

TUGAS AKHIR

TINJAUAN LABORATORIUM CAMPURAN HANGAT (*WARM MIX*) PADA LASTON LAPIS AUS (*WMAC-WC*), LAPIS ANTARA (*WMAC-BC*) DAN LAPIS PONDASI (*WMAC-BASE*) MENGGUNAKAN METODE *MARSHALL IMMERSION* DAN *CANTABRO TEST*



MARIO TORANG SINAGA

03011381720003

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

TUGAS AKHIR

TINJAUAN LABORATORIUM CAMPURAN HANGAT (*WARM MIX*) PADA LASTON LAPIS AUS (*WMAC-WC*), LAPIS ANTARA (*WMAC-BC*) DAN LAPIS PONDASI (*WMAC-BASE*) MENGGUNAKAN METODE *MARSHALL IMMERSION* DAN *CANTABRO TEST*

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



MARIO TORANG SINAGA

03011381720003

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2019

HALAMAN PENGESAHAN

**TINJAUAN LABORATORIUM CAMPURAN HANGAT
(WARM MIX) PADA LASTON LAPIS AUS (WMAC-WC),
LAPIS ANTARA (WMAC-BC) DAN LAPIS PONDASI (WMAC-
BASE) MENGGUNAKAN METODE *MARSHALL IMMERSION*
DAN *CANTABRO TEST***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Mario Torang Sinaga

03011381720003

Palembang, Oktober 2019

Diperiksa dan disetujui oleh,

Pembimbing I

Mirka Pataras, S.T., M.T
NIP. 198112012008121001

Pembimbing II

Ratna Dewi, S.T., M.T
NIP. 197406152000032001

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil,

Ir. Helmi Haki, M.T.
NIP. 196107031991021001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “Tinjauan Laboratorium Campuran Beraspal Hangat (*Warm Mix*) Pada Laston Lapis Aus (WMAC-WC), Lapis Antara (WMAC-BC) dan Lapis Pondasi (WMAC-Base) Menggunakan Metode *Marshall Immersion* dan *Cantabro Test*” yang disusun oleh Mario Torang Sinaga, NIM 03011381720003 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Agustus 2019.

Palembang, September 2019

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

Ketua:

1. Mirka Pataras, S.T., M.T.
NIP. 198112012008121001

()

2. Ratna Dewi, S.T., M.T.
NIP. 197406152000032001

()

Anggota:

3. Bimo Brata Adhitya, S.T., M.T.
NIP. 198103102008011010

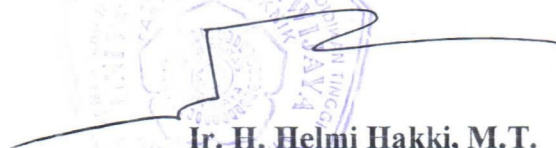
()

4. Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T.
NIP. 197404071999032001

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil


Ir. H. Helmi Hakki, M.T.
NIP. 196107031991021001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Mario Torang Sinaga

NIM : 03011381720003

Judul : Tinjauan Laboratorium Campuran Hangat (*Warm Mix*) pada Laston Lapis Aus (WMAC-WC), Lapis Antara (WMAC-BC) dan Lapis Pondasi (WMAC-Base) Menggunakan Metode *Marshall Immersion* Dan *Cantabro Test*

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Inderalaya, Oktober 2019



Mario Torang Sinaga

NIM. 03011381720003

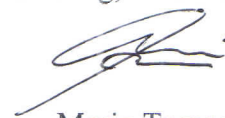
KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dihaturkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia sehingga dapat diselesaikannya laporan tugas akhir yang berjudul Tinjauan Laboratorium Campuran Hangat (*Warm Mix*) pada Laston Lapis Aus (WMAC-WC), Lapis Antara (WMAC-BC) dan Lapis Pondasi (WMAC-Base) Menggunakan Metode *Marshall Immersion* Dan *Cantabro Test*. Dalam penyusunan, didapatkan banyak arahan dan bimbingan dari dosen pembimbing serta didapatkan juga bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Helmi Haki, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
4. Bapak M. Baitullah Al Amin, S.T., M.Eng., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
5. Mirka Pataras, S.T., M.T., dan Ibu Ratna Dewi S.T., M.T., selaku pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak bimbingan, saran, dan nasihat sehingga terselesaikannya laporan tugas akhir ini.
6. Ibu Dr. Betty Susanti, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik.
7. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan arahan selama penulis menempuh pendidikan S-1.
8. Keluarga, rekan satu tim tugas akhir, dan teman-teman di lingkungan kampus yang terus memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir.
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penyusunan tugas akhir ini.

Akhirnya, sangat diharapkan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pembaca, khususnya bagi civitas Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Palembang, Oktober 2019



Mario Torang Sinaga

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
RINGKASAN.....	vii
ABSTRAK.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Perkerasan Jalan.....	7
2.3. Lapis Aspal Beton (Laston).....	9
2.4. Campuran Aspal Hangat (<i>Warm Mix Asphalt</i>).....	11
2.5. Bahan Penyusun Perkerasan Jalan (Campuran Beraspal Hangat).....	12
2.5.1 Aspal.....	12
2.5.2 Agregat.....	14

2.5.3 Jenis Agregat	14
2.5.4 Gradasi Agregat Gabungan	16
2.5.5 Zeolit	17
2.5.6 Wax	18
2.6. Pengujian <i>Marshall Immersion</i>	21
2.7. Pengujian <i>Cantabro</i>	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Umum	23
	Halaman
3.2. Studi Literatur dan Lapangan	25
3.3. Pekerjaan Persiapan	25
3.3.1 Persiapan Bahan	26
3.3.2 Persiapan Peralatan	27
3.4. Tahap Pengujian di Laboratorium	29
3.4.1 Pengujian Agregat	30
3.4.2 Pengujian Aspal	31
3.4.3 Pengujian Bahan Aditif	34
3.5. <i>Design Mix Formula (DMF) & Job Mix Formula (JMF)</i>	34
3.6. Pembuatan Benda Uji Kadar Aspal Rencana dengan Aditif Wax dan Zeolit	35
3.7. <i>Marshall Test</i> pada Benda Uji Kadar Aspal Rencana	35
3.8. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	35
3.9. Pembuatan Benda Uji Kadar Aspal Optimum dengan Aditif Wax dan Zeolit	36
3.10. Pengujian <i>Marshall</i>	38
3.11. Pengujian <i>Marshall Immersion</i>	38
3.12. Pengujian <i>Cantabro</i>	39
3.13. Analisis Data	40
3.14. Kesimpulan dan Saran	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	42

4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	42
4.2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	44
4.3. Hasil Pengujian Bahan Aditif	46
4.4. Komposisi Agregat pada Laston Campuran Beraspal Hangat	47
4.4.1 Komposisi Campuran Lapisan WMAC-WC	47
4.4.2 Komposisi Campuran Lapisan WMAC-BC	50
4.4.3 Komposisi Campuran Lapisan WMAC-Base	54
4.5. Kadar Aspal Rencana Pada Laston Campuran Beraspal Hangat	57
4.5.1 Kadar Aspal Rencana Lapisan WMAC-WC	58

Halaman

4.5.2 Kadar Aspal Rencana Lapisan WMAC-BC	58
4.5.3 Kadar Aspal Rencana Lapisan WMAC-Base	59
4.6. Hasil Pengujian Marshall <i>Standart</i> (Kadar Aspal Rencana)	59
4.6.1 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-WC	59
4.6.2 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-BC	67
4.6.3 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-Base	75
4.7. Hasil Pengujian Marshall <i>Standart</i> (Kadar Aspal Optimum)	83
4.7.1 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-WC	83
4.7.2 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-BC	87
4.7.3 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-Base	91
4.8. Hasil Pengujian Marshall <i>Immersion</i> (Kadar Aspal Optimum)	95
4.8.1 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-WC	95
4.8.2 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-BC	99
4.8.3 Hasil Pengujian Marshall Lapisan WMAC-Base	103
4.9. Analisa Indeks Kekuatan Sisa (<i>Indeks of Retained Strength</i>)	107
4.9.1 Hasil Analisa Indeks Kekuatan Sisa lapisan WMAC-WC	107
4.9.2 Hasil Analisa Indeks Kekuatan Sisa lapisan WMAC-BC	108
4.9.3 Hasil Analisa Indeks Kekuatan Sisa lapisan WMAC-Base	109
4.10. Hasil Pengujian <i>Cantabro</i>	110
4.10.1 Hasil pengujian <i>cantabro</i> lapisan WMAC-WC	111
4.10.2 Hasil pengujian <i>cantabro</i> lapisan WMAC-BC	112
4.10.3 Hasil pengujian <i>cantabro</i> lapisan WMAC-Base	113

4.11.Pembahasan	114
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	116
5.1. Kesimpulan	116
5.2. Saran	117
DAFTAR PUSTAKA	118
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Struktur Lapisan Perkerasan Kaku	8
2.2. Struktur Lapisan Perkerasan Lentur	9
2.3. Struktur Lapisan Perkerasan Komposit	9
2.4. Struktur Lapis Aspal Beton (Laston)	10
2.4. Zeolit Alam	10
2.4. Pencampuran Wax (Sasobit) pada <i>Warm Mix Asphalt</i>	21
3.1. Diagram alur penelitian	24
3.2. Bahan material yang digunakan	27
3.3. Peralatan pengujian agregat	28
3.4. Peralatan pengujian aspal	29
3.5. Peralatan pembuatan benda uji	29
3.6. Pengujian agregat	31
3.7. Pengujian Aspal	34
3.8. Pelaksanaan pembuatan benda uji	38
3.9. Pengujian <i>marshall immersion</i>	39
3.10. Pengujian cantabro	40
4.1. Titik kontrol dan gradasi campuran lapisan Standar WMAC-WC	50
4.2. Titik kontrol dan gradasi campuran lapisan Standar WMAC-BC	53
4.3. Titik kontrol dan gradasi campuran lapisan Standar WMAC-Base	57
4.4. Nilai VMA terhadap kadar aspal rencana aditif wax	60
4.5. Nilai VFA terhadap kadar aspal rencana aditif wax	61
4.6. Nilai VIM terhadap kadar aspal rencana aditif wax	61
4.7. Nilai stabilitas terhadap kadar aspal rencana aditif wax	61
4.8. Nilai kelelehan terhadap kadar aspal rencana aditif wax	62
4.9. Nilai MQ terhadap kadar aspal rencana aditif wax	62
4.10. Penentuan KAO pada lapisan WMAC-WC aditif wax	63
4.11. Nilai VMA terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit.....	64

Gambar	Halaman
4.12. Nilai VFA terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	65
4.13. Nilai VIM terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	65
4.14. Nilai stabilitas terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	65
4.15. Nilai kelelehan terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	66
4.16. Nilai MQ terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	66
4.17. Penentuan KAO pada lapisan WMAC-WC aditif zeolit	67
4.18. Nilai VMA terhadap kadar aspal rencana aditif wax	68
4.19. Nilai VFA terhadap kadar aspal rencana aditif wax	69
4.20. Nilai VIM terhadap kadar aspal rencana aditif wax	69
4.21. Nilai stabilitas terhadap kadar aspal rencana aditif wax	69
4.22. Nilai kelelehan terhadap kadar aspal rencana aditif wax	70
4.23. Nilai MQ terhadap kadar aspal rencana aditif wax	70
4.24. Penentuan KAO pada lapisan WMAC-BC aditif wax	71
4.25. Nilai VMA terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit.....	72
4.26. Nilai VFA terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	73
4.27. Nilai VIM terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	73
4.28. Nilai stabilitas terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	73
4.29. Nilai kelelehan terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	74
4.30. Nilai MQ terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	74
4.31. Penentuan KAO pada lapisan WMAC-BC aditif zeolit	75
4.32. Nilai VMA terhadap kadar aspal rencana aditif wax	76
4.33. Nilai VFA terhadap kadar aspal rencana aditif wax	77
4.34. Nilai VIM terhadap kadar aspal rencana aditif wax	77
4.35. Nilai stabilitas terhadap kadar aspal rencana aditif wax	77
4.36. Nilai kelelehan terhadap kadar aspal rencana aditif wax	78
4.37. Nilai MQ terhadap kadar aspal rencana aditif wax	78
4.38. Penentuan KAO pada lapisan WMAC-Base aditif wax	79
4.39. Nilai VMA terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit.....	80
4.40. Nilai VFA terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	81
4.41. Nilai VIM terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	81
4.42. Nilai stabilitas terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	81

Gambar	Halaman
4.43. Nilai kelelehan terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	82
4.44. Nilai MQ terhadap kadar aspal rencana aditif zeolit	82
4.45. Penentuan KAO pada lapisan WMAC-Base aditif zeolit	83
4.46. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VIM	84
4.47. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VMA	85
4.48. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VFA	85
4.49. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Stabilitas.....	86
4.50. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Kelelehan.....	86
4.51. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai MQ	87
4.52. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VIM	88
4.53. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VMA	89
4.54. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VFA	89
4.55. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Stabilitas.....	90
4.56. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Kelelehan.....	90
4.57. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai MQ	91
4.58. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VIM	92
4.59. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VMA	93
4.60. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VFA	93
4.61. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Stabilitas.....	94
4.62. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Kelelehan.....	94
4.63. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai MQ	95
4.64. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VIM	96
4.65. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VMA	97
4.66. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VFA	97
4.67. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Stabilitas.....	98
4.68. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Kelelehan.....	98
4.69. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai MQ	99
4.70. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VIM	100
4.71. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VMA	101
4.72. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VFA	101
4.73. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Stabilitas.....	102

Gambar	Halaman
4.74. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Kelelehan.....	102
4.75. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai MQ	103
4.76. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VIM	104
4.77. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VMA	105
4.78. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai VFA	105
4.79. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Stabilitas.....	106
4.80. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai Kelelehan.....	106
4.81. Hasil parameter Marshall Standart untuk nilai MQ	107
4.82. Hasil analisa indeks kekuatan sisa lapisan WMAC-WC	108
4.83. Hasil analisa indeks kekuatan sisa lapisan WMAC-BC	109
4.84. Hasil analisa indeks kekuatan sisa lapisan WMAC-Base	110
4.85. Perbandingan hasil uji cantabro lapisan WMAC-WC	111
4.86. Perbandingan hasil uji cantabro lapisan WMAC-BC	112
4.87. Perbandingan hasil uji cantabro lapisan WMAC-Base	113

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston	11
2.2. Ketentuan Viskositas Aspal untuk Pencampuran dan Pemadatan	13
2.3. Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampang Dingin untuk Campuran Beraspal	15
2.4. Ketentuan Agregat Kasar	15
2.5. Ketentuan Agregat Halus	16
2.6. Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	17
2.7. Contoh Batas-batas 'Bahan Bergradasi Senjang'	17
2.8. Sifat Bahan Tambah Zeolit untuk Campuran Beraspal Hangat	18
2.9. Ketentuan Aspal Pen.60-70-Wax	20
3.1. Jumlah Sampel Benda Uji (Aditif Zeolit) dengan <i>Marshall Standart</i>	36
3.2. Jumlah Sampel Benda Uji (Aditif Wax) dengan <i>Marshall Standart</i>	36
3.3. Jumlah Sampel Benda Uji (Aditif Zeolit) dengan <i>Marshall Immersion</i> ..	36
3.4. Jumlah Sampel Benda Uji (Aditif Wax) dengan <i>Marshall Immersion</i>	37
3.5. Jumlah Sampel Benda Uji (Aditif Zeolit) dengan <i>Cantabro Test</i>	37
3.6. Jumlah Sampel Benda Uji (Aditif Wax) dengan <i>Cantabro Test</i>	37
4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	42
4.2. Hasil Pengujian Agregat Halus	43
4.3. Hasil pengujian <i>filler</i>	44
4.4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina Penetrasi 60/70	44
4.5. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 dengan 1% Wax	43
4.6. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 dengan 2% Wax	43
4.7. Hasil pemeriksaan karakteristik bahan tambah zeolit	46
4.8. Data awal komposisi gradasi lolos	47

Tabel	Halaman
4.9. Komposisi gradasi lolos saringan yang dipakai pada perhitungan matriks identitas <i>Gauss Jordan</i>	47
4.10. Titik kontrol terhadap gradasi campuran pada agregat standar pada lapisan WMAC-WC	44
4.11. Data awal komposisi gradasi lolos saringan	50
4.12. Komposisi gradasi lolos saringan yang dipakai pada perhitungan matriks identitas <i>Gauss Jordan</i>	51
4.13. Titik kontrol terhadap gradasi campuran pada agregat standar pada lapisan WMAC-BC	53
4.14. Komposisi Gradasi Agregat pada Campuran Laston	54
4.15. Komposisi Gradasi Agregat yang dipakai dalam Perhitungan <i>Gauss-Jordan</i>	54
4.16. Titik kontrol terhadap gradasi campuran pada agregat standar pada lapisan WMAC-Base	56
4.17. Perhitungan rentang kadar aspal rencana	58
4.18. Perhitungan rentang kadar aspal rencana	59
4.19. Perhitungan rentang kadar aspal rencana	59
4.20. Hasil pengujian <i>Marshall</i> aditif wax pada lapis WMAC-WC	60
4.21. Hasil pengujian <i>Marshall</i> aditif zeolit pada lapis WMAC-WC	63
4.22. Hasil pengujian <i>Marshall</i> aditif wax pada lapis WMAC-BC	68
4.23. Hasil pengujian <i>Marshall</i> aditif zeolit pada lapis WMAC-BC	71
4.24. Hasil pengujian <i>Marshall</i> aditif wax pada lapis WMAC-Base.....	76
4.25. Hasil pengujian <i>Marshall</i> aditif zeolit pada lapis WMAC-Base.....	79
4.26. Hasil pengujian <i>marshall standart</i> pada lapisan WMAC-WC	84
4.27. Hasil pengujian <i>marshall standart</i> pada lapisan WMAC-BC	88
4.28. Hasil pengujian <i>marshall standart</i> pada lapisan WMAC-Base.....	92
4.29. Hasil pengujian <i>marshall immersion</i> pada lapisan WMAC-WC	96
4.30. Hasil pengujian <i>marshall immersion</i> pada lapisan WMAC-BC	100
4.31. Hasil pengujian <i>marshall immersion</i> pada lapisan WMAC-Base	104
4.32. Rekapitulasi nilai indeks kekuatan sisa lapisan WMAC-WC	108
4.33. Rekapitulasi nilai indeks kekuatan sisa lapisan WMAC-BC	109

Tabel	Halaman
4.34. Rekapitulasi nilai indeks kekuatan sisa lapisan <i>WMAC-Base</i>	110
4.35. Hasil pengujian <i>cantabro</i> lapisan <i>WMAC-WC</i>	111
4.36. Hasil pengujian <i>cantabro</i> lapisan <i>WMAC-BC</i>	112
4.37. Hasil pengujian <i>cantabro</i> lapisan <i>WMAC-Base</i>	113

TINJAUAN LABORATORIUM CAMPURAN HANGAT (*WARM MIX*) PADA LASTON LAPIS AUS (WMAC-WC), LAPIS ANTARA (WMAC-BC) DAN LAPIS PONDASI (WMAC-BASE) MENGUNAKAN METODE *MARSHALL IMMERSION* DAN *CANTABRO TEST*

Mario Torang Sinaga¹, Mirka Pataras², dan Ratna Dewi³

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia

E-mail: mariosinaga27@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia

E-mail: mirka_pataras@yahoo.com

³Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
Palembang, Indonesia

E-mail: dwirds@yahoo.ac.id

ABSTRAK

Emisi CO₂ yang dihasilkan pada saat proses pembakaran campuran beraspal panas (*Hot Mix Asphalt/ WMA*), berakibat semakin meningkatnya pemanasan global di bumi. Untuk mengurangi dampak pemanasan global dari penggunaan campuran beraspal tersebut bisa menggunakan metode *Warm Mix Asphalt* (WMA) dimana suhu yang digunakan bisa ditekan lebih rendah 20-40°C. Namun agar mutu yang dihasilkan dari WMA tidak kalah dari HMA maka diperlukan bahan tambah untuk mengurangi viskositas aspal dan meningkatkan volume aspal dengan suhu yang rendah. Metode penelitian ini berupa percobaan di laboratorium dengan tahapan pengujian bahan serta pengamatan visual. Persentase wax yang digunakan adalah 1% dari berat aspal dan zeolit yang digunakan 1% dari berat agregat. Persyaratan pengujian pada penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018. Pengujian penelitian ini mengenai karakteristik nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada laston campuran beraspal hangat yang didapat dan dilakukan pengujian menggunakan metode *Marshall Immersion* dan *Cantabro Test*. Hasil pengujian *marshall standart* dan *immersion* dari masing-masing campuran, didapat nilai persentase indeks kekuatan sisa pada benda uji lapisan WMAC-WC, WMAC-BC, dan WMAC-Base dengan menggunakan bahan aditif zeolit lebih unggul yaitu 94,12%, 96,05%, dan 95,98%. Sedangkan nilai persentase indeks kekuatan sisa pada benda uji setiap lapisan tersebut dengan menggunakan bahan aditif wax didapat sebesar 93,85%, 93,29%, dan 94,79%. Hasil pengujian *cantabro* dari masing-masing campuran, didapat nilai rata-rata keausan pada laston campuran beraspal hangat dengan aditif wax lebih unggul pada setiap lapisan WMAC-WC, WMAC-BC, dan WMAC-Base yaitu 6,67%, 6,13%, dan 9,15%, sedangkan bahan aditif zeolit yaitu dengan rata-rata keausan 8,50%, 8,15%, dan 10,22%.

Kata Kunci: campuran beraspal hangat, *cantabro*, *marshall immersion*, wax, zeolit.

Pembimbing I



Mirka Pataras, S.T., M.T
NIP. 198112012008121001

Palembang, Okt 2019

Pembimbing II



Ratna Dewi, S.T., M.T
NIP. 197406152000032001

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil,



Ir. Helmi Haki, M.T.

NIP. 196107031991021001

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Campuran aspal adalah campuran kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal. Pencampuran dilakukan sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Mengeringkan agregat dan mendapatkan kekentalan aspal yang mencukupi dalam mencampur dan mengerjakannya, maka kedua-duanya harus dipanaskan masing-masing pada suhu tertentu (Manual Pengerjaan Campuran Beraspal Panas, 2004).

Campuran beraspal panas merupakan campuran yang paling sering ditemui saat ini. Campuran tersebut terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas, yang bertujuan agar diperoleh mutu campuran yang baik. Pada proses pemanasan tersebut, dibutuhkan bahan bakar yang cukup banyak untuk meningkatkan suhu agregat dan aspal.

Isu pemanasan global saat ini, sangat diperlukan pembangunan yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan hemat energi agar kebutuhan dimasa yang akan datang agar dapat terjaga dan terpenuhi. Solusi pengurangan emisi CO₂ dan penghematan energi untuk mengurangi pemanasan global, pada campuran beraspal panas yang harus dipanaskan dengan suhu tinggi agar dapat diolah dengan menggunakan suhu yang lebih rendah namun dengan kualitas campuran beraspal yang sama. Suhu yang digunakan bisa ditekan lebih rendah 20°C-40°C lebih rendah dari Hot Mix Asphalt (HMA). Pengolahan campuran pada suhu rendah dapat dilakukan penghematan terhadap penggunaan bahan bakar yang cukup besar. Hal ini juga akan bermanfaat pada lingkungan sekitar karena adanya pengurangan emisi akibat pembakaran bahan bakar. Salah satu metode yang dapat dipakai yaitu campuran beraspal hangat (*Warm Mix Asphalt/ WMA*).

WMA adalah teknologi yang dikembangkan untuk mengijinkan pencampuran, pengantaran dan proses pemadatan pada temperatur yang lebih rendah (dibandingkan dengan campuran aspal panas/ *Hot Mix Asphalt*) yaitu dengan cara menurunkan viskositas dari aspal dan atau meningkatkan kemudahan

pencampuran dalam temperatur yang rendah (Chowdhury, 2008). Newcomb (2006) membedakan campuran dari produksinya yaitu campuran beraspal dingin yang diproduksi pada temperatur ambien sekitar 20°C sampai dengan 49°C (68°F sampai dengan 120°F), campuran beraspal panas pada 140°C sampai dengan 171°C (285°F sampai dengan 340°F) dan campuran beraspal hangat pada temperatur sedang yaitu 93°C sampai dengan 135°C (200°F sampai dengan 275 °F).

Salah satu teknologi yang digunakan dalam pengurangan temperatur pencampuran dan pemadatan adalah penambahan bahan aditif zeolit dan wax (*parrafin*) yang bukan turunan dari minyak bumi. Zeolit ditambahkan pada campuran beraspal dengan Aspal Pen. 60-70 di *pugmil*. Sedangkan bahan tambah wax harus dicampur dengan aspal terlebih dahulu sebelum aspal tersebut dicampurkan dengan agregat.

Berdasarkan informasi di atas, maka akan dilaksanakan penelitian yang merupakan lanjutan dari penelitian terdahulu mahasiswa dan mahasiswi teknik sipil Universitas Sriwijaya mengenai pengujian *marshall* campuran beraspal hangat dengan penambahan aditif zeolit dan wax. Pengujian penelitian ini mengenai karakteristik nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat dan dilakukan pengujian menggunakan metode *Marshall Immersion* dan *Cantabro Test*. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi dalam penggunaan campuran beraspal hangat dengan bahan aditif zeolit dan wax pada perkerasan jalan di Indonesia yang di uji dengan *Marshall Immersion Test* dan *Cantabro Test*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, rumusan masalah yang akan di bahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana nilai indeks kekuatan sisa pada laston campuran beraspal hangat dengan penambahan aditif zeolit dan wax setelah dilakukan pengujian *Marshall Immersion*?
2. Bagaimana nilai keausan pada laston campuran beraspal hangat dengan penambahan aditif zeolit dan wax setelah dilakukan pengujian *Cantabro*?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas tujuan penelitian yang akan di bahas pada penelitian ini adalah:

1. Mengetahui dan menganalisa nilai indeks kekuatan sisa pada campuran beraspal hangat dengan penambahan aditif zeolit dan wax setelah dilakukan pengujian *Marshall Immersion*.
2. Mengetahui dan menganalisa nilai keausan pada campuran beraspal hangat dengan penambahan aditif zeolit dan wax setelah dilakukan pengujian *Cantabro*.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, batasan masalah yang akan dibahas dari penelitian ini antara lain:

1. Penelitian ini dilaksanakan dalam skala laboratorium.
2. Campuran aspal yang digunakan pada penelitian ini yaitu campuran beraspal hangat dengan penambahan aditif zeolit dan wax.
3. Standar yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Seksi 6.4.
4. Kadar Aspal Optimum yang digunakan mengacu pada penelitian mahasiswa dan mahasiswi teknik sipil Universitas Sriwijaya mengenai pengujian *marshall* campuran beraspal hangat dengan penambahan aditif zeolit dan wax.
5. Metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Marshall Immersion* dan *Cantabro Test*.

1.5. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini membahas latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan yang dilakukan pada penelitian ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang studi literatur yang berisikan informasi teori-teori dasar yang berhubungan dengan penelitian seperti material penyusun perkerasan jalan, kriteria campuran *warm mix asphalt* berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2018, prosedur pengujian di laboratorium, dan rencana pengujian *Marshall Immersion* dan *Cantabro Test*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas alir penelitian atau pengujian yang akan dilakukan mulai dari material dan alat-alat yang digunakan, pengujian material di laboratorium, perencanaan campuran, pembuatan sampel, pengujian menggunakan metode *Marshall Immersion* dan *Cantabro Test*.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil yang didapat dari pengujian yang dilakukan untuk dibahas sesuai tujuan dari penelitian.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari keseluruhan pengujian yang telah dilakukan dan saran dari penulis apabila adanya pengkajian kelanjutan dari topik penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi informasi mengenai sumber pustaka dari literatur yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, F. dan Hadasi, H. 2011. *Pengaruh Metode Aktivasi Zeolit Alam Sebagai Bahan Penurun Temperatur Campuran Beraspal Hangat*. Jurnal Jalan-Jembatan Vol. 28, No. 1, April 2011 (1-8). Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. *Spesifikasi umum 2018*. Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.
- Firdaus, dkk. 2018. *Karakteristik Campuran AC-WC Menggunakan Agregat Simeulue Dengan Variasi Aspal Retona Blend 55 Aspal Penetrasi 60/70*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala ISSN 2088-9321, Vol. 1, No. 3, Januari 2018 (605-616). Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh.
- Hadasi, H. dan Affandi, F. 2013. *Pengaruh Bahan Tambah Berbahan Dasar Parafin Terhadap Campuran Beraspal Hangat*. Jurnal Jalan-Jembatan Vol. 30, No. 2, Agustus 2013 (112-126). Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Omari, I., dkk. 2016. *Investigation Of Two Warm Asphalt Additives*. International Journal of Pavement Research and Technology Vol.9, No.1, Februari 2016 (83-88). Queen's University, Canada.
- Raharjo, N. E. 2008. *Pengaruh Penggunaan Aspal Buton Sebagai Filler Campuran Split Mastic Asphalt Terhadap Karakteristik Marshall*. Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan ISSN : 18929-5797, Vol.17, No.1, Mei 2008 (39-60). Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Rahman, H. dan Zega, R., T. 2018. *Analisis Kesesuaian Model Modulus Aspal Dan Campuran Laston Lapis Aus Untuk Aspal Modifikasi Asbuton Murni*. Jurnal Teknik Sipil ISSN 0853-2982, Vol. 25, No. 1, April 2018 (71-80). Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Saleh, A. 2018. *Pengaruh Penggunaan Zeolit Alam Sebagai Filler Pada Campuran AC-BC Ditinjau Dari Nilai VITM*. Jurnal Teknik Sipil Siklus Vol. 4, No. 1, April 2018 (36-42). Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru.
- Suaryana, N. dan Kusniati, N. 2016. *Karakteristik Campuran Hangat Asbuton Dengan Bahan Tambah Berbasis Parafin*. Jurnal Jalan-Jembatan Vol. 33, No. 2, Juli-Desember 2016 (80-91). Pusat Litbang Jalan dan Jembatan, Bandung.
- Sugiyanto, G. 2008. *Kajian Karakteristik Campuran Hot Rolled Asphalt Akibat Penambahan Limbah Serbuk Ban Bekas*. Jurnal Teknik Sipil Vol. 8, No. 2, Februari 2008 (91-104). Fakultas Sains Dan Teknik UNSOED, Purwokerto.

- Tarmizi, dkk. 2018. *Pengaruh Substitusi Semen Portland Dan Fly Ash Batubara Pada Filler Abu Batu Terhadap Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*. Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala ISSN 2088-9321, Vol. 1, No. 3, Januari 2018 (749-760). Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala, Darussalam Banda Aceh.
- Wahjoedi. 2009. *Karakteristik Marshall Dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Pada Campuran Butonite Mastic Asphalt (BMA)*. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Vol. 11, No. 2, Juli 2009 (121-130). Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang (POLINES), Semarang.