetahui dan mengukur besarnya nilai stabilitas dan nilai *flow* benda uji.
5. Perlengkapan-perlengkapan lainnya, seperti :
  - a. panci-panci untuk memanasi agregat, aspal, dan campuran aspal,

- b. pengukur suhu (*metal thermometer*) berkapasitas 250°C dan 100°C,
- c. timbangan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 0,1 gram,
- d. kaliper untuk mengukur dimensi benda uji dengan ketelitian 0,01 mm,
- e. kompor,
- f. gelas ukur, dan
- g. perlengkapan lainnya.

#### 4.4 PERENCANAAN CAMPURAN

Campuran beton aspal yang digunakan pada penelitian ini digunakan untuk lapis pondasi maka digunakan *Hot Rolled Sheet - Base* (HRS-Base) dengan gradasi senjang. Menentukan berat agregat pada masing-masing ukuran (Bina Marga, 2014).

Feliana (2015) menyebutkan bahwa penggunaan kadar variasi Zeolite 50% didapatkan hasil MQ yang mulai menurun atau tidak memenuhi syarat Spesifikasi Umum Bina Marga 2010. Maka dalam penelitian ini perancangan agregat variasi kadar Zeolite untuk pengganti agregat halus yang digunakan adalah kadar variasi 0% (tanpa variasi kadar Zeolite), 12,5%, 25%, 37,5%, dan 50%. Setelah perancangan agregat, kemudian dilakukan perhitungan Pb untuk menentukan kadar aspal optimum sementara. Nilai Pb tersebut menjadi nilai tengah, sehingga diambil dua *range* diatas Pb dan dua *range* dibawah Pb, dengan selisih 0,5% setiap *range*-nya. Pada perhitungan tersebut didapatkan nilai Pb 6,5%, maka kadar aspal yang dipakai yaitu 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0%, dan 7,5%.

Tahap perancangan benda uji ini menggunakan 3 fraksi agregat yaitu agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Gradasi agregat diambil nilai tengah dari *range* tiap saringan. Pengujian ini dilakukan dengan dan tanpa variasi kadar Zeolite untuk pengganti agregat halus, dengan kadar variasi 0% (tanpa variasi kadar Zeolite), 12,5%, 25%, 37,5%, dan 50%. Berikut tabel rancangan gradasi dan komposisi agregat dapat dilihat melalui Tabel 4.1, untuk kadar aspal 5,5% Tabel 4.2, untuk

kadar aspal 6,0% Tabel 4.3, untuk kadar aspal 6,5% Tabel 4.4, untuk kadar aspal 7,0% Tabel 4.5, dan untuk kadar aspal 7,5% Tabel 4.6.

Tabel 4.1 Rancangan Gradasi dan Komposisi Agregat

Ukuran saringan			Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gram)	
			Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1 1/2 "	37,5	Mm						
1 "	25	Mm						
3/4 "	19	Mm	100	100	100	0	0	0
1/2 "	12,5	Mm	90	100	95	5	60	60
3/8 "	9,5	Mm	65	100	82.5	17.5	150	210
No. 4	4,75	Mm	0	0	0	0	0	0
No. 8	2,36	Mm	35	55	45	55	450	660
No. 16	1,18	Mm	0	0	0	0	0	0
No. 30	0,600	Mm	15	35	25	75	240	900
No. 50	0,300	Mm	0	0	0	0	0	0
No. 100	0,150	Mm	0	0	0	0	0	0
No. 200	0,075	Mm	2	9	5.5	94.5	234	1134
Pan			0	0	0	100	66	1200

Sumber : Bina Marga (2014)

Tabel 4.2 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 5,5 %

Bahan	Ukuran saringan		Clereng 100%	Clereng 87,5%	Clereng 75%	Clereng 62,5%	Clereng 50%
			Zeolite 0%	Zeolite 12,5%	Zeolite 25%	Zeolite 37,5%	Zeolite 50%
	#	Mm	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)
Agregat kasar	3/4 "	19					
	1/2 "	12,5	57	57	57	57	57
	3/8 "	9,5	142	142	142	142	142
	No. 4	4,75	0	0	0	0	0
Pasir	No. 8	2,36	425	372	319	266	213
			<b>53</b>	<b>106</b>	<b>159</b>	<b>213</b>	
	No. 16	1,18	0	0	0	0	0
Zeolite	No. 30	0,600	227	198	170	142	113
			<b>28</b>	<b>57</b>	<b>85</b>	<b>113</b>	
	No. 50	0,300	0	0	0	0	0
	No. 100	0,150	0	0	0	0	0
	No. 200	0,075	221	221	221	221	221
Filler	Pan		62	62	62	62	62
Total			1134	1134	1134	1134	1134

Sumber : Bina Marga (2014)

Tabel 4.3 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 6,0 %

Bahan	Ukuran saringan		Clereng 100%	Clereng 87,5%	Clereng 75%	Clereng 62,5%	Clereng 50%
			Zeolite 0%	Zeolite 12,5%	Zeolite 25%	Zeolite 37,5%	Zeolite 50%
	#	Mm	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)
Agregat kasar	3/4 "	19					
	1/2 "	12,5	56	56	56	56	56
	3/8 "	9,5	141	141	141	141	141
	No. 4	4,75	0	0	0	0	0
Pasir	No. 8	2,36	423	370	317	264	212
			<b>53</b>	<b>106</b>	<b>159</b>	<b>212</b>	
	No. 16	1,18	0	0	0	0	0
Zeolite	No. 30	0,600	226	197	169	141	113
			<b>28</b>	<b>56</b>	<b>85</b>	<b>113</b>	
	No. 50	0,300	0	0	0	0	0
	No. 100	0,150	0	0	0	0	0
	No. 200	0,075	220	220	220	220	220
Filler	Pan		62	62	62	62	62
Total			1128	1128	1128	1128	1128

Sumber : Bina Marga (2014)

Tabel 4.4 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 6,5 %

Bahan	Ukuran saringan		Clereng 100%	Clereng 87,5%	Clereng 75%	Clereng 62,5%	Clereng 50%
			Zeolite 0%	Zeolite 12,5%	Zeolite 25%	Zeolite 37,5%	Zeolite 50%
	#	Mm	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)
Agregat kasar	3/4 "	19					
	1/2 "	12,5	56	56	56	56	56
	3/8 "	9,5	140	140	140	140	140
	No. 4	4,75	0	0	0	0	0
Pasir	No. 8	2,36	421	368	316	263	210
			<b>53</b>	<b>105</b>	<b>158</b>	<b>210</b>	
	No. 16	1,18	0	0	0	0	0
Zeolite	No. 30	0,600	224	196	168	140	112
			<b>28</b>	<b>56</b>	<b>84</b>	<b>112</b>	
	No. 50	0,300	0	0	0	0	0
	No. 100	0,150	0	0	0	0	0
	No. 200	0,075	219	219	219	219	219
Filler	Pan		62	62	62	62	62
Total			1122	1122	1122	1122	1122

Sumber : Bina Marga (2014)

Tabel 4.5 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 7,0 %

Bahan	Ukuran saringan		Clereng 100%	Clereng 87,5%	Clereng 75%	Clereng 62,5%	Clereng 50%
			Zeolite 0%	Zeolite 12,5%	Zeolite 25%	Zeolite 37,5%	Zeolite 50%
	#	Mm	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)
Agregat kasar	3/4 "	19					
	1/2 "	12,5	56	56	56	56	56
	3/8 "	9,5	140	140	140	140	140
	No. 4	4,75	0	0	0	0	0
Pasir	No. 8	2,36	419	366	314	262	209
			<b>52</b>	<b>105</b>	<b>157</b>	<b>209</b>	
	No. 16	1,18	0	0	0	0	0
Zeolite	No. 30	0,600	223	195	167	140	112
			<b>28</b>	<b>56</b>	<b>84</b>	<b>112</b>	
	No. 50	0,300	0	0	0	0	0
	No. 100	0,150	0	0	0	0	0
	No. 200	0,075	218	218	218	218	218
Filler	Pan		61	61	61	61	61
Total			1116	1116	1116	1116	1116

Sumber : Bina Marga (2014)

Tabel 4.6 Berat Tertahan pada Gradasi Senjang dengan Kadar Aspal 7,5 %

Bahan	Ukuran saringan		Clereng 100%	Clereng 87,5%	Clereng 75%	Clereng 62,5%	Clereng 50%
			Zeolite 0%	Zeolite 12,5%	Zeolite 25%	Zeolite 37,5%	Zeolite 50%
	#	Mm	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)
Agregat kasar	3/4 "	19					
	1/2 "	12,5	56	56	56	56	56
	3/8 "	9,5	139	139	139	139	139
	No. 4	4,75	0	0	0	0	0
Pasir	No. 8	2,36	416	364	312	260	208
			<b>52</b>	<b>104</b>	<b>156</b>	<b>208</b>	
	No. 16	1,18	0	0	0	0	0
Zeolite	No. 30	0,600	222	194	167	139	111
			<b>28</b>	<b>56</b>	<b>83</b>	<b>111</b>	
	No. 50	0,300	0	0	0	0	0
	No. 100	0,150	0	0	0	0	0
	No. 200	0,075	216	216	216	216	216
Filler	Pan		61	61	61	61	61
Total			1110	1110	1110	1110	1110

Sumber : Bina Marga (2014)

#### 4.5 PENGUJIAN MARSHALL UNTUK MENCARI KADAR ASPAL OPTIMUM

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan.
2. Pengujian bahan, yang terdiri dari pengujian aspal, agregat halus, agregat kasar dan bahan pengisi (*filler*).
3. Membuat benda uji untuk mencari kadar aspal optimum dengan variasi kadar Zeolite 0% (tanpa variasi Zeolite), 12,5%, 25%, 37,5%, dan 50% serta dengan variasi kadar aspal 5,5%, 6%, 6,5%, 7,0% dan 7,5% terhadap berat total campuran, dengan gradasi senjang.
4. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Marshall*.
5. Membuat kesimpulan dari nilai-nilai kadar aspal optimum masing-masing jenis aspal yang akan digunakan dalam uji *Immersion Test*.

#### 4.5.1 Pengujian *Immersion*

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan.
2. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall Test* menggunakan aspal pertamina pen 60/70.
3. Menguji *Immersion* dengan lama perendaman 24 jam.
4. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Immersion Test*.
5. Membuat kesimpulan.

#### 4.5.2 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut.

1. Mempersiapkan bahan.
2. Membuat benda uji dengan nilai kadar aspal optimum yang telah didapat dari *Marshall Test* menggunakan aspal pertamina pen 60/70.
3. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk dilakukan pengujian.
4. Mendapatkan nilai dial dari hasil pengujian.
5. Menganalisis dan membuat pembahasan hasil-hasil dari pengujian *Indirect Tensile Strength*.
6. Membuat kesimpulan.

#### 4.6 JUMLAH BENDA UJI

Benda uji dibuat sebanyak 3 buah untuk masing-masing variasi sampelnya. Jadi jumlah benda uji dibuat sebanyak 120 buah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.7 sampai dengan Tabel 4.9 seperti berikut.

Tabel 4.7 Jumlah Benda Uji untuk Mencari Kadar Aspal Optimum

Kadar Aspal	Aspal Pertamina Pen 60/70				
	Clereng 100%	Clereng 87,5%	Clereng 75%	Clereng 62,5%	Clereng 50%
	Zeolite 0%	Zeolite 12,5%	Zeolite 25%	Zeolite 37,5%	Zeolite 50%
4,5 %	3	3	3	3	3
5,0%	3	3	3	3	3
5,5%	3	3	3	3	3
6,0 %	3	3	3	3	3
6,5%	3	3	3	3	3
Jumlah	<b>75 buah</b>				

Tabel 4.8 Jumlah Benda Uji untuk *Immersion Test*

Jenis Campuran			Lama Perendaman	
			30Menit (Standar)	24 jam
Aspal Pertamina Pen 60/70 Kondisi KAO	Clereng 100%	Zeolite 0%	3	3
	Clereng 87,5%	Zeolite 12,5%	3	3
	Clereng 75%	Zeolite 25%	3	3
	Clereng 62,5%	Zeolite 37,5%	3	3
	Clereng 50%	Zeolite 50%	3	3
Jumlah			<b>30 Buah</b>	

Tabel 4.9 Jumlah Benda Uji untuk *Indirect Tensile Strength Test*

Jenis Campuran		Jumlah Benda Uji	
Aspal Pertamina Pen 60/70 Kondisi KAO	Clereng 100%	Zeolite 0%	3
	Clereng 87,5%	Zeolite 12,5%	3
	Clereng 75%	Zeolite 25%	3
	Clereng 62,5%	Zeolite 37,5%	3
	Clereng 50%	Zeolite 50%	3
Jumlah		<b>15 Buah</b>	

Berat aspal yang digunakan untuk membuat benda uji pada masing-masing persentasi kadar aspal adalah sebagai berikut :

1. benda uji dengan kadar aspal 5,5 % terhadap total campuran adalah  
 $5,5 \% \times 1200 \text{ gr} = 66 \text{ gr}$ ,
2. benda uji dengan kadar aspal 5,0 % terhadap total campuran adalah  
 $5,0 \% \times 1200 \text{ gr} = 72 \text{ gr}$ ,
3. benda uji dengan kadar aspal 6,5 % terhadap total campuran adalah  
 $6,5 \% \times 1200 \text{ gr} = 78 \text{ gr}$ ,
4. benda uji dengan kadar aspal 7,0 % terhadap total campuran adalah  
 $7,0 \% \times 1200 \text{ gr} = 84 \text{ gr}$ , dan
5. benda uji dengan kadar aspal 7,5 % terhadap total campuran adalah  
 $7,5 \% \times 1200 \text{ gr} = 90 \text{ gr}$ .

#### **4.7 CARA MELAKUKAN PENGUJIAN**

##### **4.7.1 Pembuatan Benda Uji**

Cara pembuatan benda uji dari semua kriteria campuran tersebut dapat dilakukan secara berurutan seperti langkah-langkah dibawah ini.

1. Membersihkan agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dari lumpur-lumpur yang menempel kemudian dijemur terlebih dahulu.
2. Mencampur agregat kasar, agregat halus dan *filler* sesuai dengan perencanaan campuran.
3. Mencampurkan aspal dan agregat sesuai dengan variasi kadar aspal maupun agregat masing-masing yang direncanakan, kemudian memanaskan hingga suhu 150°C dan mengaduk secara merata.
4. Membersihkan cetakan benda uji  *mold* dan mengolesi bagian dalamnya dengan vaslin atau minyak pelumas yang lain.
5. Membersihkan batang penumbuk dan mengolesi bagian bawah batang penumbuk dengan minyak pelumas serta bagian dalam pegangan penumbuk juga supaya penumbuk bisa jatuh bebas.

6. Meletakkan selembar kertas / kertas penghisap yang sudah digunting sesuai dengan ukuran cetakan dibagian bawah cetakan, kemudian memasukkan benda uji sepertiga dari volume cetakan dan menusuk dengan spatula, kemudian memasukkan benda uji hingga duapertiga dari volume cetakan dan menusuk dengan spatula, dengan cara yang sama memasukan benda uji hingga penuh dalam cetakan dan menusuk dengan spatula.
7. Meletakkan cetakan *mold* diatas dudukannya (landasan) pemadatan. Dalam pengujian yang diasumsikan untuk lalu lintas berat maka pemadatan sebanyak 2 (dua kali) masing-masing sebanyak 75 pukulan, membalik benda uji setelah tumbukan pertama selesai dan menumbuk lagi sebanyak 75 pukulan.
8. Mendinginkan benda uji sesudah pemadatan selesai sampai mencapai suhu ruang, kemudian mengeluarkan benda uji dari cetakan dengan menggunakan *ejector hydrolic pump* lalu mendinginkan sampai dingin mencapai suhu ruang.

#### **4.7.2 Pengujian Marshall**

*Marshall Test* bertujuan untuk memperoleh nilai-nilai dari stabilitas (*stability*), kelelehan (*flow*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VFWA (*Void Filled With Asphalt*), VITM (*Void in the Total Mix*), MQ (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*density*).

Langkah-langkah pengujian dalam *Marshall Test* sebagai berikut.

1. Menyiapkan semua peralatan yang digunakan dan memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji, kemudian membersihkan benda uji dari kotoran yang menempel selama proses pencetakan.
2. Mengukur tinggi benda uji dengan kaliper sebanyak tiga kali di tiga posisi yang berbeda, sampai mendapatkan angka yang mendekati angka rata-rata, kemudian menimbang dan mencatat beratnya sehingga mendapatkan berat benda uji sebelum direndam.
3. Merendam benda uji didalam air selama 20 s/d 24 jam pada suhu ruang untuk

mendapatkan kejenuhan, kemudian menimbang didalam air untuk mendapatkan berat basah.

4. Mengeluarkan benda uji dari rendaman lalu mengelap bagian permukaannya (hingga mencapai kering permukaan atau SSD), kemudian menimbang untuk mendapatkan berat jenuh.
5. Memasukkan benda uji kedalam *water bath* selama 30 menit.
6. Menyiapkan kepala penekan *test head* dan memberi vaslin atau minyak pelumas. Kemudian memeriksa mesin penekan *Marshall Test* dan perlengkapannya, menyetel *dial stabilitas* pada angka nol.
7. Mengambil benda uji yang direndam dalam *water bath* dan memindahkan ke *test head*, memasang *dial flow* pada tempatnya, kemudian menghidupkan mesin pembebanan. Mengamati *dial stabilitas* dan *dial flow*, caranya membaca *dial flow* bila *dial stabilitas* telah mencapai angka maksimum.
8. Membaca *dial stabilitas* dan *dial flow*, misal pada *dial stabilitas* diperoleh 5 putaran dan telah berhenti di 50, berarti pembacaan *dial stabilitas* = 550.
9. Mengulangi langkah-langkah seperti diatas untuk benda uji yang lain sebanyak benda uji yang dibuat dalam penelitian. Karakteristik campuran dari hasil pengujian ini untuk mendapatkan kadar aspal optimum, kemudian hasil dari kadar aspal optimum ini digunakan untuk membuat benda uji pada uji *Immersion* dan *Indirect Tensile Strenght*.

### 4.7.3 Pengujian *Immersion*

Pengujian *Immersion* dilakukan secara berurutan sebagai berikut ini.

1. Menyiapkan semua peralatan yang akan digunakan dan memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji, kemudian membersihkan benda uji dari kotoran yang menempel selama proses pencetakan.
2. Mengukur tinggi benda uji dengan kaliper sebanyak tiga kali di tiga posisi yang berbeda, sampai mendapatkan angka yang mendekati rata-rata, lalu menimbang dan mencatat beratnya sehingga diperoleh berat benda uji sebelum direndam.
3. Merendam benda uji didalam air selama 20 s/d 24 jam pada suhu ruang untuk mendapatkan kejenuhan, kemudian menimbang didalam air untuk mendapatkan berat isi.
4. Mengeluarkan benda uji dari rendaman lalu mengelap bagian permukaannya (hingga mencapai kering permukaan atau SSD), kemudian menimbang untuk mendapatkan berat jenuh.
5. Memasukkan benda uji kedalam *water bath* selama 24 jam.
6. Menyiapkan kepala penekan *test head* dan memberi vaslin atau minyak pelumas. Kemudian memeriksa mesin penekan *Marshall Test* dan perlengkapannya, menyetel *dial stabilitas* pada angka nol.
7. Mengambil benda uji yang direndam dalam *water bath* dan memindahkan ke *test head*, memasang *dial flow* pada tempatnya, kemudian menghidupkan mesin pembebanan. Mengamati *dial stabilitas* dan *dial flow*, caranya membaca *dial flow* bila *dial stabilitas* telah mencapai angka maksimum.
8. Membaca *dial stabilitas* dan *dial flow*, misal pada *dial stabilitas* diperoleh 5 putaran dan telah berhenti di 50, berarti pembacaan *dial stabilitas* = 550.

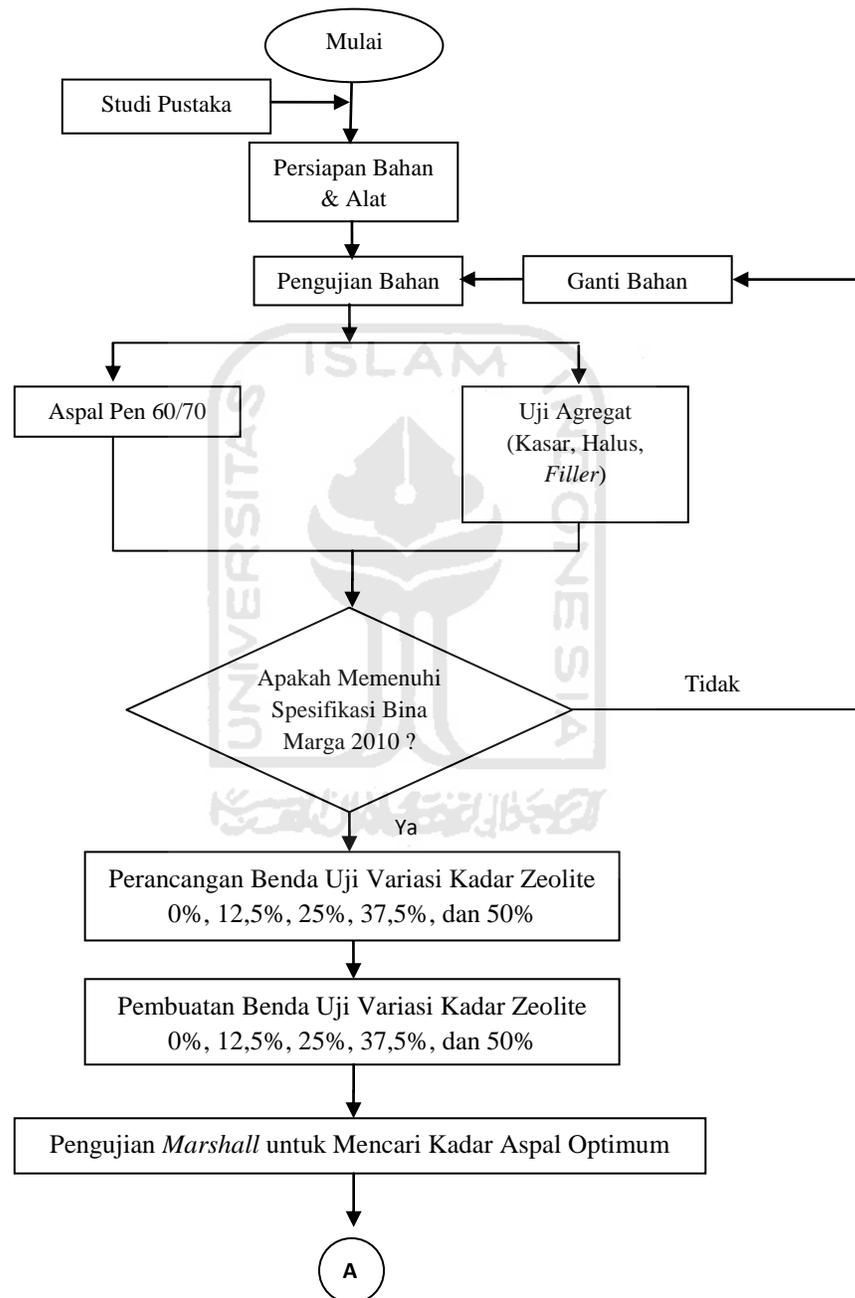
#### 4.7.4 Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Pengujian *Indirect Tensile Strength* dilakukan secara berurutan sebagai berikut ini.

1. Meletakkan benda uji pada alat uji *Indirect Tensile Strength* untuk pengujian.
2. Memastikan beban dan benda uji sejajar selama pengujian.
3. Menentukan tinggi dan diameter benda uji.
4. Memastikan tempat untuk menguji benda uji suhunya tetap pada suhu 25°C.
5. Berhati-hati dalam menurunkan beban dari tempatnya.
6. Melakukan pengawasan terhadap perubahan bentuk dan menentukan beban vertikal dari kerusakan benda uji.

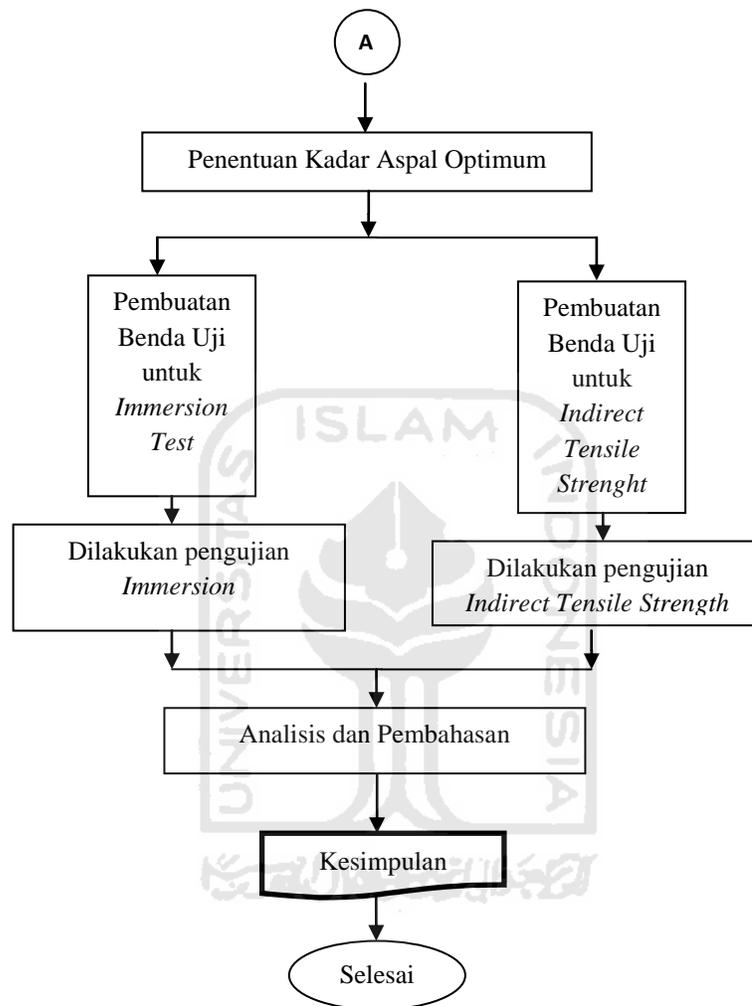


Dibawah ini merupakan bagan alir yang terdapat pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 yang menjelaskan tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian.



Gambar 4.1 Bagan Alir Penelitian (1 dari 2)

Gambar 4.2 merupakan bagan alir lanjutan dari Gambar 4.1



Gambar 4.2 Lanjutan Bagan Alir Penelitian 4.1 (2 dari 2)

## **BAB V**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 HASIL PENELITIAN**

##### **5.1.1 Hasil Pengujian Agregat**

Untuk mengetahui tingkat kelayakan agregat yang akan digunakan pada campuran, diperlukan pengujian material meliputi pemeriksaan terhadap karakteristik fisik agregat kasar dan agregat halus. Hal ini diperlukan untuk mengetahui apakah jenis agregat kasar dan agregat halus yang digunakan memenuhi batasan spesifikasi atau tidak. Pengujian ini dilakukan berdasarkan pedoman pengujian yang ada dan juga didukung dengan peralatan laboratorium yang sudah dikalibrasi.

Agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang digunakan untuk campuran lapis tipis aspal beton (HRS – Base) digunakan sebagai material agregat halus dan diperlakukan pengujian seperti agregat halus pada umumnya, sehingga metode pengujiannya yaitu dengan metode pengujian agregat halus sesuai dengan pedoman Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2010) revisi 3.

Pada agregat halus Zeolite, pengujian yang dilakukan adalah pengujian *sand equivalent*. Hasil pemeriksaan fisik agregat kasar, agregat halus, dan filler dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Rekap hasil pemeriksaan fisik agregat

No.	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil	Satuan	Keterangan
A. Agregat Kasar					
1	Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Maks 40	21,3	%	Memenuhi
2	Kelekatan Terhadap Aspal	Min 95	99	%	Memenuhi
3	Berat Jenis Semu	Min 2,5	2,75	gr/cm <sup>3</sup>	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 3	1,64	%	Memenuhi
B. Agregat Halus ( Clereng )					
1	<i>Sand Equivalent</i>	Min 60	81	%	Memenuhi
C. Agregat Halus ( Zeolite )					
1	<i>Sand Equivalent</i>	Min 60	74,47	%	Memenuhi
D. Filler					
1	Berat Jenis Semu	Min 2,5	2,69	%	Memenuhi

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari hasil yang didapatkan dari berbagai macam pengujian yang dilakukan maka dapat diketahui bahwa material sesuai dengan Bina Marga (2014). Dengan demikian maka material agregat kasar, agregat halus, dan *filler* dapat digunakan sebagai bahan campuran HRS-Base. Dari hasil pengujian Zeolite dari daerah Kabupaten Klaten diperoleh hasil *Sand Equivalent* sebesar 74,47% nilai tersebut sudah memenuhi standar (min 60%) berdasarkan Bina Marga (2014). Untuk hasil lengkap pemeriksaan fisik agregat dapat dilihat pada **Lampiran 1-6**.

### 5.1.2 Hasil Pengujian Aspal

Aspal yang digunakan adalah aspal Pertamina Pen 60/70 yang tersedia di Laboratorium Jalan Raya Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil UII. Hasil pemeriksaan fisik aspal dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Rekap hasil pemeriksaan fisik aspal

No.	Jenis Pengujian	Spesifikasi	Hasil
1	Penetrasi pada 25°C (dmm)	60-70	63,7
3	Titik Lembek (°C)	≥48	48,5
5	Daktilitas pada 25°C (cm)	≥100	164
6	Titik Nyala (°C)	≥232	342
7	Kelarutan dalam Toluene (%)	≥99	99,33
8	Berat Jenis	≥1,0	1,03

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Sesuai dengan hasil yang didapatkan dari berbagai macam pengujian yang dilakukan maka dapat dilihat bahwa material sesuai dengan Bina Marga (2014). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa bahan aspal sudah memenuhi persyaratan dan dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal pada perkerasan HRS- Base. Untuk hasil lengkap pemeriksaan fisik aspal dapat dilihat pada **Lampiran 6-11**.

### 5.1.3 Hasil Perhitungan *Marshall* ( Penentuan KAO )

Setelah melalui tahapan pembuatan benda uji dan pengujian, berikut ini merupakan hasil perhitungan *Marshall* dari berbagai variasi kadar Zeolite, untuk variasi kadar Zeolite 0% Tabel 5.3, untuk variasi kadar Zeolite 12,5% Tabel 5.4, untuk variasi kadar Zeolite 25% Tabel 5.5, untuk variasi kadar Zeolite 37,5% Tabel 5.6, dan untuk variasi kadar Zeolite 50% Tabel 5.7.

Tabel 5.3 Rekap perhitungan *Marshall* untuk variasi kadar Zeolite 0%

Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal %				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Density	-	2,34	2,34	2,33	2,33	2,33
Stabilitas	> 800 kg	1240,62	1381,38	1504,66	1537,17	1577,68
Flow	> 3 mm	3,85	4,00	4,15	4,30	4,55
MQ	> 250 kg/mm	322,24	345,35	362,57	357,48	346,74
VMA	> 15%	16,12	16,48	17,11	17,76	18,12
VFWA	> 65%	66,53	72,11	76,02	79,56	84,37
VITM	3 - 5%	5,39	4,60	4,10	3,63	2,83

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 5.4 Rekap perhitungan *Marshall* untuk variasi kadar Zeolite 12,5%

Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal %				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Density	-	2,32	2,33	2,32	2,32	2,31
Stabilitas	> 800 kg	1141,81	1223,97	1411,68	1401,37	1449,81
Flow	> 3 mm	4,13	3,95	4,33	4,43	4,60
MQ	> 250 kg/mm	276,24	309,87	325,77	316,10	315,18
VMA	> 15%	16,36	16,70	17,37	17,86	18,66
VFWA	> 65%	65,01	70,66	74,31	78,66	81,06
VITM	3 - 5%	5,72	4,90	4,46	3,81	3,53

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 5.5 Rekap perhitungan *Marshall* untuk variasi kadar Zeolite 25%

Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal %				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Density	-	2,26	2,29	2,30	2,30	2,29
Stabilitas	> 800 kg	1079,37	1172,42	1284,32	1290,16	1332,72
Flow	> 3 mm	4,12	4,32	4,25	4,57	4,73
MQ	> 250 kg/mm	262,19	271,60	302,19	282,52	281,56
VMA	> 15%	18,28	17,75	17,71	18,37	19,04
VFWA	> 65%	56,68	65,39	72,36	75,74	78,83
VITM	3 - 5%	7,92	6,14	4,89	4,46	4,03

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 5.6 Rekap perhitungan *Marshall* untuk variasi kadar Zeolite 37,5%

Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal %				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Density	-	2,20	2,25	2,26	2,26	2,26
Stabilitas	> 800 kg	1027,21	1092,54	1210,41	1199,82	1232,61
Flow	> 3 mm	4,20	4,35	4,50	4,58	4,98
MQ	> 250 kg/mm	244,57	251,16	268,98	261,78	247,35
VMA	> 15%	19,85	18,60	18,68	19,04	19,44
VFWA	> 65%	50,31	60,78	66,75	71,41	75,71
VITM	3 - 5%	9,86	7,30	6,21	5,44	4,72

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 5.7 Rekap perhitungan *Marshall* untuk variasi kadar Zeolite 50%

Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal %				
		5,5	6,0	6,5	7,0	7,5
Density	-	2,16	2,22	2,24	2,25	2,25
Stabilitas	> 800 kg	965,68	1041,41	1112,36	1146,72	1232,36
Flow	> 3 mm	4,30	4,48	4,72	4,60	5,10
MQ	> 250 kg/mm	224,58	232,29	235,83	249,29	241,64
VMA	> 15%	21,73	19,72	19,63	19,77	20,20
VFWA	> 65%	45,37	57,12	63,41	68,80	72,81
VITM	3 - 5%	11,87	8,46	7,18	6,17	5,49

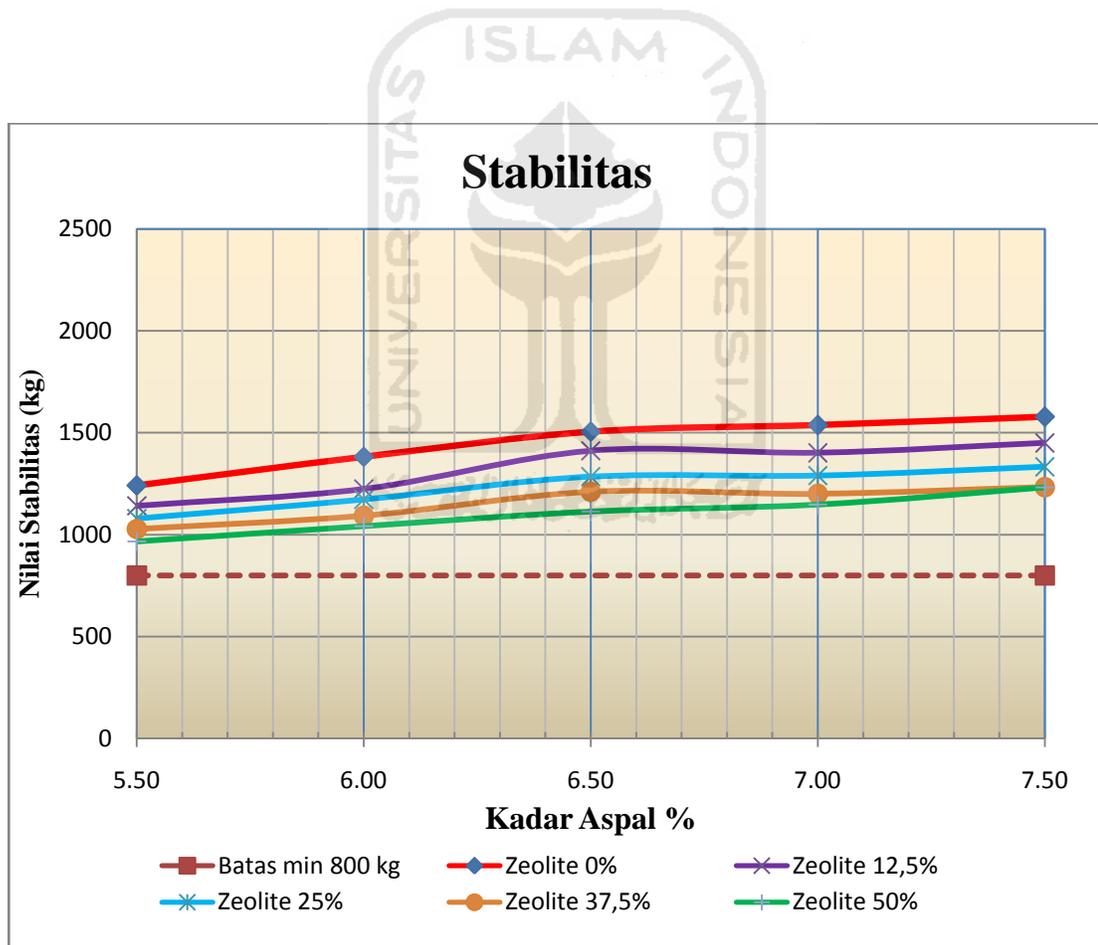
Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari perhitungan variasi penggunaan kadar Zeolite 12,5%, 25%, dan 37,5%, didapatkan bahwa secara keseluruhan nilai *density*, stabilitas, flow, MQ, VMA, VFWA, dan VITM untuk variasi kadar Zeolite 12,5%, 25%, dan 37,5% sudah memenuhi spesifikasi. Selanjutnya dilakukan penentuan kadar aspal optimum menggunakan metode *narrow range*. Penentuan kadar aspal optimum dilakukan terhadap variasi kadar Zeolite 12,5%, 25%, dan 37,5% karena telah memenuhi spesifikasi. Namun untuk kadar variasi Zeolite 50% tidak dapat dihitung karena tidak memenuhi spesifikasi. Nilai kadar aspal optimum dapat diperoleh dari hubungan karakteristik *Marshall*, yaitu nilai stabilitas, *flow*, MQ, VMA, VFWA, dan VITM. Untuk hasil lengkap perhitungan *Marshall* dapat dilihat pada **Lampiran 12-17**.

## 5.2 PEMBAHASAN KARAKTERISTIK *MARSHALL* UNTUK PENENTUAN KAO

### 5.2.1 Nilai Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan suatu perkerasan dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi deformasi atau perubahan bentuk. Nilai stabilitas merupakan nilai yang didapat dari arloji pengukur tersebut dikalikan dengan kalibrasi proving ring kemudian dikoreksi dengan angka koreksi akibat variasi ketinggian atau volume benda uji. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.1 .



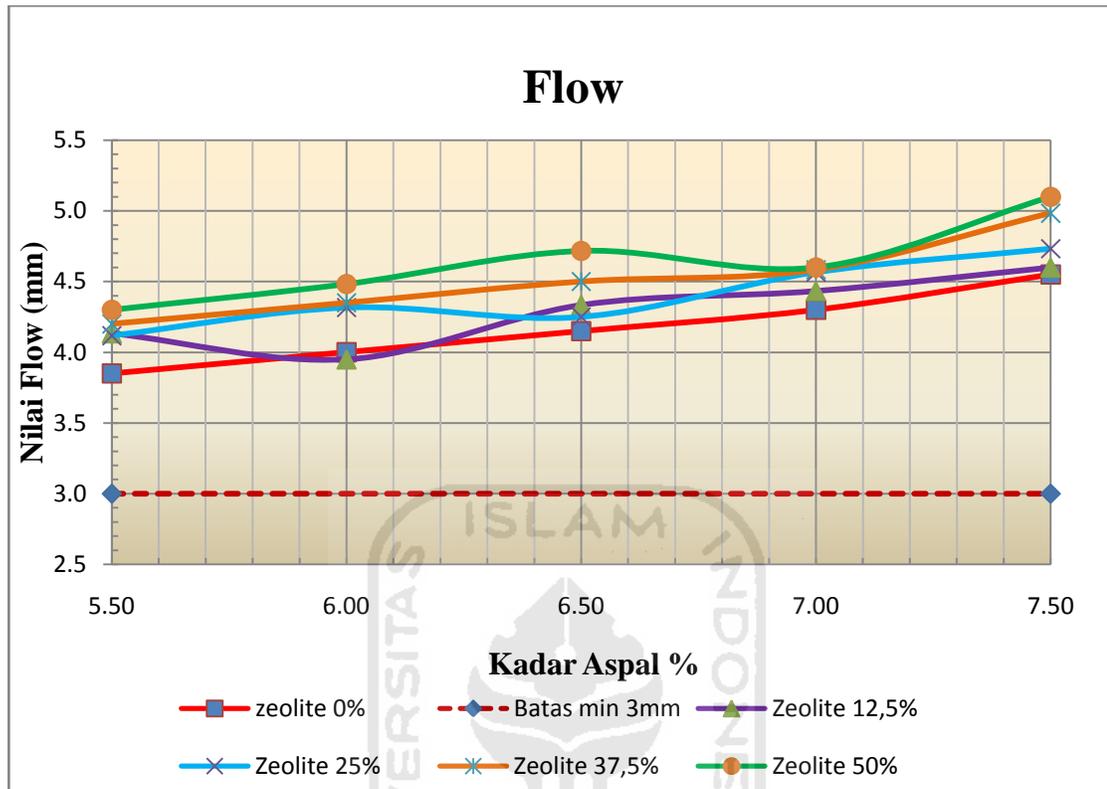
Gambar 5.1 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas *Marshall*  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

Stabilitas terjadi karena penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal. Pada Gambar 5.1 terlihat bahwa semakin banyak penambahan kadar aspal terhadap campuran agregat akan memiliki kecenderungan menaikkan nilai stabilitas. Hal ini dikarenakan fungsi aspal sebagai perekat. Namun nilai stabilitas pada kadar aspal 7 % untuk variasi Zeolite 12,5% dan 37,5% mengalami penurunan, hal ini kemungkinan terjadi karena kesalahan saat pembacaan suhu pada saat proses pencampuran aspal dan agregat.

Pada Gambar 5.1 menunjukkan penggunaan Zeolite pada campuran agregat menurunkan nilai stabilitas dan lebih banyak membutuhkan kadar aspal dibandingkan campuran agregat tanpa penggunaan Zeolite. Sebagai perbandingan untuk kadar Zeolite 12,5% dengan kadar aspal 6,5% menunjukkan nilai stabilitas 1411,68kg, sedangkan penggunaan Zeolite yang paling mendekati nilai tersebut adalah kadar Zeolite 0% dengan kadar aspal 6% yaitu sebesar 1381,38kg. Pada Feliana (2015) nilai stabilitas pada kadar aspal 6% pada variasi penggunaan Zeolite 25%, 50%, dan 100% mengalami penurunan hal ini kemungkinan terjadi kesalahan saat pembacaan suhu pada saat pembuatan benda uji.

### **5.2.2 Nilai *Flow***

Nilai *flow* adalah besarnya perubahan bentuk secara plastis pada suatu benda uji campuran aspal yang terjadi yang diakibatkan oleh beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01". Campuran dengan *flow* tinggi rawan mengalami deformasi, sedangkan semakin rendah nilai *flow* campuran aspal akan semakin getas dan mudah retak. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow* dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai *flow*  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

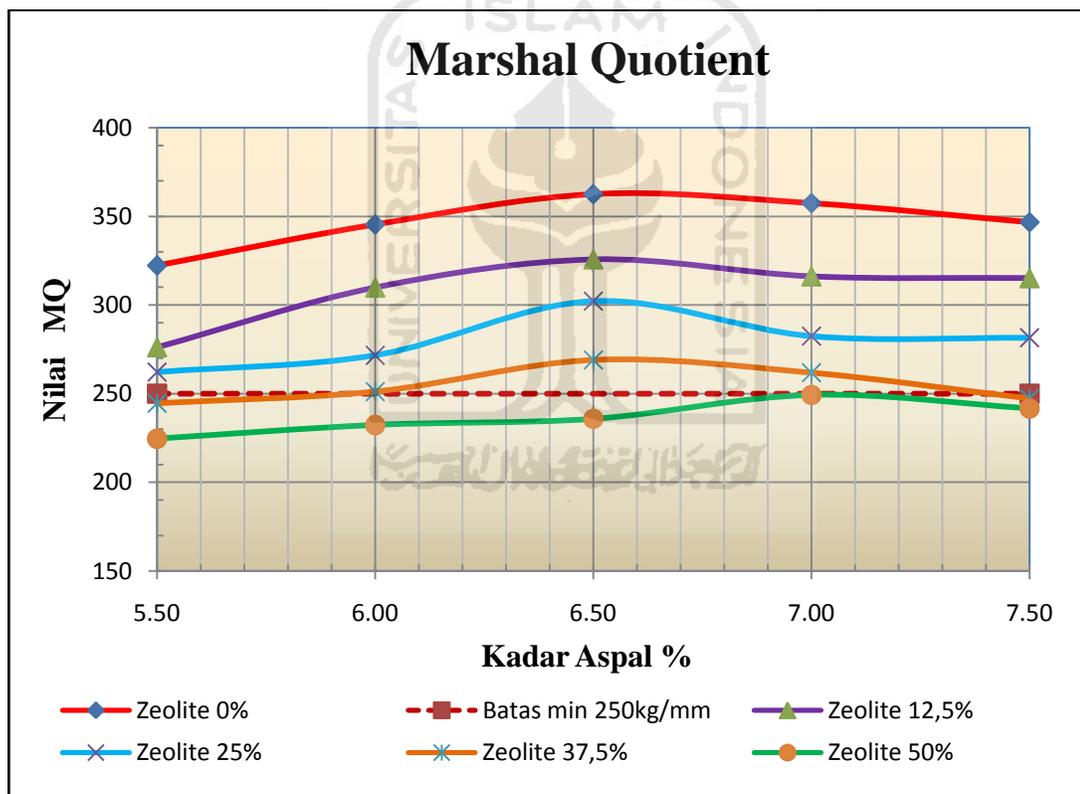
Secara umum terlihat pada Gambar 5.2 tersebut bahwa penambahan kadar aspal akan meningkatkan nilai *flow*. Hal ini dapat terjadi karena semakin tinggi kadar aspal maka campuran akan menjadi plastis atau lemah, sehingga nilai *flow* juga akan bertambah besar.

Terlihat pada Gambar 5.2 penggunaan Zeolite dalam campuran terlihat juga menaikkan nilai *flow*. Sebagai perbandingan nilai *flow* yang paling mendekati untuk kadar Zeolite 0% dengan kadar aspal 7,5% menunjukkan nilai *flow* 4,55mm, sedangkan untuk kadar Zeolite 12,5% dengan kadar aspal 7,5% menunjukkan nilai *flow* 4,60mm. Pada Feliana (2015) semua penggunaan variasi kadar Zeolite juga akan meningkatkan nilai *flow*. Dalam hal ini menunjukkan Zeolite merupakan agregat yang lebih lemah dibandingkan dengan agregat Clereng, sehingga semakin tinggi kadar Zeolite yang digunakan dalam campuran maka semakin tinggi juga nilai *flow*.

Secara umum nilai *flow* pada semua campuran tiap kadar aspal telah memenuhi persyaratan minimal 3mm.

### 5.2.3 Nilai MQ ( Marshall Quotient )

Nilai MQ adalah nilai yang menunjukkan perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*. Nilai MQ ini dipakai sebagai pendekatan tingkat kekakuan atau kemampuan terhadap retak, serta untuk mengetahui tingkat fleksibilitas campuran. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai MQ dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



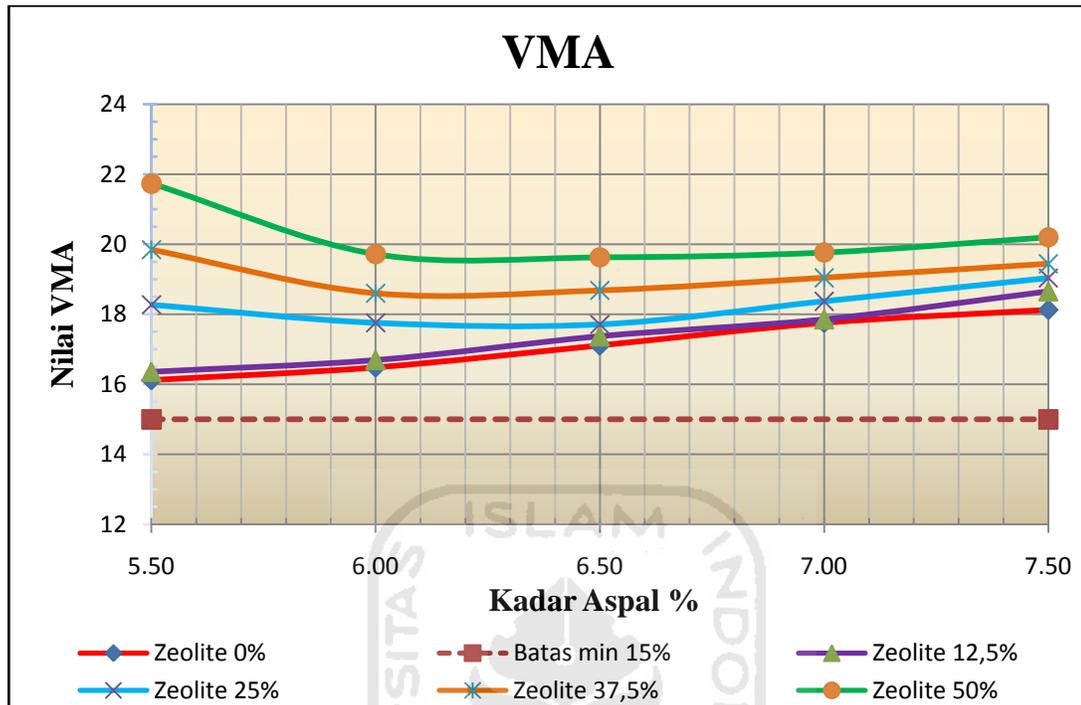
Gambar 5.3 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai MQ  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

Secara umum nilai MQ memiliki kecenderungan naik seiring penambahan kadar aspal, namun nilai MQ akan kembali turun apabila kadar aspal yang ditambahkan sudah berlebihan. Pada Gambar 5.3 terlihat bahwa penggunaan variasi kadar Zeolite memiliki nilai MQ yang lebih rendah bila dibandingkan dengan nilai MQ yang tanpa menggunakan Zeolite. Sebagai perbandingan untuk nilai MQ yang paling mendekati yaitu kadar Zeolite 0% dengan kadar aspal 5,5% menunjukkan nilai 322,24kg/mm, sedangkan untuk kadar Zeolite 12,5% dengan kadar aspal 6,5% menunjukkan nilai paling optimum 325,77kg/mm.

Pada Gambar 5.3 terlihat penggunaan Zeolite juga menunjukkan bahwa pada variasi kadar Zeolite 50% tidak memenuhi persyaratan batas minimal 250kg/mm. Pada Feliana (2015) menunjukkan nilai MQ pada variasi kadar Zeolite 50%, 75%, dan 100% tidak memenuhi batas minimal 250kg/mm. Nilai yang MQ yang tidak memenuhi persyaratan ini menunjukkan perkerasan terlalu plastis atau lemah yang berakibat akan mengalami deformasi yang besar bila menerima beban lalulintas.

#### **5.2.4 Nilai VMA ( Void in the Mineral Agregate )**

Nilai VMA adalah nilai persentase rongga diantara agregat pada campuran setelah dipadatkan. Nilai VMA dipengaruhi oleh kadar aspal, gradasi agregat, jumlah tumbukan dan temperatur pemadatan. Semakin besar nilai VMA artinya rongga udara antara agregat dalam campuran semakin besar juga. Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VMA  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

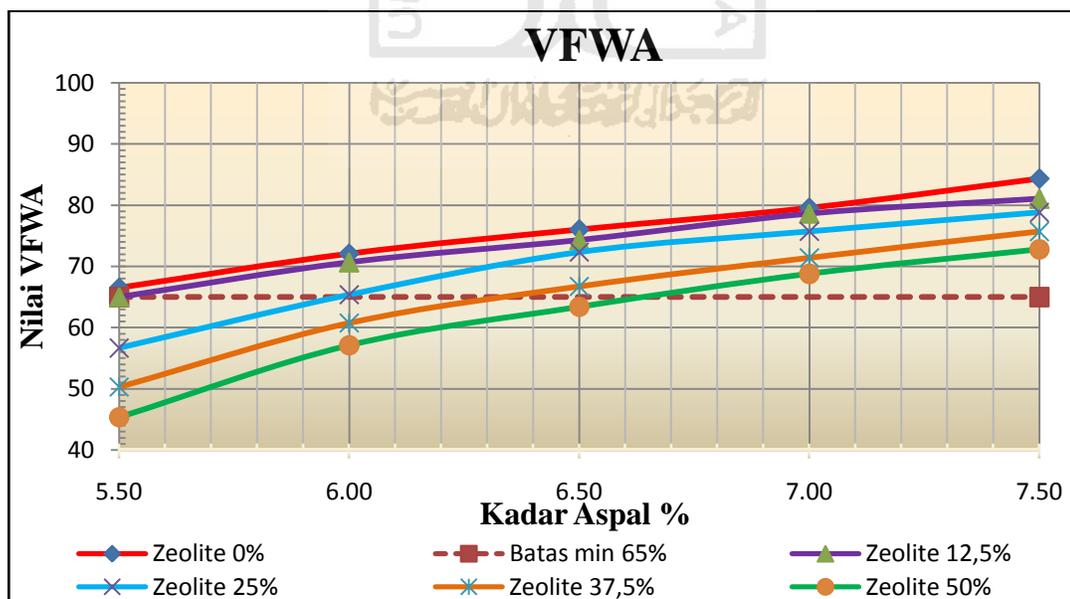
Penggunaan Zeolite memiliki pengaruh yang cukup besar pada nilai VMA. Sesuai pada Gambar 5.4 terlihat nilai VMA pada penggunaan Zeolite sebagai agregat halus lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa penggunaan Zeolite. Sebagai perbandingan nilai VMA pada kadar Zeolite 0% dan kadar Zeolite 12,5%, terlihat nilai VMA yang ditunjukkan untuk kadar Zeolite 12,5% selalu berada diatas kadar Zeolite 0% pada setiap kadar aspal yang berbeda. Hal ini dipengaruhi karena penggunaan Zeolite akan mengakibatkan volume rongga semakin besar sesuai dengan peningkatan variasi penggunaan Zeolite dalam campuran.

Pada Gambar 5.4 dapat diketahui bahwa variasi penggunaan kadar Zeolite 25%, 37,5%, dan 50% memiliki nilai VMA yang cenderung menurun pada kadar aspal 6%, namun apabila kadar aspal tetap ditambahkan maka nilai VMA akan mengalami peningkatan. Pada Feliana (2015) penggunaan variasi kadar Zeolite 25%, 75%, dan 100% didapatkan hasil yang cenderung menurun, akan tetapi nilainya akan

meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Hal tersebut dapat terjadi karena, bila kadar aspal ditambahkan akan membuat semakin padat campuran beraspal panas tersebut. Campuran yang padat berarti aspal dapat melekat pada agregat dengan baik, sehingga jarak agregat semakin sempit. Tetapi bila kadar aspal berlebih, selain akan menyelimuti permukaan agregat, aspal juga akan menyebabkan jarak antar agregat menjadi semakin besar. Namun secara keseluruhan nilai VMA untuk semua variasi kadar Zeolite telah memenuhi batas minimal 15%.

### 5.2.5 Nilai VFWA ( Void Filled With Asphalt )

Nilai VFWA adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal. Besarnya nilai VFWA menentukan keawetan suatu campuran. Nilai VFWA berbanding terbalik dengan nilai VITM. Semakin besar nilai VFWA semakin besar persentase rongga yang terisi oleh aspal, sehingga nilai VITM akan semakin kecil. Hal tersebut mengindikasikan bahwa rongga yang terisi aspal semakin banyak, oleh karena itu campuran beraspal akan semakin awet. Hubungan antara kadar aspal dan nilai VFWA dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



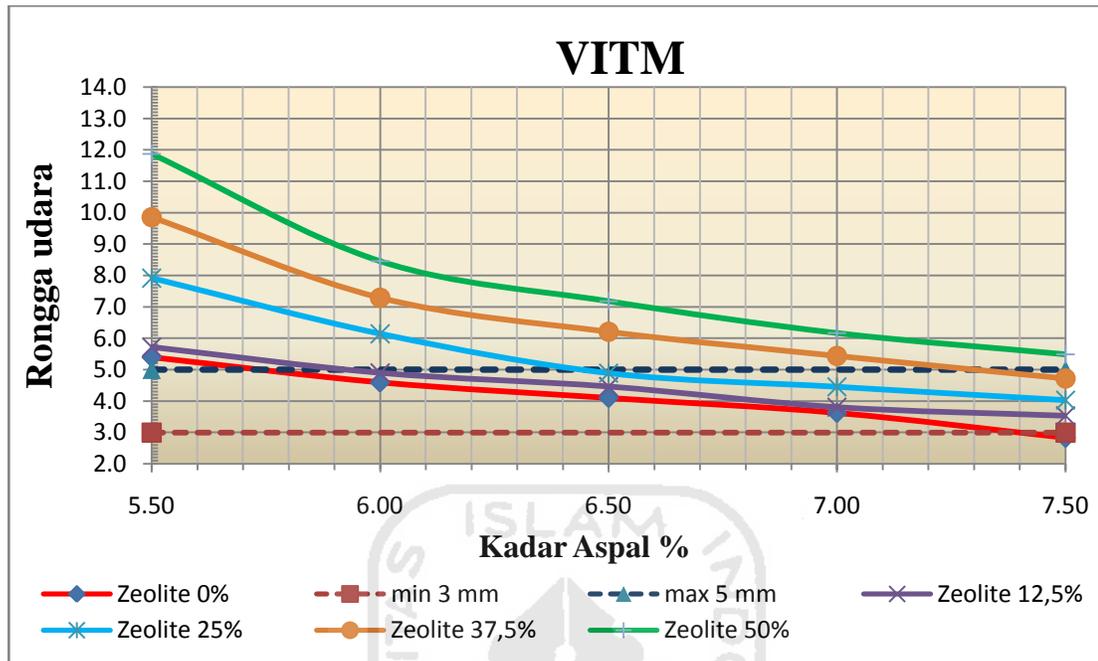
Gambar 5.5 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VFWA  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

Pada Gambar 5.5 terlihat bahwa peningkatan kadar aspal akan menyebabkan peningkatan nilai VFWA. Hal tersebut dikarenakan penambahan aspal akan menyebabkan semakin banyaknya rongga yang terisi aspal dalam campuran. Untuk penggunaan variasi kadar Zeolite 12,5%, 25%, dan 37,5% juga akan meningkatkan nilai VFWA seiring meningkatnya penggunaan kadar aspal. Akan tetapi nilai VFWA pada semua variasi tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan 0% Zeolite. Pada Feliana (2015) juga menunjukkan hal yang sama bahwa penggunaan kadar Zeolite pada variasi 25%, 50%, 75%, dan 100% akan meningkatkan nilai VFWA seiring meningkatnya kadar aspal. Akan tetapi nilai VFWA pada semua variasi tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan 0% Zeolite.

Dapat dilihat pada Gambar 5.5 sebagai perbandingan nilai VFWA yang paling mendekati untuk kadar Zeolite 12,5% dengan kadar aspal 6,5% menunjukkan nilai 74,31%, sedangkan untuk kadar Zeolite 0% dengan kadar aspal 6% menunjukkan nilai 72,11%. Hal ini dapat terjadi karena Zeolite merupakan agregat yang memiliki rongga besar, sehingga Zeolite akan cenderung menyerap aspal. Kecenderungan ini dapat mengurangi kuantitas aspal untuk mengisi rongga dalam campuran. Nilai VFWA yang kecil pada penggunaan agregat halus Zeolite tersebut mengakibatkan berkurangnya kemampuan kedap air pada campuran. Hal tersebut akan menurunkan durabilitas campuran serta akan mengakibatkan mudah terlepasnya ikatan antar butiran.

#### **5.2.6 Nilai VITM ( *Void in the Mix* )**

VITM adalah volume total udara yang berada diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang dipadatkan. Nilai VITM dibutuhkan untuk perancangan beban lalu lintas yaitu sebagai tempat bergesernya agregat ketika lapisan perkerasan mengalami pembebanan. Hubungan kadar aspal dan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Hubungan antara kadar aspal dengan nilai VITM  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

Untuk nilai VITM mempunyai persyaratan batas minimal 3% dan batas maksimal 5%. Jika nilai dibawah batas minimal 3% artinya rongga campuran relatif kecil, maka akan mengakibatkan permukaan aspal naik (*bleeding*). Hal ini dapat terjadi akibat rongga udara dalam campuran kecil, sehingga tidak dapat menampung aspal pada campuran. Sebaliknya, jika nilai VITM melebihi batas maksimal 5% artinya campuran memiliki rongga yang besar, maka akan menyebabkan campuran menjadi tidak kedap air. Selain itu jika nilai VITM terlalu besar juga dapat menurunkan sifat durabilitas campuran beraspal yang pada akhirnya campuran beraspal kurang awet dan mudah rusak.

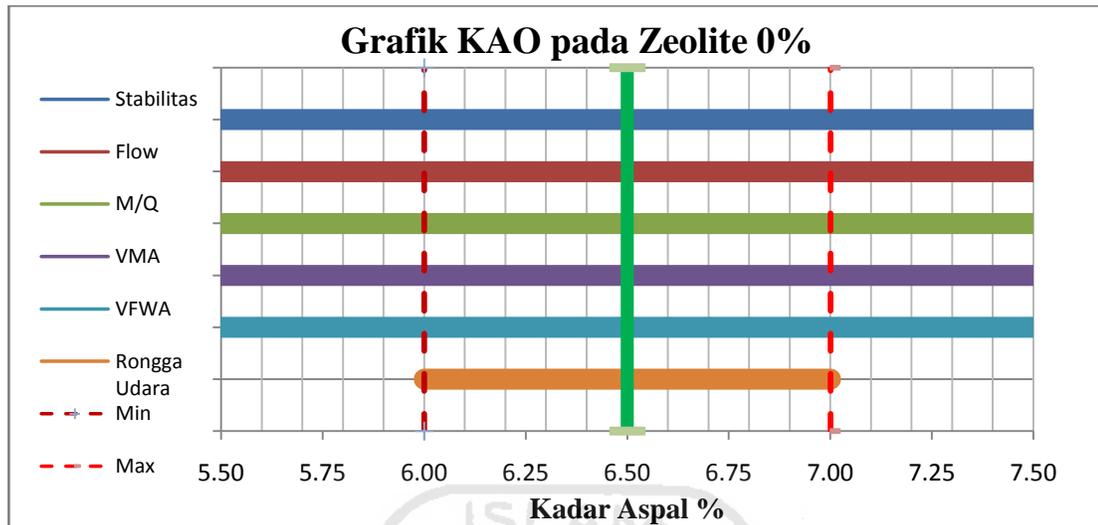
Pada Gambar 5.6 terlihat bahwa penambahan kadar aspal akan mengurangi jumlah rongga. Hal tersebut dikarenakan banyaknya rongga dalam campuran dipengaruhi oleh kadar aspal campuran itu sendiri. Peningkatan kadar aspal dalam setiap variasi kadar Zeolite juga akan mengakibatkan semakin banyaknya aspal yang

mengisi rongga dalam campuran, sehingga volume rongga dalam campuran semakin berkurang.

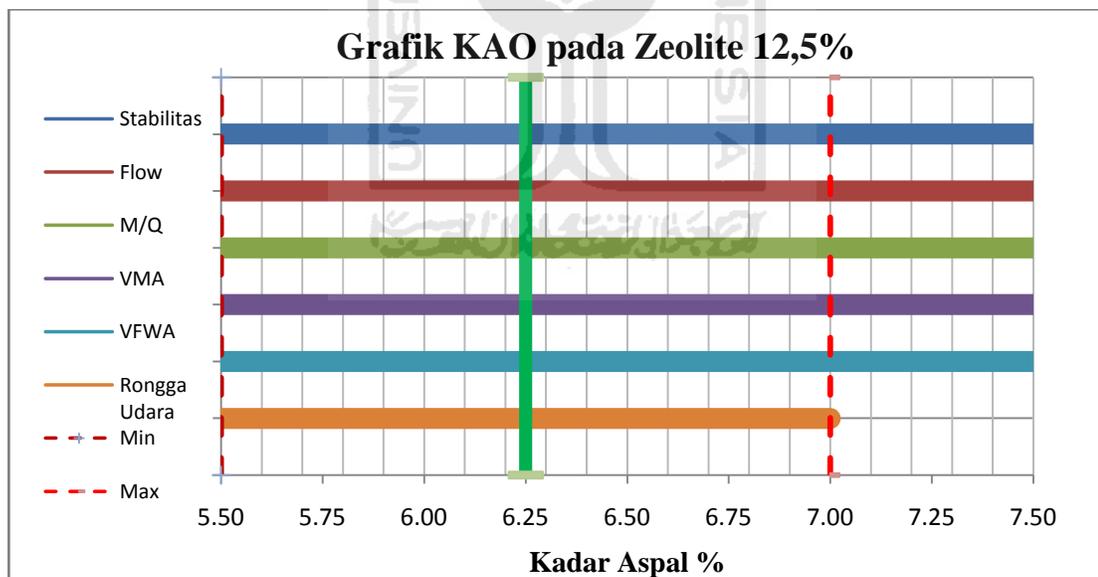
Penggunaan variasi kadar Zeolite pada Gambar 5.6 terlihat untuk variasi kadar Zeolite 12,5%, 25%, 37,5%, dan 50% mengalami penurunan nilai VITM seiring meningkatnya kadar aspal yang digunakan, namun nilainya masih lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan 0% Zeolite pada kadar aspal yang sama. Sebagai perbandingan untuk kadar Zeolite 0% dan kadar Zeolite 12,5% dengan kadar aspal 7% menunjukkan nilai VITM 3,63% dan 3,81%. Akan tetapi, untuk variasi kadar Zeolite 50% melebihi batas maksimal 5%, sehingga tidak memenuhi persyaratan. Pada Feliana (2015) nilai VITM pada variasi kadar Zeolite 75% dan 100% melebihi batas atas. Dapat disimpulkan penggunaan Zeolite akan meningkatkan nilai VITM. Seperti halnya VFVA, hal tersebut terjadi karena Zeolite merupakan agregat yang memiliki rongga besar. Kecenderungan Zeolite yang menyerap aspal ini akan mengurangi kuantitas dan kemampuan aspal untuk mengisi rongga dalam campuran.

### **5.2.7 Penentuan Nilai KAO**

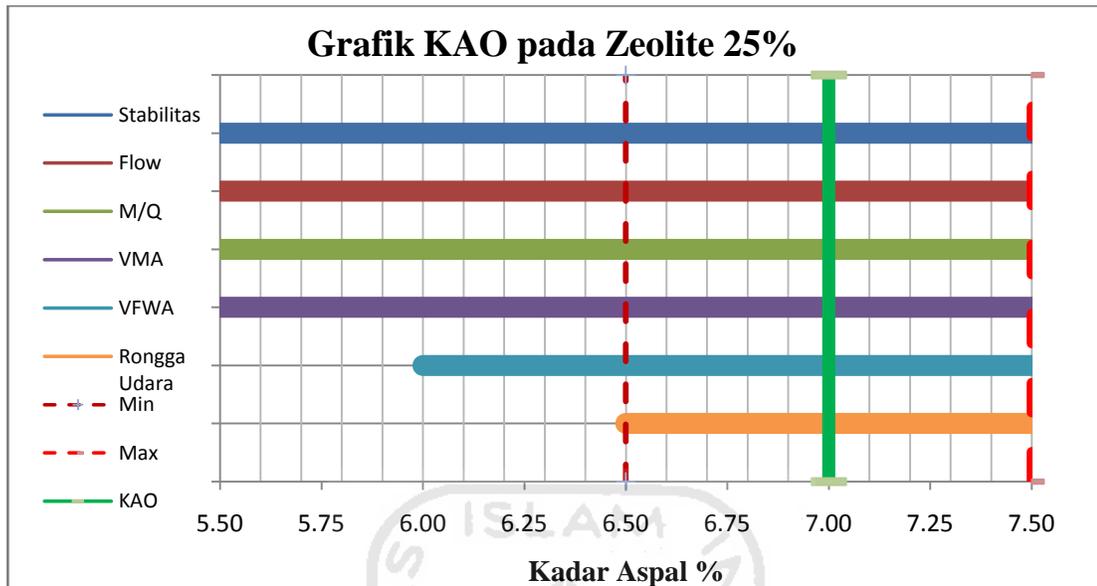
Setelah didapatkan karakteristik dari hasil uji *Marshall*, maka dapat diketahui karakteristik yang memenuhi spesifikasi Bina Marga. Dari hasil uji *Marshall* yang telah dilakukan untuk kadar variasi Zeolite 50% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga. Berikut ini karakteristik yang memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk kadar variasi Zeolite 0% Gambar 5.7, untuk kadar variasi Zeolite 12,5% Gambar 5.8, untuk kadar variasi Zeolite 25% Gambar 5.9, dan untuk kadar variasi Zeolite 37,5% Gambar 5.10.



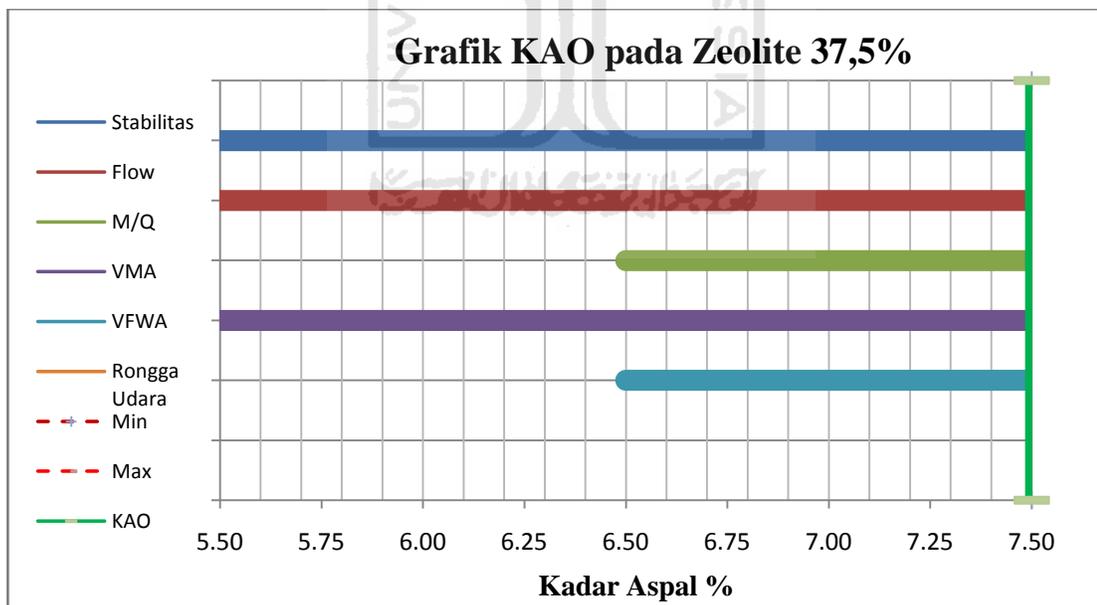
Gambar 5.7 Nilai KAO pada Zeolite 0%  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )



Gambar 5.8 Nilai KAO pada Zeolite 12,5%  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )



Gambar 5.9 Nilai KAO pada Zeolite 25%  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )



Gambar 5.10 Nilai KAO pada Zeolite 37,5%  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) diambil nilai tengah pada interval kadar aspal yang memenuhi syarat. Hasil penentuan nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Hasil penentuan nilai KAO

No.	Kadar Zeolite (%)	Range KAO (%)	KAO (%)
1	0	5,50 - 7,50	6,50
2	12,5	5,50 - 7,00	6,25
3	25	6,50 - 7,50	7,00
4	37,5	7,50 - 7,50	7,50

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Dari Tabel 5.8 dapat dilihat bahwa campuran variasi Zeolite 12,5% memiliki nilai KAO yang lebih baik daripada campuran variasi kadar Zeolite 0%. Akan tetapi semakin banyak campuran variasi kadar Zeolite maka semakin tinggi juga kadar aspal yang dibutuhkan. Dibuktikan dengan nilai KAO pada variasi kadar Zeolite 25% dan 37,5% lebih tinggi dibandingkan dengan campuran variasi kadar Zeolite 0%.

Kadar aspal optimum untuk campuran variasi kadar Zeolite 50% tidak dapat ditentukan. Hal ini dikarenakan penggunaan agregat halus pada kadar tersebut tidak memenuhi persyaratan berdasarkan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga revisi 3.

### 5.2.8 Perancangan Campuran Agregat dengan Nilai KAO

Berikut tabel rancangan campuran agregat untuk KAO dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan pada Tabel 5.10 untuk jumlah benda uji *Immersion Test* dan *Indirect Tensile Strenght Test*.

Tabel 5. 9 Rancangan gradasi campuran pada nilai KAO

Bahan	Ukuran saringan		Clereng 100%	Clereng 87,5%	Clereng 75%	Clereng 62,5%
			Zeolite 0%	Zeolite 12,5%	Zeolite 25%	Zeolite 37,5%
	#	mm	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)
Agregat kasar	3/4 "	19				
	1/2 "	12,5	56	56	56	56
	3/8 "	9,5	140	141	140	139
	No. 4	4,75	0	0	0	0
Pasir	No. 8	2,36	421	317	304	260
			<b>105</b>	<b>105</b>	<b>105</b>	<b>156</b>
	No. 16	1,18	0	0	0	0
Zeolite	No. 30	0,600	224	169	167	139
			<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>83</b>
	No. 50	0,300	0	0	0	0
	No. 100	0,150	0	0	0	0
	No. 200	0,075	219	219	218	216
Filler	Pan		62	62	61	61
Total			1122	1125	1106	1110
<b>Kadar Aspal</b>			<b>6,5%</b>	<b>6,25%</b>	<b>7,0%</b>	<b>7,5%</b>

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Tabel 5. 10 Jumlah benda uji *Immersion Test* dan *Indirect Tensile Strenght Test*

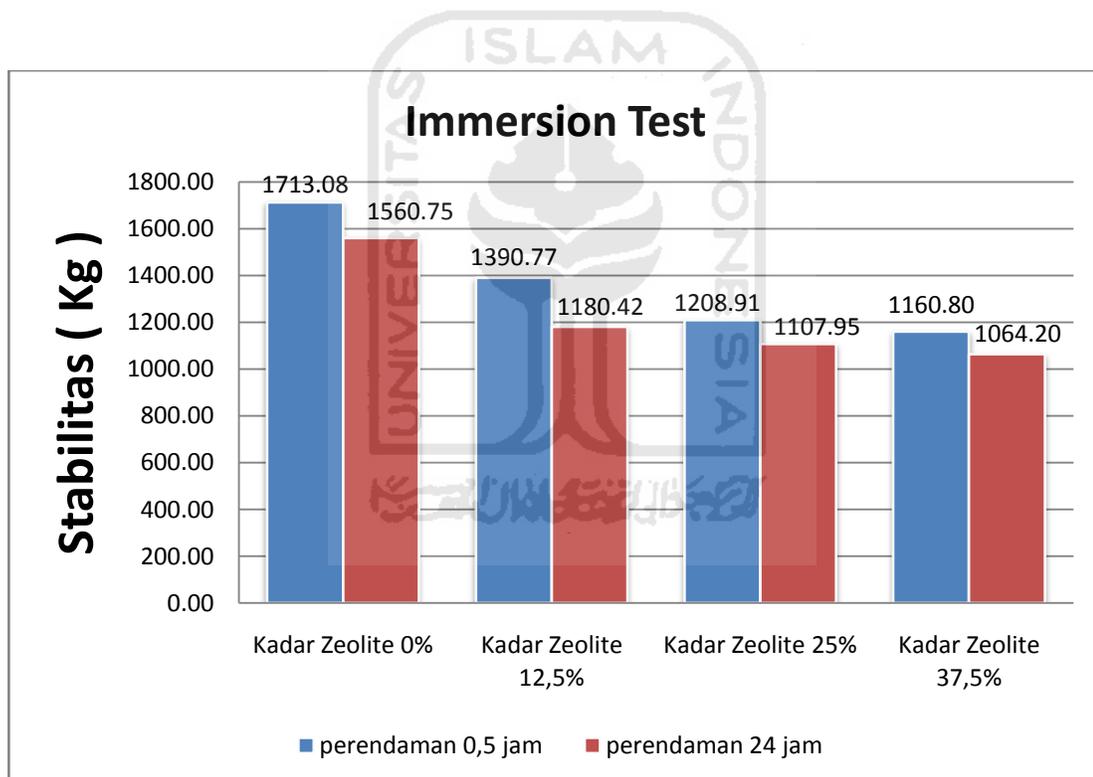
Jenis Campuran		Kadar Aspal Optimum (KAO)	Immersion Test		Indirect Tensile Strenght Test
			30 Menit (Standar)	24 jam	
Clereng 100%	Zeolite 0%	6,50%	3	3	3
Clereng 87,5%	Zeolite 12,5%	6,25%	3	3	3
Clereng 75%	Zeolite 25%	7,00%	3	3	3
Clereng 62,5%	Zeolite 37,5%	7,50%	3	3	3
Jumlah			<b>36 Buah</b>		

Sumber : Hasil Penelitian, 2016

### 5.3 PEMBAHASAN LANJUTAN

#### 5.3.1 Hasil Pengujian *Immersion Test*

Hasil pengujian *Immersion Test* merupakan nilai perbandingan antara pengujian *Marshall* selama 0,5 jam dengan pengujian *Marshall* selama 24 jam pada suhu 60°C. *Immersion Test* atau uji perendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran, akibat pengaruh air, suhu, dan cuaca. Berikut ini merupakan hasil pengujian *Immersion Test* dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Tabel 5.11.



Gambar 5.11 Nilai Stabilitas *Immersion Test*  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

Tabel 5.11 Hasil Perhitungan *Index of Retained Strength*

No	Jenis Campuran	Kadar Aspal (%)	Lama Perendaman ( jam )		Index of Retained Strength (%)
			0,5	24	
1	Zeolite 0%	6,50	171,08	1560,75	<b>91,11</b>
2	Zeolite 12,5%	6,25	1390,77	1180,42	<b>84,88</b>
3	Zeolite 25%	7,00	1208,91	1107,95	<b>91,65</b>
4	Zeolite 37,5%	7,50	1160,80	1064,20	<b>91,68</b>

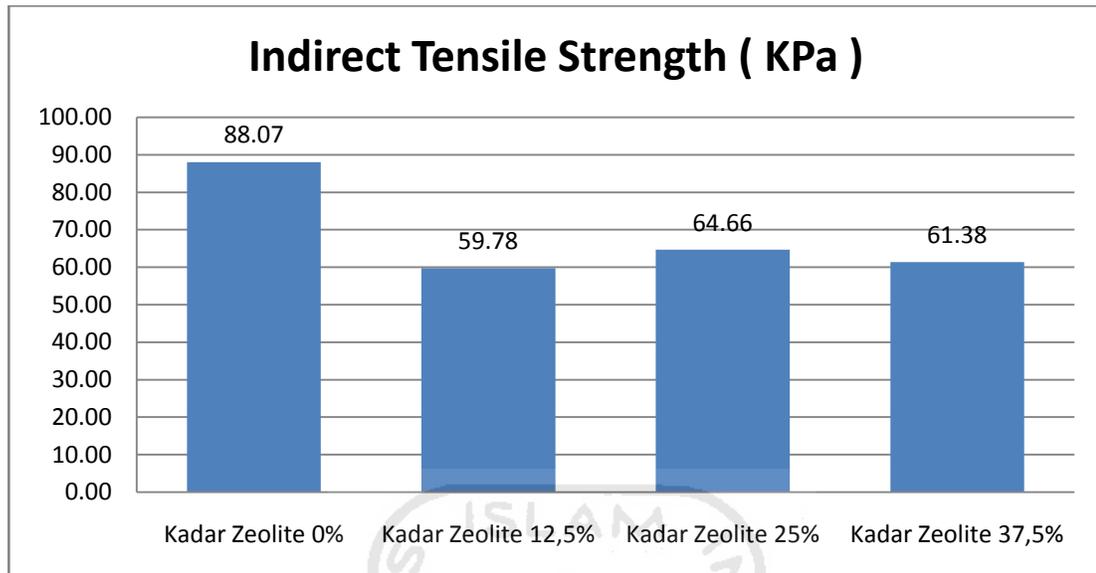
Sumber : Hasil Penelitian, 2016

Berdasarkan pada Gambar 5.11 dan Tabel 5.11 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada rendaman 24 jam lebih rendah dibandingkan dengan stabilitas standar. Hal ini disebabkan pada saat proses perendaman air masuk ke dalam pori-pori campuran sehingga mengurangi ikatan adhesi antara aspal dan agregat.

Dapat dilihat dengan variasi kadar Zeolite pada campuran, nilai stabilitas Zeolite 0% (tanpa Zeolite) lebih besar dibandingkan dengan nilai stabilitas dengan variasi kadar Zeolite 12,5%, 25%, dan 37,5%. Akan tetapi untuk *Index Retained Strength* cenderung tinggi diatas 90% , hanya pada variasi kadar Zeolite 12,5% yang menunjukkan angka dibawah 90%. Nilai stabilitas yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan Zeolite 0% ini dikarenakan tekstur dan rongga Zeolite merupakan material berongga besar, dengan adanya rongga yang besar ini agregat menjadi kurang rapat, sehingga mengurangi nilai stabilitas pada campuran tersebut. Untuk hasil lengkap perhitungan *Immersion Test* dapat dilihat pada **Lampiran 18**.

### 5.3.2 Hasil Pengujian Indirect Tensile Strength Test

*Indirect Tensile Strength* suatu metode yang dilakukan untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran tersebut, yaitu dengan cara membebani sampel dengan sebuah beban (dial) diletakkan di atasnya yang bekerja sejajar dan sepanjang bidang vertikal. Setelah dilakukan pengujian kemudian didapatkan hasil pada Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5. 12 Nilai Stabilitas *Indirect Tensile Strength Test*  
( Sumber : Hasil Penelitian, 2016 )

Dapat dilihat pada Gambar 5.12 untuk hasil *Indirect Tensile Strength Test* tidak berbeda dengan uji *Marshall* atau uji *Immersion* yaitu untuk variasi campuran tanpa kadar Zeolite ( Zeolite 0% ) didapatkan hasil yang lebih besar daripada yang menggunakan variasi campuran Zeolite. Hal tersebut terjadi karena Zeolite merupakan agregat yang memiliki rongga besar. Kecenderungan Zeolite yang menyerap aspal ini akan mengurangi kuantitas dan kemampuan aspal untuk mengisi rongga dalam campuran, sehingga nilai stabilitas campuran dengan variasi kadar Zeolite juga akan lebih kecil dibandingkan dengan variasi campuran tanpa kadar Zeolite. Untuk hasil lengkap perhitungan *Indirect Tensile Strength Test* dapat dilihat pada **Lampiran 19**.

## **BAB VI**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 SIMPULAN**

Dari hasil penelitian dan analisis yang dilakukan tentang penggunaan Zeolite sebagai agregat halus pada campuran HRS-Base menggunakan aspal Pertamina penetrasi 60/70 diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Nilai KAO dengan menggunakan agregat halus Zeolite memiliki kecenderungan nilai KAO yang lebih besar dibandingkan dengan campuran tanpa agregat Zeolite, hanya pada campuran variasi Zeolite 12,5% memiliki nilai KAO yg paling kecil daripada campuran variasi Zeolite yang lainnya pada campuran HRS-Base. Kadar aspal optimum untuk variasi penggunaan Zeolite 0% adalah 6,5%, untuk kadar aspal optimum untuk variasi penggunaan Zeolite 12,5% adalah 6,25%, untuk kadar aspal optimum untuk variasi penggunaan Zeolite 25% adalah 7,00%, dan untuk kadar aspal optimum untuk variasi penggunaan Zeolite 37,5% adalah 7,50%. Akan tetapi nilai KAO untuk variasi penggunaan Zeolite 50% tidak dapat ditentukan, dikarenakan penggunaan kadar agregat halus pada kadar tersebut tidak memenuhi persyaratan berdasarkan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2010) Revisi 3.
2. Penggunaan Zeolite pada variasi campuran 12,5%, 25%, 37,5%, dan 50% akan meningkatkan nilai VFWA, VITM, dan VMA dibandingkan tanpa penggunaan Zeolite sebagai agregat halus. Nilai VFWA dari semua campuran variasi Zeolite memenuhi persyaratan (minimal 65%), sedangkan nilai VITM pada variasi 50% melebihi batas atas dan tidak memenuhi standar untuk campuran aspal beton yaitu antara 3-5%. Untuk nilai VMA semua variasi telah memenuhi batas minimal 15% sesuai Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2010) Revisi 3.

3. Nilai stabilitas *Marshall* cenderung menurun seiring meningkatnya variasi kadar Zeolite yang digunakan sebagai agregat halus dalam campuran aspal beton, sedangkan nilai *flow* cenderung mengalami peningkatan seiring meningkatnya kadar Zeolite yang digunakan. Walaupun demikian nilai stabilitas dan *flow* pada setiap variasi telah memenuhi batas minimal 800kg untuk stabilitas dan 3mm untuk *flow* sesuai dengan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2010) Revisi 3.
4. Nilai MQ cenderung menurun seiring meningkatnya variasi kadar Zeolite yang digunakan sebagai agregat halus dalam campuran aspal beton. Akan tetapi untuk campuran variasi Zeolite 50% tidak memenuhi persyaratan (minimal 250kg/mm) sesuai dengan Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga (2010) Revisi 3.
5. Dari semua kadar variasi Zeolite yang menunjukkan hasil paling mendekati nilai karakteristik *Marshall* tanpa kadar Zeolite (Zeolite 0%) yaitu pada kadar variasi Zeolite 12,5%, akan tetapi seiring penggunaan kadar variasi Zeolite akan menyebabkan bertambahnya penggunaan kadar aspal agar mendapatkan nilai karakteristik *Marshall* yang mendekati tanpa kadar Zeolite (Zeolite 0%).
6. Nilai stabilitas *Immersion Test* untuk Zeolite 0% lebih besar dibandingkan dengan nilai stabilitas dengan variasi kadar Zeolite 12,5%, 25%, dan 37,5%. Akan tetapi untuk *Index Retained Strength* cenderung tinggi diatas 90% , hanya pada variasi kadar Zeolite 12,5% yang menunjukkan angka dibawah 90%. Nilai stabilitas yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan Zeolite 0% ini dikarenakan tekstur dan rongga Zeolite merupakan material berongga besar, dengan adanya rongga yang besar ini agregat menjadi kurang rapat, sehingga mengurangi nilai stabilitas pada campuran tersebut.
7. Nilai Stabilitas uji *Indirect Tensile Strength* tidak jauh berbeda dengan uji *Marshall* dan uji *Immersion* dimana untuk nilai stabilitas paling tinggi pada variasi campuran Zeolite 0% yaitu 88,7 KPa, sedangkan untuk variasi dengan campuran Zeolite cenderung menurun yaitu untuk kadar Zeolite 12,5% didapat

59,8 KPa, untuk kadar Zeolite 25% didapat 64,7 KPa, dan untuk kadar Zeolite 37,5% didapat 65,8 KPa. Hal tersebut terjadi karena Zeolite merupakan agregat yang memiliki rongga besar. Kecenderungan Zeolite yang menyerap aspal ini akan mengurangi kuantitas dan kemampuan aspal untuk mengisi rongga dalam campuran, sehingga nilai stabilitas campuran dengan variasi kadar Zeolite juga akan lebih kecil dibandingkan dengan variasi campuran tanpa kadar Zeolite.

## 6.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka didapatkan beberapa saran sebagai berikut.

- 1 Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada penggunaan agregat halus Zeolite dengan penggunaan variasi Zeolite pada rentan 0% - 25%, mungkin bisa dengan setiap kenaikan 5% untuk tiap variasi, sehingga akan didapat hasil yang optimum.
- 2 Pada penelitian ini digunakan jenis campuran HRS-Base, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menggunakan jenis campuran lainnya.
- 3 Pada penelitian ini material Zeolite digunakan sebagai agregat halus, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut apabila material Zeolite sebagai *filler* atau bahan tambah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bina Marga, 1987, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)*, Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga, 2010, *Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (LASTON)*, Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta.
- Bina Marga, 2014, *Spesifikasi Umum 2010 (Revisi 3)*, Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles, SNI 03-2417-1991; SK SI M-02-1990-F*
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian-Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen, SNI 06-2456-1991; SK SNI M-21-1990-F*
- Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar, SNI 03-1968-1990; SK SNI M-08-1989-F*
- Feliana, F., 2015, *Pengaruh Penggunaan Agregat Halus Zeolit Alam Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Menggunakan Zeolite Alam (Lampung)*, Tesis (tidak dipublikasikan), Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada , Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H., 2011, *Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah*, Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada Press.
- Kawulusan, A. E., 2015, *Perancangan Laboratorium Perkerasan Lentur Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Zeolite Alam (Lampung)*, Tesis (tidak

dipublikasikan), Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Kedati, A., 2005, *Pengaruh Kadar Zeolite Sebagai Filler Terhadap Campuran Aspal Beton*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.

Ozkan, F.C. dan Ulku, S., 2008, *Diffusion Mechanism of Water Vapour in A Zeolitic Tuff Rich in Clinoptilolite*, Journal of Thermal analysis and Calorimetry 94, 699-702.

Sukirman, S., 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Sukirman, S., 2007, *Beton Aspal Campuran Panas*, Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.



# LAMPIRAN



## LAMPIRAN 1. PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT CLERENG



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 1

## PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Hal : Tugas Akhir

Diperiksa tgl : 2016

TRIAL NUMBER		1	2
Seaking (10.1 Min)	Start	09.45 WIB	10.14 WIB
	Stop	09.55 WIB	10.24 WIB
Sedimentation Time (20 Min- 15 Sec)	Start	09.31 WIB	10.30 WIB
	Stop	09.51 WIB	10.50 WIB
Clay Reading		5,06 in	4,375 in
Sand Reading		3,75 in	3,75 in
SE = Sand Reading/ Clay Reading x 100 %		74,11 %	85,71%
Average Sand Equivalent			80%

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 2. PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT ZEOLITE



LABORATORIUM JALAN RAYA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 2

## PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Contoh dari : Zeolite , Klaten

Hal : Tugas Akhir

Diperiksa tgl : 2016

TRIAL NUMBER		1
Seaking (10.1 Min)	Start	10.55 WIB
	Stop	11.05 WIB
Sedimentation Time (20 Min- 15 Sec)	Start	11.11 WIB
	Stop	11.31 WIB
Clay Reading		4,7 in
Sand Reading		3,5 in
SE = Sand Reading/ Clay Reading x 100 %		74,47 %

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
 Kepala Lab. Jalan Raya

  
 Subarkah, Ir, MT

Peneliti

  
 Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 3. PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR



LABORATORIUM JALAN RAYA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 3

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Hal : Tugas Akhir

Diperiksa tgl : 2016

No.	Keterangan	Benda Uji
		1
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1035.00
2	Berat benda uji dalam air (BA)	648.54
3	Berat benda uji kering oven (BK)	1018.31
4	Berat jenis (Bulk) = $BK / (BJ - BA)$	2.63
5	Berat jenis SSD = $BJ / (BJ - BA)$	2.68
6	Berat jenis semu = $BK / (BK - BA)$	2.75
7	Penyerapan = $(BJ - BK) \times 100 \% / BK$	1.64

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 4. PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 4

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Hal : Tugas Akhir

Diperiksa tgl : 2016

No.	Keterangan	Benda Uji
		1
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1134.00
2	Berat benda uji dalam air (BA)	715.54
3	Berat benda uji kering oven (BK)	1118.23
4	Berat jenis (Bulk) = $BK / (BJ - BA)$	2.67
5	Berat jenis SSD = $BJ / (BJ - BA)$	2.71
6	Berat jenis semu = $BK / (BK - BA)$	2.78
7	Penyerapan = $(BJ - BK) \times 100 \% / BK$	1.41

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

LAMPIRAN 5. PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER*

LABORATORIUM JALAN RAYA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 5

PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER*

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Hal : Tugas Akhir

Diperiksa tgl : 2016

No.	Keterangan	Benda Uji
		I
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	500
2	Berat benda uji dalam air (BA)	305
3	Berat benda uji kering oven (BK)	486
4	Berat jenis (Bulk) = $BK / (BJ - BA)$	2.49
5	Berat jenis SSD = $BJ / (BJ - BA)$	2.56
6	Berat jenis semu = $BK / (BK - BA)$	2.69
7	Penyerapan = $(BJ - BK) \times 100 \% / BK$	2.88

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
 Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 6. PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS ANGELES



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 6

### PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT DENGAN MESIN LOS ANGELES

Contoh dari : Clereng, Kulon Progo

Hal : Tugas Akhir

Diperiksa tgl : 2016

JENIS GRADASI			
SARINGAN		BENDA UJI	
LEWAT / LOLOS	TERTAHAN	1	
72,2 mm ( 3" )	63,5 mm ( 2,5" )		
63,5 mm ( 2,5" )	50,8 mm ( 2" )		
50,8 mm ( 2" )	37,5 mm ( 1,5" )		
37,5 mm ( 1,5" )	25,4 mm ( 1" )		
25,4 mm ( 1" )	19,0 mm ( 3/4" )		
19,0 mm ( 3/4" )	12,5 mm ( 0,5" )	2500	gram
12,5 mm ( 0,5" )	09,5 mm ( 3/8" )	2500	gram
09,5 ( 3/8" )	06,3 mm ( 1/4" )		
06,3 ( 1/4" )	4,75 mm ( No. 4 )		
4,75 mm ( No 4 )	2,36 mm ( No. 8 )		
JUMLAH BENDA UJI ( A )		5000	gram
JUMLAH TERTAHAN DI SIEVE 12 - ( B )		3937,26	gram
KEAUSAN = ( A - B )		21.3%	
A			

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 7. PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 7

## PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL

Contoh dari : Pertamina, Cilacap

Hal : Tugas Akhir

Jenis Aspal : AC 60-70

Diperiksa tgl : 2016

PEMERIKSAAN	BERAT
1. Berat vicnometer kosong	12,36 gram
2. Berat vicnometer + aquades	24,04 gram
3. Berat air ( 2 - 1 )	11,68 gram
4. Berat vicnometer + aspal	13,86 gram
5. Berat aspal	1,5 gram
6. Berat vicnometer + aspal + aquades	24,09 gram
7. Berat air ( 6 - 4 )	10,23 gram
8. Volume aspal ( 3 - 7 )	1,45 gram
9. Berat jenis aspal ( 5/8 )	1,03

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 8. PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 8

## PEMERIKSAAN DAKTILITAS ASPAL

Contoh dari : Pertamina, Cilacap

Hal : Tugas Akhir

Jenis Aspal : AC 60-70

Diperiksa tgl : 2016

Persiapan benda uji	Dipanaskan	15 menit	Pembacaan suhu Oven $\pm 135^{\circ}\text{C}$
Mendinginkan benda uji	Didiamkan pada suhu ruang	60 menit	$25^{\circ}\text{C}$
Perendaman benda uji	Direndam dalam waterbath pada suhu $25^{\circ}\text{C}$	60 menit	Pembacaan suhu Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
Pemeriksaan	Daktilitas pada suhu $25^{\circ}\text{C}$ 5cm permenit	20 menit	Pembacaan suhu Oven $\pm 25^{\circ}\text{C}$

Daktilitas pada suhu $25^{\circ}\text{C}$ 5cm permenit	Pembacaan pengukiran pada alat
Hasil pengamatan 1	164 cm
Hasil pengamatan 2	164 cm

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

  
Subarkah, Ir, MT

Peneliti

  
Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 9. PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 9

PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR

Contoh dari : Pertamina, Cilacap

Hal : Tugas Akhir

Jenis Aspal : AC 60-70

Diperiksa tgl : 2016

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	25°C	10.00 WIB
Selesai pemanasan	140°C	10.15 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	140°C	10.15 WIB
Selesai	25°C	12.15 WIB
Diperiksa		
Mulai	25°C	12.20 WIB
Selesai	343°C	12.48 WIB
Hasil Pengamatan		
Cawan	Titik Nyala	Titik Bakar
Selesai	300°C	342°C

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 10. PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 10

## PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Contoh dari : Pertamina, Cilacap

Hal : Tugas Akhir

Jenis Aspal : AC 60-70

Diperiksa tgl : 2016

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	25°C	09.15 WIB
Selesai pemanasan	130°C	09.30 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	130°C	09.30 WIB
Selesai	25°C	10.30 WIB
Diperiksa		
Mulai	25°C	10.30 WIB
Selesai	25°C	10.50 WIB
Diperiksa		
Mulai	25°C	10.50 WIB
Selesai	25°C	11.35 WIB

## Hasil Pengamatan

Cawan	Cawan	Sket Hasil Pemeriksaan 1	Sket Hasil Pemeriksaan 2
1. 60 mm	1. 64 mm		
2. 62 mm	2. 65 mm		
3. 62 mm	3. 63 mm		
4. 61 mm	4. 64 mm		
5. 64 mm	5. 64 mm		
63,7 mm			

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 11. PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 11

### PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Contoh dari : Pertamina, Cilacap

Hal : Tugas Akhir

Jenis Aspal : AC 60-70

Diperiksa tgl : 2016

PEMANASAN SAMPEL	PEMBACAAN SUHU	PEMBACAAN WAKTU
Mulai pemanasan	25°C	13.00 WIB
Selesai pemanasan	170°C	14.00 WIB
Didiamkan pada suhu ruang		
Mulai	170°C	14.00 WIB
Selesai	25°C	15.00 WIB
Diperiksa		
Mulai	25°C	14.15 WIB
Selesai	24°C	16.00 WIB

Hasil Pengamatan

Benda Uji	Persen yang diselimuti oleh Aspal
1	99%

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir, MT

Peneliti

Arief Kurniawan

## LAMPIRAN 12. PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM TCE



LABORATORIUM JALAN RAYA  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

Jl. Kaliurang Km. 14,4 Yogyakarta 55584

Lampiran 12

## PEMERIKSAAN KELARUTAN DALAM TCE

Contoh dari : Pertamina, Cilacap

Hal : Tugas Akhir

Jenis Aspal : AC 60-70

Diperiksa tgl : 2016

PEMERIKSAAN		Pembacaan Waktu	Pembacaan Suhu
Penimbangan	Mulai	14.00 WIB	26°C
Pelarutan	Mulai	14.05 WIB	26°C
Penyaringan	Mulai	14.15 WIB	26°C
	Selesai	14.25 WIB	26°C
Oven	Mulai	14.25 WIB	100°C
Penimbangan	Selesai	14.41 WIB	26°C

1. Berat botol Erlenmeyer kosong	75,27 gram
2. Berat Erlenmeyer + Aspal	76,76 gram
3. Berat Aspal ( 2 - 1 )	1,49 gram
4. Berat kertas saring bersih	0,60 gram
5. Berat kertas saring + endapan	0,61 gram
6. Berat endapan saja ( 5 - 4 )	0,01 gram
7. Persentase endapan ( 6/3 x 100% )	0,67 %
8. Bitumen yang terlarut ( 100% - 7 )	99,33 %

Yogyakarta, 2016

Mengetahui  
Kepala Lab. Jalan Raya

Subarkah, Ir. MT

Peneliti

Arief Kurniawan

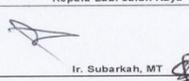
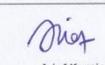
LAMPIRAN 13. REKAPITULASI PERHITUNGAN MARSHALL VARIASI ZEOLITE 0%

 <b>LABORATORIUM JALAN RAYA</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL, FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> JL. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 896440 Fax 0274 895330 Yogyakarta E-mail: kamta25@yahoo.com																				
<b>PROPERTIES OF ASPHALT MIXES BY MARSHALL METHOD</b>																		Lampiran 13		
Date of Test : Semester Genap										Dikerjakan oleh : Arief Kurniawan										
Type of Mix : LATASTON ZEOLITE 0%										Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, MT.										
Penetration of Bitumen Sp.Gr of Bitumen X : AC 60/70 = 1.0215										Kalibrasi proving ring (Lbs) = 46.99										
										Temperature : 160 °C										
										Compaction : 2 x 75 Blows										
No.	height of sample (mm)	Bitumen Content (%)	Bulk SP.GR Of Total Agg	AVRVT SP.GR Of Total Agg	Effective SP.GR Of Total Agg	Max Sp.gr Combine Mix	Weight ( Gram )				Volume Of Specimen	Bulk SpGr Combine Mix	Air Void (%)	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)	Absorption bitument	Void Minera Agregat (VMA)	Void Filled With Aspal (VFM)
							In Air	In Water	S.S.D	Timbangan LAB				In Air	In Water					
1	64.85	5.50	2.63	2.75	2.69	2.47	1167.33	678.46	1177.56	499.10	2.339	6.306	57	1139.40	3.7	307.946	0.813	16.037	66.913	
2	63.63	5.50	2.63	2.75	2.69	2.47	1163.14	676.31	1173.20	497.89	2.336	6.417	63	1330.67	4	332.642	0.813	16.136	66.429	
3	63.97	5.50	2.63	2.75	2.69	2.47	1172.82	679.93	1182.19	502.26	2.336	6.460	61	1261.89	3.85	326.166	0.813	16.173	66.243	
	Average									499.75	2.34	6.394		1240.62	3.85	322.299	0.813	16.116	66.627	
16	64.43	6.00	2.63	2.75	2.69	2.45	1164.32	671.63	1167.34	496.71	2.349	4.191	65	1314.67	3.9	337.069	0.809	16.127	74.012	
17	63.83	6.00	2.63	2.75	2.69	2.45	1176.70	681.30	1184.52	503.22	2.338	4.817	66	1371.40	4.1	334.488	0.809	16.501	72.016	
18	61.00	6.00	2.63	2.75	2.69	2.45	1167.13	667.14	1163.89	496.75	2.329	4.982	64	1458.18	4	364.546	0.809	16.820	70.379	
	Average									496.86	2.34	4.937		1381.38	4.00	345.346	0.809	16.483	72.111	
31	63.37	6.50	2.63	2.75	2.69	2.43	1163.06	673.41	1170.48	497.07	2.340	3.846	69	1476.42	4	369.106	0.805	16.892	77.232	
32	63.73	6.50	2.63	2.75	2.69	2.43	1166.47	672.32	1173.35	501.03	2.328	4.326	70	1409.72	4.2	335.646	0.805	17.307	75.003	
33	63.33	6.50	2.63	2.75	2.69	2.43	1164.05	669.11	1163.83	494.72	2.333	4.139	76	1627.83	4.25	383.018	0.805	17.144	76.865	
	Average									497.61	2.33	4.103		1604.66	4.15	362.568	0.805	17.114	76.024	
46	60.90	7.00	2.63	2.75	2.69	2.42	1164.17	667.05	1166.90	499.85	2.329	3.582	74	1690.76	4.5	376.725	0.800	17.717	79.783	
47	62.03	7.00	2.63	2.75	2.69	2.42	1148.06	659.46	1157.57	498.11	2.305	4.504	65	1437.98	4.3	334.414	0.800	18.573	75.318	
48	60.43	7.00	2.63	2.75	2.69	2.42	1161.69	670.67	1166.04	494.37	2.350	2.721	64	1482.76	4.1	361.649	0.800	16.983	83.978	
	Average									497.44	2.33	3.629		1537.17	4.30	357.481	0.800	17.758	79.664	
61	61.67	7.50	2.63	2.75	2.69	2.40	1146.43	659.55	1151.98	492.43	2.328	2.943	74	1652.87	4.6	359.320	0.796	18.193	83.986	
62	63.67	7.50	2.63	2.75	2.69	2.40	1165.94	671.12	1168.87	497.75	2.342	2.317	71	1493.47	4.5	331.882	0.796	17.690	86.905	
63	62.17	7.50	2.63	2.75	2.69	2.40	1155.18	660.25	1158.26	498.01	2.320	3.269	72	1686.70	4.55	348.725	0.796	18.492	82.324	
	Average									496.06	2.33	2.833		1577.68	4.55	346.743	0.796	18.125	84.370	

REMARKS :	Kepala Lab. Jalan Raya										Peneliti									
F1 %CA = 46%	Bj Bulk Ag Kasar =	2.63																		
F2 %MA = 48%	Bj Bulk Ag Halus =	2.67																		
F3 %FFA = 6%	Bj Averent Ag. Kasar =	2.75																		
	Bj Averent Ag. Halus =	2.78																		

 Ir. Subarkah, MT	 Arief Kurniawan
---	--



LAMPIRAN 15. REKAPITULASI PERHITUNGAN MARSHALL VARIASI ZEOLITE 25%

No.		height of sample (mm)	Bitumen Content (%)	Bulk SP GR Of Total Agg	AVRVT SP GR Of Total Agg	Effective SP GR Of Total Agg	Max Sp.gr Combine Mix	In Air	In Water	S.S.D	Volume Of Specimen	Bulk SpGR Combine Mix	Air Void (%)	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotion (Kg/mm)	Absorbtion bitumen	Void Mineral Agregat (VMA)	Void Filled With Aspal (VFWA)
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
7	72,73	5,50	2,62	2,74	2,68	2,46	1148,45	658,56	1168,58	510,02	2,252	8,354	60	1040,65	3,8	273,854	0,823	18,663	55,239	
8	72,28	5,50	2,62	2,74	2,68	2,46	1150,70	660,34	1168,94	508,60	2,262	7,918	62	1083,27	4,2	257,922	0,823	18,277	56,676	
9	71,45	5,50	2,62	2,74	2,68	2,46	1154,18	667,11	1174,84	507,73	2,273	7,481	63	1114,18	4,35	256,134	0,823	17,889	58,179	
		Average								508,78	2,26	7,918		1079,37	4,12	262,194	0,823	18,276	56,677	
22	69,53	6,00	2,62	2,74	2,68	2,44	1153,35	661,73	1163,82	502,09	2,297	5,814	67	1212,08	4,3	281,880	0,819	17,465	66,710	
23	70,30	6,00	2,62	2,74	2,68	2,44	1151,56	659,39	1166,87	507,48	2,269	6,959	67	1202,08	4,45	270,130	0,819	18,469	62,319	
24	71,00	6,00	2,62	2,74	2,68	2,44	1149,09	663,07	1162,48	499,41	2,301	5,659	62	1103,11	4,2	262,645	0,819	17,329	67,346	
		Average								502,99	2,29	6,144		1172,42	4,32	271,604	0,819	17,754	65,395	
37	68,67	6,50	2,62	2,74	2,68	2,42	1155,68	667,36	1167,09	499,73	2,313	4,478	70	1278,30	4,2	304,357	0,814	17,350	74,188	
38	68,93	6,50	2,62	2,74	2,68	2,42	1167,34	671,70	1175,59	506,89	2,303	4,878	73	1329,97	4,35	305,740	0,814	17,695	72,436	
39	68,53	6,50	2,62	2,74	2,68	2,42	1153,92	662,91	1166,35	503,44	2,292	5,327	68	1244,68	4,2	296,352	0,814	18,084	70,545	
		Average								503,35	2,30	4,894		1284,32	4,25	302,192	0,814	17,710	72,364	
52	68,30	7,00	2,62	2,74	2,68	2,40	1147,65	659,30	1157,76	498,46	2,302	4,204	74	1357,66	4,7	288,864	0,810	18,155	76,846	
53	68,90	7,00	2,62	2,74	2,68	2,40	1138,89	647,03	1144,89	497,86	2,288	4,820	73	1329,97	4,6	289,124	0,810	18,682	74,198	
54	69,03	7,00	2,62	2,74	2,68	2,40	1143,66	654,76	1152,22	497,46	2,299	4,345	65	1182,83	4,4	268,826	0,810	18,276	76,226	
		Average								497,93	2,30	4,456		1290,16	4,57	262,516	0,810	18,371	75,743	
67	70,27	7,50	2,62	2,74	2,68	2,39	1114,85	641,42	1128,80	487,98	2,289	4,075	65	1166,19	4,4	265,044	0,806	19,074	78,638	
68	70,63	7,50	2,62	2,74	2,68	2,39	1177,99	673,67	1186,54	512,87	2,297	3,739	81	1446,34	5	289,269	0,806	18,791	80,103	
69	67,97	7,50	2,62	2,74	2,63	2,39	1164,69	664,62	1174,56	509,94	2,284	4,279	75	1385,61	4,8	288,668	0,806	19,246	77,769	
		Average								503,30	2,29	4,031		1332,72	4,73	281,560	0,806	19,037	78,827	

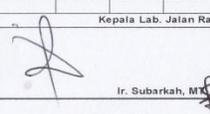
  

REMAKS :	Kepala Lab. Jalan Raya		-Peneliti	
F1 %CA = 46%	Bj Bulk Ag Kasar =	2,63	 Ir. Subarkah, MT	 Arief Kurniawan
F2 %MA = 48%	Bj Bulk Ag Halus =	2,4		
F3 %FFA = 6%	Bj Averent Ag. Kasar =	2,75		
	Bj Averent Ag. Halus =	2,51		

LAMPIRAN 16. REKAPITULASI PERHITUNGAN MARSHALL VARIASI ZEOLITE 37,5%

 <b>LABORATORIUM JALAN RAYA</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL, FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> J.L. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 896440 Fax 0274 895330 Yogyakarta E-mail: kanta25@yahoo.com																			
<b>PROPERTIES OF ASPHALT MIXES BY MARSHALL METHOD</b>																		Lampiran 16	
Date of Test : Semester Genap										Dikerjakan oleh : Arief Kurniawan									
Type of Mix : LATASTON ZEOLITE 37,5%										Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, MT.									
Penetration of Bitumen = AC 60/70										Kalibrasi proving ring (Lbs) = 46.99									
Sp.Gr of Bitumen X = 1.0216										Temperature : 150 °C									
										Compaction : 2 x 76 Blows									
No.	height of sample (mm)	Bitumen Content (%)	Bulk SP.GR Of Total Agg	AVRVT SP.GR Of Total Agg	Effective SP.GR Of Total Agg	Max Sp.gr Combine Mix	Weight (Gram)			Volume Or Specimen	Bulk SpGr Combine Mix	Air Void (%)	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotient (Kg/mm)	Absorption bitument	Void Mineral Agregat (VMA)	Void Filled With Aspal (VFWA)
							In Air	In Water	S.S.D				Meas	Adjust					
							E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	R	S
10	73.27	5.50	2.60	2.72	2.66	2.44	1144.60	648.45	1165.80	517.35	2.212	9.806	56	961.71	3.95	243.471	0.872	19.529	51.325
11	72.60	5.50	2.60	2.72	2.66	2.44	1124.19	626.34	1135.43	509.09	2.208	9.678	63	1095.37	4.35	251.808	0.872	19.682	50.830
12	72.70	5.50	2.60	2.72	2.66	2.44	1121.19	628.61	1140.44	511.83	2.191	10.401	59	1024.56	4.3	238.270	0.872	20.325	48.828
	Average																		
25	71.83	6.00	2.60	2.72	2.66	2.43	1139.20	647.73	1151.38	503.66	2.262	6.801	68	1196.81	4.65	267.378	0.867	18.166	62.662
26	73.03	6.00	2.60	2.72	2.66	2.43	1147.27	651.14	1162.27	511.13	2.245	7.614	64	1104.56	4.4	251.037	0.867	18.792	60.014
27	74.13	6.00	2.60	2.72	2.66	2.43	1143.71	648.81	1156.67	509.86	2.243	7.572	58	976.26	4	244.065	0.867	18.843	58.816
	Average																		
40	72.77	6.50	2.60	2.72	2.66	2.41	1180.02	642.12	1164.01	521.89	2.261	6.154	76	1318.15	4.8	274.615	0.863	18.631	66.971
41	72.77	6.50	2.60	2.72	2.66	2.41	1173.58	648.54	1167.48	518.94	2.261	6.135	68	1127.37	4.2	266.421	0.863	18.615	67.042
42	73.83	6.50	2.60	2.72	2.66	2.41	1167.72	642.67	1160.20	517.53	2.256	6.349	70	1185.71	4.5	263.492	0.863	18.801	66.228
	Average																		
55	75.93	7.00	2.60	2.72	2.66	2.39	1171.53	641.44	1160.24	518.80	2.258	5.693	71	1169.33	4.3	271.937	0.858	19.170	70.825
56	75.40	7.00	2.60	2.72	2.66	2.39	1174.34	628.05	1147.49	519.44	2.261	5.483	76	125 <sup>o</sup> .54	4.85	259.081	0.858	19.076	71.257
57	72.97	7.00	2.60	2.72	2.66	2.39	1169.72	649.75	1165.91	516.16	2.266	5.257	68	1173.60	4.6	255.130	0.858	18.882	72.161
	Average																		
70	72.13	7.50	2.60	2.72	2.66	2.37	1175.77	640.15	1160.42	520.27	2.262	4.707	67	1173.49	4.75	247.050	0.854	19.473	75.574
71	74.47	7.50	2.60	2.72	2.66	2.37	1082.90	638.74	1175.97	478.23	2.264	4.848	76	1267.89	5	253.578	0.854	19.383	76.013
72	72.40	7.50	2.60	2.72	2.66	2.37	1185.81	630.68	1154.97	524.29	2.262	4.751	72	1256.48	4.9	256.419	0.854	19.477	75.557
	Average																		

REMARKS :	Kepala Lab. Jalan Raya										- Peneliti											
F1 %CA = 46%	Bj Bulk Ag Kasar =	2.63																				
F2 %MA = 48%	Bj Bulk Ag Halus =	2.29																				
F3 %FFA = 6%	Bj Averent Ag. Kasar =	2.75																				
	Bj Averent Ag. Halus =	2.61																				
			 Ir. Subarkah, MT										 Arief Kurniawan									

LAMPIRAN 17. REKAPITULASI PERHITUNGAN MARSHALL VARIASI ZEOLITE 50%

 <b>LABORATORIUM JALAN RAYA</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL, FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> JL. Kallurang KM 14,4 Tlp 0274 896440 Fax 0274 895330 Yogyakarta E-mail: kamta25@yahoo.com																				
<b>PROPERTIES OF ASPHALT MIXES BY MARSHALL METHOD</b>																				
Date of Test : Semester Genap										Dikerjakan oleh : Arief Kurniawan										
Type of Mix : LATASTON ZEOLITE 50%										Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, MT.										
Penetration of Bitumen : AC 60/70					Kalibrasi proving ring (Lbs) = 46.99					Temperature : 150 °C					Compaction : 2 x 75 Blows					
Sp.Gr of Bitumen : X					= 1.0215															
No.	height of sample (mm)	Bitumen Content (%)	Bulk SP.GR Of Total Agg	AVRVT SP.GR Of Total Agg	Effective SP.GR Of Total Agg	Max Sp.gr Combine Mix	Weght ( Gram )			Volume Of Specimen	Bulk SpGr Combine Mix	Air Void (%)	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotien (Kg/mm)	Absorbtion bitument	Void Mineral Agregat (VMA)	Void Filled With Aspal (VFVA)	
		A	B	C	D	E	In Air	In Water	S.S.D	G	H	I	J	K	L	M	N	P	R	S
							Timbangan LAB	Timbangan LAB	Timbangan LAB	G - F	$\frac{C}{D}$	$\frac{(D - I) \cdot 100}{D}$	LAB	LAB (Kg)	LAB	$\frac{L}{M}$	$\frac{(N - P) \cdot 100}{P}$	$\frac{100 \cdot (R - J)}{R}$	$\frac{100 \cdot (S - J)}{R}$	
13	75.20	5.60	2.60	2.72	2.68	2.48	1137.57	627.35	1156.39	529.04	2.150	12.101	56	923.48	4	230.871	0.827	21.937	44.837	
14	78.00	5.50	2.60	2.72	2.66	2.45	1115.62	616.15	1135.31	519.16	2.149	12.156	61	960.39	4.4	218.270	0.827	21.986	44.709	
15	75.73	5.50	2.60	2.72	2.66	2.45	1141.73	632.66	1159.22	528.56	2.168	11.364	62	1013.17	4.5	225.149	0.827	21.282	46.604	
		Average								524.82	2.16	11.874		955.68	4.30	224.577	0.827	21.735	45.371	
28	75.27	6.00	2.60	2.72	2.66	2.43	1140.14	651.28	1160.51	509.23	2.239	7.800	63	1037.57	4.3	241.296	0.823	19.147	59.264	
29	77.93	6.00	2.60	2.72	2.66	2.43	1136.06	638.32	1154.72	515.40	2.200	9.405	68	1070.60	4.8	223.041	0.823	20.555	54.243	
30	76.53	6.00	2.60	2.72	2.66	2.43	1120.19	631.73	1134.05	502.32	2.230	8.187	63	1016.07	4.35	233.579	0.823	19.469	58.052	
		Average								509.32	2.22	8.457		1041.41	4.48	232.286	0.823	19.723	57.121	
43	76.43	6.00	2.60	2.72	2.68	2.41	1138.75	650.81	1157.17	508.36	2.249	8.712	62	1001.26	4.4	227.560	0.819	19.220	66.079	
44	76.87	6.50	2.60	2.72	2.66	2.41	1132.03	637.46	1146.83	509.37	2.222	7.810	70	1122.99	4.8	233.957	0.819	20.171	61.280	
45	76.33	6.50	2.60	2.72	2.66	2.41	1142.22	651.66	1161.28	509.62	2.241	7.026	76	1212.81	4.95	245.012	0.819	19.492	63.854	
		Average								508.45	2.24	7.183		1112.36	4.72	236.835	0.819	19.627	63.405	
58	77.97	7.00	2.60	2.72	2.66	2.39	1157.32	661.71	1176.82	515.11	2.247	6.123	77	1212.30	4.8	252.561	0.814	19.728	68.963	
59	75.93	7.00	2.60	2.72	2.66	2.39	1157.65	657.98	1173.50	515.62	2.246	6.171	70	1154.35	4.65	248.248	0.814	19.769	68.785	
60	77.83	7.00	2.60	2.72	2.66	2.39	1144.41	652.39	1162.21	509.82	2.245	6.207	68	1073.50	4.35	246.782	0.814	19.800	68.651	
		Average								513.48	2.25	6.197		1146.72	4.60	249.286	0.814	19.766	68.800	
73	78.60	7.50	2.60	2.72	2.68	2.38	1160.77	665.27	1184.35	519.08	2.236	5.889	82	1277.02	5.45	234.316	0.810	20.534	71.323	
74	76.63	7.50	2.60	2.72	2.66	2.38	1145.56	658.06	1170.32	512.26	2.236	5.885	72	1178.12	4.75	248.025	0.810	20.532	71.335	
75	76.87	7.50	2.60	2.72	2.66	2.38	1136.05	655.78	1167.50	501.72	2.264	4.706	76	1241.95	5.1	243.519	0.810	19.536	75.911	
		Average								511.02	2.25	5.493		1232.36	5.10	241.640	0.810	20.200	72.806	

REMARKS :		Kepala Lab. Jalan Raya		Peneliti	
F1	%CA = 48%	Bj Bulk Ag Kasar =	2.63	 Ir. Subarkah, MT	 Arief Kurniawan
F2	%MA = 48%	Bj Bulk Ag Halus =	2.18		
F3	%FA = 6%	Bj Averent Ag. Kasar =	2.75		
		Bj Averent Ag. Halus =	2.28		

LAMPIRAN 18. REKAPITULASI PERHITUNGAN IMMERSION TEST PERENDAMAN 30 MENIT

 <b>LABORATORIUM JALAN RAYA</b> JURUSAN TEKNIK SIPIL, FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA JL. Kaliurang KM 14,4 Tlp 0274 896440 Fax 0274 895330 Yogyakarta E-mail: kamta25@yahoo.com																			
PROPERTIES OF ASPHALT MIXES BY IMMERSION TEST															Lampiran 18				
Date of Test : Semester Genap										Dikerjakan oleh : Arief Kurniawan									
Tipe of Mix : HOT ROLLED SHEET-BASE, ZEFOLITE										Diperiksa oleh : Ir. Subarkah, MT.									
: PERENDAMAN 30 MENIT																			
Penetration of Bitumen = AC 60/70										Kalibrasi proving ring (Lbs) = 46,99									
Sp.Gr.of Bitumen X = 1,0215										Temperature : 150 °C									
										Compaction : 2 x 75 Blows									
No.	height of sample (mm)	Bitumen Content	Bulk SP.GR Of Total Agg	AVRVT SP.GR Of Total Agg	Effective SP.GR Of Total Agg	Max Sp.gr Combine Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk SpOr Combine Mix	Air Void (%)	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotien (Kg/mm)	Absorbion bitumen	Void Mineral Agregat (VMA)	Void Filled With Asphalt (VFWA)
							In Air	In Water	S.S.D				Meas	Adjust					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	P	R	S			
		$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$	$\frac{100 - (C \times 100)}{100 - (B \times 100)}$
A1	64,23	6,50	2,60	2,72	2,66	2,41	1187,51	674,35	1172,23	497,88	2,346	2,727	98	1994,61	5,2	383,669	0,819	15,769	82,709
A2	62,90	6,50	2,60	2,72	2,66	2,41	1150,06	662,63	1156,33	493,80	2,329	3,389	72	1559,05	4,3	362,670	0,819	16,342	78,264
A3	63,77	6,50	2,60	2,72	2,66	2,41	1170,52	673,84	1176,98	503,34	2,326	3,534	76	1695,67	4,1	386,750	0,819	16,468	78,542
	Average																		
B1	73,53	6,25	2,60	2,72	2,66	2,42	1172,99	680,90	1187,83	506,93	2,314	4,364	77	1314,14	4,2	312,891	0,821	16,662	73,810
B2	72,60	6,25	2,60	2,72	2,66	2,42	1168,59	671,82	1177,99	506,17	2,309	4,579	85	1477,88	3,9	378,942	0,821	16,850	72,822
B3	72,30	6,25	2,60	2,72	2,66	2,42	1177,53	681,60	1191,37	509,87	2,309	4,547	79	1380,30	4	345,074	0,821	16,822	72,969
	Average																		
C1	72,50	7,00	2,60	2,72	2,66	2,39	1170,05	669,17	1182,14	512,97	2,281	4,696	74	1288,20	3,6	357,833	0,814	18,607	74,634
C2	70,23	7,00	2,60	2,72	2,66	2,39	1183,34	664,15	1173,85	509,70	2,282	4,633	91	1632,67	5,8	281,495	0,814	18,454	74,894
C3	73,17	7,00	2,60	2,72	2,66	2,39	1186,64	668,17	1178,21	510,04	2,287	4,426	41	705,86	3,1	227,697	0,814	18,278	76,782
	Average																		
D1	74,13	7,50	2,60	2,72	2,66	2,38	1170,52	667,71	1184,94	517,23	2,263	4,751	83	1397,06	4,9	285,115	0,810	19,673	76,729
D2	76,13	7,50	2,60	2,72	2,66	2,38	1149,26	652,98	1161,51	505,53	2,260	4,589	45	730,56	3,5	208,733	0,810	19,690	76,171
D3	74,40	7,50	2,60	2,72	2,66	2,38	1158,58	653,39	1168,39	515,00	2,260	5,322	81	1364,76	5	270,952	0,810	20,056	73,464
	Average																		

REMAKS :			
F1	%CA = 46%	B) Bulk Ag Kasar =	2,63
F2	%MA = 48%	B) Bulk Ag Halus =	2,18
F3	%FFA = 6%	B) Averent Ag. Kasar =	2,75
		B) Averent Ag. Halus =	2,28

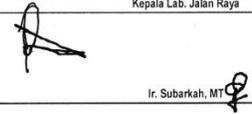
  

Kepala Lab. Jalan Raya  Ir. Subarkah, MT	Peneliti  Arief Kurniawan
---	--

LAMPIRAN 19. REKAPITULASI PERHITUNGAN IMMERSION TEST PERENDAMAN 24 JAM

No.		height of sample	Bitumen Content	Bulk SP GR Of Total Agg	AVRYT SP GR Of Total Agg	Effective SP GR Of Total Agg	Max Sp gr Combine Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk SpGr Combine Mix	Air Void (%)	Stability		Flow (mm)	Marshall Quotien (Kg/mm)	Absorbion bitumen	Void Mineral Agregat (VMA)	Void Filled With Aspal (VFA)
		(mm)	% Bitumen by weight of Mix	$\frac{100 \cdot CA + 5 \cdot MA + 5 \cdot BA}{100 + 5 \cdot BA + 5 \cdot FA}$	$\frac{100 \cdot CA + 5 \cdot MA + 5 \cdot BA}{100 + 5 \cdot BA + 5 \cdot FA}$	$\frac{100 \cdot CA + 5 \cdot MA + 5 \cdot BA}{100 + 5 \cdot BA + 5 \cdot FA}$	$\frac{100 \cdot CA + 5 \cdot MA + 5 \cdot BA}{100 + 5 \cdot BA + 5 \cdot FA}$	In Air	In Water	S.S.D	$G \cdot F$	$\frac{L}{F}$	$\frac{(D - J) \cdot 100}{D}$	Meas	Adjust	M	$\frac{L}{A \cdot F}$	$\frac{100 \cdot P}{100 - J}$	$\frac{100 \cdot (R - J)}{R}$	$\frac{100 \cdot (R - J)}{R}$
								Timbangan LAB	Timbangan LAB	Timbangan LAB	G - F	$\frac{L}{F}$	$\frac{(D - J) \cdot 100}{D}$	LAB	LAB (Kg)	LAB	$\frac{L}{A \cdot F}$	$\frac{100 \cdot P}{100 - J}$	$\frac{100 \cdot (R - J)}{R}$	$\frac{100 \cdot (R - J)}{R}$
A4	63,73	6,50	2,60	2,72	2,66	2,41	1165,51	673,91	1169,50	495,59	2,352	2,444	93	1948,30	5,2	374,673	0,819	15,524	84,254	
A5	65,47	6,50	2,60	2,72	2,66	2,41	1179,26	672,55	1185,32	512,77	2,390	4,601	60	1268,49	3,9	325,253	0,819	17,392	73,547	
A6	64,70	6,50	2,60	2,72	2,66	2,41	1171,72	671,87	1177,32	505,45	2,318	3,838	73	1465,46	4,3	340,805	0,819	16,731	77,061	
		Average								504,60	2,32	3,628		1560,75	4,47	349,421	0,819	16,549	78,079	
B4	71,93	6,25	2,60	2,72	2,66	2,42	1177,60	663,63	1191,62	527,99	2,230	7,818	63	1106,12	3,3	335,187	0,821	19,672	60,260	
B5	72,77	6,25	2,60	2,72	2,66	2,42	1180,33	669,69	1194,18	524,49	2,250	6,987	77	1335,50	4,2	317,975	0,821	18,948	63,124	
B6	73,90	6,25	2,60	2,72	2,66	2,42	1191,54	671,65	1205,76	534,11	2,231	7,795	65	1099,63	3,6	305,454	0,821	19,652	60,335	
		Average								528,86	2,24	7,533		1180,42	3,70	319,031	0,821	19,424	61,217	
C4	72,27	7,00	2,60	2,72	2,66	2,39	1176,98	639,96	1188,63	549,67	2,141	10,531	71	1240,52	4	310,130	0,814	23,497	55,182	
C5	73,57	7,00	2,60	2,72	2,66	2,39	1177,19	640,55	1193,49	552,94	2,129	11,044	49	835,23	3,3	253,099	0,814	23,936	53,860	
C6	71,87	7,00	2,60	2,72	2,66	2,39	1165,72	622,73	1174,74	552,01	2,112	11,763	71	1240,09	4,5	277,354	0,814	24,551	52,088	
		Average								551,54	2,13	11,113		1107,95	3,93	281,681	0,814	23,995	53,687	
D4	74,87	7,50	2,60	2,72	2,66	2,38	1170,48	601,52	1178,99	577,47	2,027	14,697	80	1326,09	5,2	255,017	0,810	27,972	47,458	
D5	76,83	7,50	2,60	2,72	2,66	2,38	1162,18	583,98	1179,01	595,03	1,953	17,801	39	625,67	3,3	189,596	0,810	30,593	41,812	
D6	74,27	7,50	2,60	2,72	2,66	2,38	1160,72	583,57	1171,06	587,49	1,976	16,851	74	1240,84	5	248,168	0,810	29,791	43,435	
		Average								586,66	1,99	16,450		1064,20	4,50	236,489	0,810	29,452	44,147	

REMAKS :		Kepala Lab. Jalan Raya		-Peneliti	
F1	%CA = 46%	Bj Bulk Ag Kasar =	2,63	 Ir. Subarkah, MT	 Arief Kurniawan
F2	%MA = 48%	Bj Bulk Ag Halus =	2,18		
F3	%FFA = 6%	Bj Averent Ag. Kasar =	2,75		
		Bj Averent Ag. Halus =	2,28		

LAMPIRAN 20. REKAPITULASI PERHITUNGAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST*

 <b>LABORATORIUM JALAN RAYA</b> <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA</b> JL. Kaliurang KM 14,4 Tip 0274 896440 Fax 0274 895330 Yogyakarta E-mail: kamta25@yahoo.com												
<b>INDIRECT TENSILE STRENGTH TEST</b>											Lampiran 20	
Date of Test		: Semester Genap					Dikerjakan oleh					: Arief Kurniawan
Type of Mix		: HOT ROLLED SHEET-BASE					Diperiksa oleh					: Ir. Subarkah, MT.
		: ZEOLITE										
Penetration of Bitumen			= AC 60/70			Kalibrasi proving ring (Lbs) = 46,99			Temperature : 150 °C			
						Compaction : 2 x 75						
No.	height of sample	Bitumen Content	Thick Correction	Diameter	Stability Dial	$\mu$	Conversion	Dial Conversion	Load Correction	Indirect Tensile Strength ( Kpa )		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
	(mm)	% Bitumen by weight of Mix		( mm )	Lab			E x G	C x H x kalibrasi proving ring	$\left( \frac{2xI}{A \times D} \right) \times 9,81 \times 10^{-3}$		
A7	68,87	6,50	0,854	101	43	3,14	0,454	19,52	783,41	70,38		
A8	62,57	6,50	1,023	101	43	3,14	0,454	19,52	938,44	92,79		
A9	63,20	6,50	1,008	101	48	3,14	0,454	21,79	1032,20	101,04		
	<b>Average</b>									<b>88,07</b>		
B7	73,03	6,25	0,809	101	40	3,14	0,454	18,16	690,35	58,48		
B8	70,67	6,25	0,837	101	40	3,14	0,454	18,16	714,24	62,53		
B9	73,13	6,25	0,808	101	40	3,14	0,454	18,16	689,50	58,33		
	<b>Average</b>									<b>59,78</b>		
C7	71,67	7,00	0,827	101	43	3,14	0,454	19,52	758,64	65,49		
C8	72,73	7,00	0,813	101	36	3,14	0,454	16,34	624,39	53,11		
C9	71,30	7,00	0,831	101	49	3,14	0,454	22,25	868,68	75,37		
	<b>Average</b>									<b>64,66</b>		
D7	74,03	7,50	0,791	101	45	3,14	0,454	20,43	759,36	63,46		
D8	74,77	7,50	0,778	101	40	3,14	0,454	18,16	663,90	54,93		
D9	74,23	7,50	0,787	101	47	3,14	0,454	21,34	789,10	65,76		
	<b>Average</b>									<b>61,38</b>		
Kepala Lab. Jalan Raya						Peneliti						
Ir. Subarkah, MT 						 Arief Kurniawan						

## LAMPIRAN 21. DOKUMENTASI 1 PEMBUATAN BENDA UJI



Pengayakan agregat menggunakan saringan



Penimbangan agregat



Pemeriksaan suhu campuran dengan termometer



Proses pencampuran dengan aspal

## LAMPIRAN 22. DOKUMENTASI 2 PEMBUATAN BENDA UJI



Pengadukan campuran aspal

Pemasukan campuran aspal  
ke dalam cetakan moldPenumbukan benda uji 75 kali setiap  
Sisi atas dan bawahPengeluaran benda uji dengan  
mesin *ejector*

## LAMPIRAN 23. DOKUMENTASI 3 PENGUJIAN BENDA UJI



Penimbangan benda uji

Perendaman benda uji ke dalam  
*waterbath*Pengujian benda uji dengan  
*Mesin Marshall Test*Pengujian benda uji dengan mesin  
*Indirect Tensile Strength Test*