

**SKRIPSI**

**KARAKTERISTIK CAMPURAN HANGAT (*WARM MIX*)  
PADA LAPIS PONDASI WMAC-BASE DENGAN  
PENAMBAHAN *ZEOLIT* DAN *WAX***



**SYANINDITA ADHALIA**

**03011381720009**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KARAKTERISTIK CAMPURAN HANGAT (*WARM MIX*)  
PADA LAPIS PONDASI WMAC-BASE DENGAN  
PENAMBAHAN *ZEOLIT* DAN *WAX***

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

Oleh:

**Syanindita Adhalia**

**03011381720009**

**Palembang, September 2019**

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I,



**Mirka Pataras, S.T., M.T.**

**NIP. 198112012008121001**



**Ratna Dewi, S.T., M.T.**

**NIP. 197406152000032001**

**Mengetahui/Menyetujui**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil,**



**Helmi Hakki, M.T.**

**NIP. 196107031991021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul “ Karakteristik Campuran Hangat (*Warm Mix*) pada Lapis Pondasi AC-Base dengan Penambahan *Zeolite* dan *Wax*” yang disusun oleh Syanindita Adhalia, NIM 03011381720009 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 22 Agustus 2019.

Palembang, Agustus 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. Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T.  
NIP. 197404071999032001

(  )

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

(  )

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil



H. Henni Hakki, M.T.

NIP. 196107031991021001

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Syanindita Adhalia

NIM : 03011381720009

Judul : Karakteristik Campuran Hangat (*Warm Mix*) pada Lapis Pondasi AC-Base dengan Penambahan *Zeolit* dan *Wax*

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.



Palembang, September 2019



Syanindita Adhalia

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syanindita Adhalia

NIM : 03011381720009

Judul : Karakteristik Campuran Hangat (*Warm Mix*) pada Lapis Pondasi AC-Base dengan Penambahan *Zeolit* dan *Wax*

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

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

**Palembang, September 2019**



**Syanindita Adhalia**

**NIM 03011381720009**

## RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Syanindita Adhalia  
Tempat Lahir : Palembang  
Tanggal Lahir : 18 April 1997  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Warga Negara : Indonesia  
Alamat : Jl. Mandi Api 1 No. 241 A RT 04 RW 04, Kelurahan 20 Iilir, Kecamatan Iilir Timur I, Kota Palembang, SumSel  
Alamat Tetap : Jl. Mandi Api 1 No. 241 A RT 04 RW 04, Kelurahan 20 Iilir, Kecamatan Iilir Timur I, Kota Palembang, SumSel  
Nama Orang Tua : Drs. Deddy Wahyudi  
Dra. Lies Nur Intan, M.Si  
Alamat Orang Tua : Jl. Mandi Api 1 No. 241 A RT 04 RW 04, Kelurahan 20 Iilir, Kecamatan Iilir Timur I, Kota Palembang, SumSel  
No. HP : 082282119052  
E-mail : syaninditadhalia@gmail.com  
Riwayat Pendidikan :

<b>Nama Sekolah</b>	<b>Fakultas</b>	<b>Jurusan</b>	<b>Pendidikan</b>	<b>Masa</b>
SD Yayasan IBA Kota Palembang	-	-	-	2002-2008
SMP Xaverius 1 Kota Palembang	-	-	-	2008-2011
SMA Xaverius 1 Kota Palembang	-	IPA	-	2011-2014
Politeknik Negeri Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	D-3	2014-2017
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S-1	2017-2019

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Syanindita Adhalia  
NIM. 03011381720009

## RINGKASAN

### KARAKTERISTIK CAMPURAN HANGAT (*WARM MIX*) PADA LAPIS PONDASI AC-BASE DENGAN PENAMBAHAN *ZEOLIT* DAN *WAX*

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 22 Agustus 2019

Syanindita Adhalia; Dibimbing oleh Mirka Pataras dan Ratna Dewi

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xviii + 76 halaman, 29 gambar, 31 tabel, 10 lampiran

Permasalahan yang paling sering terjadi pada perkerasan jalan adalah kerusakan lapisan jalan akibat peningkatan volume ataupun beban lalu lintas yang berlebihan. Perkerasan jalan yang biasa digunakan berupa campuran beraspal hangat yang mengakibatkan dampak buruk terhadap lingkungan. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut ialah menggunakan alternatif campuran perkerasan jalan yang memiliki daya tahan atau stabilitas yang tinggi terhadap beban lalu lintas. *Warm Mix Asphalt* adalah jenis campuran yang memaksimalkan penggunaan campuran agregat dan aspal dengan suhu campuran yang lebih rendah. Dalam penurunan suhu, campuran WMA dapat dilakukan dengan penambahan bahan aditif berupa *Zeolite* dan *Wax*. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan antara campuran WMA dengan penambahan *Zeolite* dan *Wax* berdasarkan parameter *Marshall*. Dari hasil pengujian didapatkan nilai KAO campuran WMA dengan penambahan *Zeolite* 5,5%, dan campuran WMA dengan penambahan *Wax* 5,625%. Menganalisa dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa campuran dengan penambahan *wax* memiliki stabilitas yang paling besar dengan jumlah aspal yang digunakan lebih banyak. Campuran dengan bahan tambah *zeolit* memiliki keunggulan penggunaan aspal yang lebih hemat dengan nilai stabilitas yang didapatkan hanya selisih 31,6 kg dari campuran aspal dan *wax*. Maka penambahan 5,625% *wax* pada aspal dapat direkomendasikan sebagai variasi yang efektif dalam campuran beraspal hangat.

**Kata kunci:** Perkerasan Jalan, *Warm Mix Asphalt*, *Zeolit*, *Wax*, *Marshall*.

# KARAKTERISTIK CAMPURAN HANGAT (*WARM MIX*) PADA LAPIS PONDASI WMAC-BASE DENGAN PENAMBAHAN *ZEOLIT* DAN *WAX*

Syanindita Adhalia<sup>1</sup>, Mirka Pataras<sup>2</sup>, Ratna Dewi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan

<sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan

## ABSTRAK

Permasalahan yang paling sering terjadi pada perkerasan jalan adalah kerusakan lapisan jalan akibat peningkatan volume ataupun beban lalu lintas yang berlebihan. Perkerasan jalan yang biasa digunakan berupa campuran beraspal hangat yang mengakibatkan dampak buruk terhadap lingkungan. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut ialah menggunakan alternatif campuran perkerasan jalan yang memiliki daya tahan atau stabilitas yang tinggi terhadap beban lalu lintas. *Warm Mix Asphalt* adalah jenis campuran yang memaksimalkan penggunaan campuran agregat dan aspal dengan suhu campuran yang lebih rendah. Dalam penurunan suhu, campuran WMA dapat dilakukan dengan penambahan bahan aditif berupa *Zeolite* dan *Wax*. Pada penelitian ini akan dilakukan perbandingan antara campuran WMA dengan penambahan *Zeolite* dan *Wax* berdasarkan parameter *Marshall*. Dari hasil pengujian didapatkan nilai KAO campuran WMA dengan penambahan *Zeolite* 5,5%, dan campuran WMA dengan penambahan *Wax* 5,625%. Menganalisa dari perbandingan tersebut, dapat disimpulkan bahwa campuran dengan penambahan *wax* memiliki stabilitas yang paling besar dengan jumlah aspal yang digunakan lebih banyak. Campuran dengan bahan tambah *zeolit* memiliki keunggulan penggunaan aspal yang lebih hemat dengan nilai stabilitas yang didapatkan hanya selisih 31,6 kg dari campuran aspal dan *wax*. Maka penambahan 5,625% *wax* pada aspal dapat direkomendasikan sebagai variasi yang efektif dalam campuran beraspal hangat.

**Kata kunci:** Perkerasan Jalan, *Warm Mix Asphalt*, *Zeolit*, *Wax*, *Marshall*.

Palembang, September 2019  
Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing I,



Mirka Pataras, S.T., M.T.

NIP. 198112012008121001

Dosen Pembimbing II,



Ratna Dewi, S.T., M.T.

NIP. 197406152000032001

Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil



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



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dihaturkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya beserta Nabi Muhammad SAW sebagai pedoman hidup manusia di dunia sehingga dapat diselesaikannya laporan tugas akhir yang berjudul Karakteristik Campuran Hangat (*Warm Mix*) pada Lapis Pondasi AC-Base dengan Penambahan Zeolit dan Wax. 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. Bapak 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. Bapak Edi Kadarsa, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan nasihat dan arahan yang sangat membantu selama masa perkuliahan.
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. Mama Inung dan Papa Iwan, sebagai *support system* yang memberikan sumber semangat dan juga 'uang jajan'.
9. *Aspal Sachet W-M-A*, Willy Mario Awang, rekan satu tim penelitian yang terus memberikan ide cemerlang dan tawa tiada henti selama proses pengerjaan tugas akhir.

10. Teta Hoiriah, sahabat terbaik, dan juga teman teman *Goyang Shopee* yang terus memberikan dukungan selama pengerjaan tugas akhir.
11. Teman-teman angkatan 2017, dan seluruh kakak dan adik tingkat Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
12. 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, Agustus 2019

Syanindita Adhalia

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
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 .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Ruang Lingkup Penulisan.....	3
1.5. Metode Pengumpulan Data .....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Penelitian Terdahulu .....	6
2.2. Perkerasan Jalan.....	7
2.3. Jenis Perkerasan Jalan .....	8
2.4. Lapis Aspal Beton atau AC ( <i>Asphalt Concrete</i> ).....	10
2.5. Material Penyusun Laston (AC) .....	12

2.5.1. Agregat .....	12
2.5.2. Aspal.....	15
2.6. Bahan Aditif.....	17
2.7. Campuran Aspal Hangat ( <i>Warm Mix Asphalt</i> ).....	21
2.8. Uji Marshall ( <i>Marshall Test</i> ).....	23
BAB III. METOLOGI PENELITIAN .....	27
3.1. Uraian Umum .....	27
3.2. Studi Literatur .....	28
3.3. Persiapan Penelitian .....	28
3.3.1. Persiapan Bahan Penelitian.....	28
3.3.2. Persiapan Alat Penelitian .....	28
3.4. Pengujian Laboratorium .....	29
3.5. <i>Design Mix Formula</i> dan <i>Job Mix Formula</i> .....	31
3.6. Pembuatan Benda Uji.....	32
3.7. Pengujian Marshall .....	32
3.8. Analisis Hasil Pengujian .....	33
3.9. Kesimpulan dan Saran.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	34
4.1. Hasil Pengujian Agregat.....	34
4.1.1. Hasil Pengujian Agregat Kasar .....	34
4.1.2. Hasil Pengujian Agregat Halus .....	35
4.2. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat .....	37
4.3. Komposisi Agregat pada Campuran Laston.....	37
4.4. Hasil Pengujian Aspal .....	44
4.5. Perhitungan Kadar Aspal Rencana .....	46
4.6. Pengujian Marshall ( <i>Marshall Test</i> ) .....	50
4.6.1. Hasil Uji Marshall Campuran WMAC-Base dengan <i>Zeolite</i> .....	50
4.6.2. Grafik Marshall Campuran WMAC-Base dengan <i>Zeolite</i> .....	51
4.6.3. Hasil Uji Marshall Campuran WMAC-Base dengan <i>Wax</i> .....	57
4.6.4. Grafik Marshall Campuran WMAC-Base dengan <i>Wax</i> .....	57

4.7. Hasil Parameter Marshall terhadap Nilai KAO .....	63
BAB V PENUTUP .....	75
5.1. Kesimpulan .....	75
5.2. Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA .....	77
LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
2.1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston .....	12
2.2. Ketentuan Agregat Kasar .....	13
2.3. Ketentuan Agregat Halus .....	14
2.4. Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal .....	15
2.5. Ketentuan Viskositas Campuran Beraspal Hangat untuk Pencampuran dan Pematatan.....	17
2.6. Sifat Bahan Tambah <i>Zeolite</i> untuk Campuran Beraspal Hangat .....	19
2.7. Ketentuan Aspal Pen. 60-70 – <i>Wax</i> .....	20
3.1. Jumlah Sampel Benda Uji untuk <i>Marshall Test</i> .....	32
4.1. Hasil Pengujian Agregat Kasar .....	34
4.2. Hasil Pengujian Abu Batu .....	35
4.3. Hasil Pengujian Pasir .....	36
4.4. Hasil Pengujian <i>Filler</i> .....	36
4.5. Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat .....	37
4.6. Komposisi Gradasi Agregat pada Campuran Laston .....	38
4.7. Komposisi Gradasi Agregat yang dipakai dalam Perhitungan <i>Gauss Jordan</i> .....	39
4.8. Rekapitulasi Persen Komposisi pada Campuran Laston Lapis Pondasi (Ac-Base) per Fraksi Agregat .....	42
4.9. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Standar Penetrasi 6070.....	43
4.10. Hasil Pengujian Karakteristik Campuran Aspal Penetrasi 60/70 dan 1% <i>Wax</i> .....	45
4.11. Hasil Pengujian Karakteristik Campuran Aspal Penetrasi 60/70 dan 2% <i>Wax</i> .....	46
4.12. Spesifikasi Gradasi Agregat <i>AC-Base</i> .....	48
4.13. Tabulasi Perhitungan dengan Metode Bina Marga (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018) .....	48
4.14. Kadar Aspal Rencana Campuran Laston <i>AC-Base</i> .....	50
4.15. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran <i>WMAC-Base</i> dengan	

<i>Zeolite</i> .....	51
4.16. Kadar Aspal Optimum WMAC-Base dengan <i>Zeolite</i> .....	56
4.17. Hasil Uji <i>Marshall</i> Campuran WMAC-Base dengan <i>Wax</i> .....	57
4.18. Kadar Aspal Optimum WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	62
4.19. Persamaan untuk setiap Nilai Parameter <i>Marshall</i> .....	63
4.20. Hasil Uji <i>Marshall</i> terhadap KAO Campuran WMAC-Base dengan <i>Zeolite</i> .....	64
4.21. Persamaan untuk setiap Nilai Parameter <i>Marshall</i>	
4.22. Hasil Uji <i>Marshall</i> terhadap KAO Campuran WMAC-Base dengan <i>Wax</i> .....	65
4.23. Perbandingan Hasil <i>Marshall</i> Kedua Campuran terhadap nilai KAO.....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Penyaluran Beban Lapisan Perkerasan .....	8
2.2. Struktur Perkerasan Lentur .....	9
2.3. Struktur Perkerasan Kaku .....	9
2.4. Struktur Perkerasan Komposit .....	10
2.5. Lapis Aspal Beton (Laston) .....	11
2.6. Alat Uji <i>Marshall</i> .....	23
3.1. Diagram Alir Penelitian .....	27
3.2. Proses Pengujian Bahan Aditif <i>Zeolite</i> .....	30
3.3. Proses Pengujian <i>Wax</i> .....	31
4.1. Grafik Titik Kontrol Gradasi Campuran .....	43
4.2. VIM Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> .....	51
4.3. VMA Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> .....	52
4.4. VFA Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> .....	53
4.5. Stabilitas Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> .....	54
4.6. Kelelehan (Flow) Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> .....	54
4.7. Marshall Quotient Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> .....	55
4.8. VIM Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	58
4.9. VMA Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	59
4.10. VFA Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	60
4.11. Stabilitas Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	60
4.12. Kelelehan (Flow) Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	61
4.13. Marshall Quotient Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	62
4.14. Perbandingan Nilai KAO Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> dengan Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	67
4.15. Perbandingan Nilai Stabilitas Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> dengan Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	68
4.16. Perbandingan Nilai Kelelehan Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> dengan Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	69



4.17. Perbandingan Nilai <i>Marshall Quotient</i> Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> dengan Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	70
4.18. Perbandingan Nilai VIM Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> dengan Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	71
4.19. Perbandingan Nilai VFA Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> dengan Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	72
4.20. Perbandingan Nilai VMA Campuran WMAC-Base dan <i>Zeolite</i> dengan Campuran WMAC-Base dan <i>Wax</i> .....	73

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran

1. Penjabaran Perhitungan Matriks Gauss Jordan .....
2. Pengujian Agregat.....
3. Pengujian Aspal .....
4. Pengujian Bahan Aditif – Zeolite .....
5. Pembuatan Benda Uji.....
6. Pengujian Marshall .....
7. Hasil Pengujian Agregat.....
8. Hasil Pengujian Aspal .....
9. Hasil Pengujian Marshall .....
10. Dokumen Surat-surat .....

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Iklm tropis dan beban lalu lintas yang meningkat di Indonesia memberikan sumbangan kerusakan yang sangat cepat pada perkerasan jalan di Indonesia. Salah satu penyebab utama adalah rendahnya daya tahan lapisan perkerasan dalam menerima beban lalu lintas yang sering dihubungkan dengan ketahanan terhadap deformasi permanen (*rutting*), oleh karena itu diperlukan campuran perkerasan yang bersifat fleksibel dengan stabilitas dan durabilitas tinggi, tidak peka terhadap cuaca panas, tahan oksidasi, tahan terhadap rembesan air hujan, dan aman bagi lingkungan. Salah satu upaya untuk menekan penggunaan bahan bakar dan emisi buang ialah dengan membuat campuran beraspal yang temperatur pencampurannya lebih rendah dari yang umum saat ini, yang dikenal dengan campuran beraspal hangat (Widyantara, 2018).

Sebagaimana diketahui, perkerasan jalan di Indonesia pada umumnya menggunakan campuran aspal panas atau yang biasa disebut dengan *Hot Mix Asphalt* (HMA). Teknologi campuran tersebut digunakan karena hasil akhir pencampurannya memenuhi syarat perkerasan jalan. Akan tetapi, dibalik keberhasilan perkerasan jalan yang dilakukan, *Hot Mix Asphalt* ternyata membutuhkan energi yang besar dan memiliki dampak negatif bagi lingkungan. Oleh karena itu, negara-negara maju bagian Amerika Serikat, Eropa dan Afrika telah menggunakan teknologi campuran aspal yang lain seperti campuran aspal hangat atau yang biasa disebut dengan *Warm Mix Asphalt* (WMA).

*Warm Mix Asphalt* merupakan teknologi yang memungkinkan pencampuran dengan penggunaan suhu yang lebih rendah. Campuran ini memiliki kelebihan seperti mengurangi penggunaan bahan bakar dan emisi, serta dalam suhu 30-40° lebih rendah dari campuran aspal hangat. Melihat kondisi lingkungan Indonesia yang beriklim tropis, *Warm Mix Asphalt* dapat menjadi pilihan untuk diterapkan dalam perkerasan jalan. Adapun dalam pelaksanaannya, salah satu teknik untuk menurunkan suhu campurannya adalah dengan penambahan zat adiktif. Bahan-bahan adiktif yang dapat digunakan antara lain adalah *zeolite* dan *wax*. *Zeolite*

mempunyai sifat mudah menyerap air dan melepaskannya bila kena panas, sehingga diharapkan dengan memanfaatkan air yang dikandungnya, bisa untuk memperbesar volume aspal sewaktu pencampuran dan pemadatan serta memudahkan tingkat pengerjaannya. *Zeolite* memberikan efek busa pada aspal dan akan menjadikan aspal mudah menyelimuti agregat secara merata pada temperatur yang lebih rendah sehingga proses pencampuran dan pemadatan campuran beraspal dapat dilakukan pada temperatur yang lebih rendah dibandingkan campuran beraspal panas. Sedangkan penambahan *wax* sebagai pengikat pada aspal akan memberikan pengaruh pada kinerja campuran pada suhu rendah. Pelaksanaan *Warm Mix Asphalt* ini sendiri dilakukan berdasarkan spesifikasi terbaru dari Bina Marga tahun 2018, yang dapat diterapkan pada salah satu lapis aspal beton atau *Asphalt Concrete (AC)*.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka akan dilaksanakan penelitian terhadap penggunaan rangkaian zat adiktif berupa *zeolite* dan *wax* dalam *Warm Mix Asphalt (WMA)* yang dilakukan dengan beberapa tahap pengujian di laboratorium. Penelitian ini bermaksud untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) dari masing-masing sample yang diteliti serta mengecek apakah dapat memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Adapun judul dari penelitian ini adalah “ **Karakteristik Campuran Hangat (*Warm Mix*) Lapis Pondasi (WMA-C-BASE) dengan Penambahan *Zeolite* dan *Wax* ”. Hipotesa dari penelitian yang akan dilakukan adalah penambahan *zeolite* dan *wax* akan mempengaruhi dan meningkatkan nilai karakteristik (stabilitas, durabilitas, tahanan geser, kedap air, kelenturan, *workability* dan *fatigue resistance*) campuran hangat yang lebih baik. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi dalam penerapan teknologi *Warm Mix Asphalt* pada perkerasan jalan di Indonesia.**

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik campuran hangat (*Warm Mix*) apabila dilakukan penambahan bahan adiktif *Zeolite* dan *Wax*?

2. Bagaimana perbandingan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) antara campuran hangat (*Warm Mix*) menggunakan bahan adiktif *Zeolite* dan *Wax*?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis karakteristik campuran hangat (*Warm Mix*) dengan penambahan bahan adiktif *Zeolite* dan *Wax*.
2. Menganalisis perbandingan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) antara campuran hangat (*Warm Mix*) dengan penggunaan bahan adiktif *Zeolite* dan *Wax*.

### 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian tentang karakteristik campuran hangat (*warm mix*) lapis pondasi (*wmac-base*) dengan penambahan *zeolite* dan *wax* adalah sebagai berikut:

1. Penelitian akan dilakukan pada skala laboratorium.
2. Bahan pengikat yang digunakan dalam penelitian ini adalah adalah aspal penetrasi 60/70 dari PT. Bintang Selatan Agung Palembang.
3. Persyaratan mengenai spesifikasi agregat kasar, agregat halus, *filler*, serta proses pengujian material mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Seksi 6.3,
4. Material agregat kasar dan agregat halus yang akan digunakan dalam penelitian diambil dari PT. Bintang Selatan Agung Palembang,
5. *Filler* yang akan digunakan adalah abu batu,
6. Pembuatan sampel menggunakan campuran aspal hangat (*Warm Mix Asphalt*),
7. Proses pencampuran, pengujian material dan pembuatan benda uji dilaksanakan sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Seksi 6.3,
8. Bahan adiktif yang ditambahkan pada saat proses pencampuran adalah *Zeolite* dan *Wax*,

9. Penentuan komposisi agregat dalam campuran aspal (*Job Mix Formula*) menggunakan metode numerik, yaitu dengan sistem persamaan linier metode Eliminasi *Gauss Jordan*,
10. Metode pengujian yang digunakan pada penelitian yang dilaksanakan untuk campuran *Warm Mix Asphalt* ini adalah metode *Marshall*.

### **1.5. Metode Pengumpulan Data**

Pada penelitian ini, data-data diperoleh dengan menggunakan dua cara, yaitu sebagai berikut:

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

Data primer adalah data yang didapatkan secara langsung dari objek penelitian. Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah data yang didapatkan dari pengamatan di lapangan dan percobaan langsung di laboratorium mengenai karakteristik agregat, aspal minyak penetrasi 60/70, dan pengujian campuran aspal dengan metode *Marshall*.

#### **2. Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang didapatkan oleh peneliti secara tidak langsung dari objek penelitian, baik berupa lisan ataupun tulisan. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah kajian literatur mengenai hal-hal yang berkaitan dengan topik bahasan penelitian. Adapun data sekunder tersebut yaitu buku, jurnal, peraturan, dan standar pengujian yang berkaitan dengan penelitian.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan untuk mempermudah dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah:

#### **1. PENDAHULUAN**

Pada bab ini, pembahasan mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data, dan sistematika penulisan dari penelitian yang akan dilakukan.

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini ditujukan untuk membahas kajian literatur yang berisikan tentang informasi teori-teori dasar yang menjadi landasan penelitian seperti konstruksi perkerasan jalan, material penyusun perkerasan jalan, kriteria campuran *Warm Mix Asphalt* berdasarkan spesifikasi umum Bina Marga 2018, prosedur pengujian di laboratorium, dan rencana pengujian *Marshall*.

## **3. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai metode penelitian, urutan rencana penelitian melalui diagram alur penelitian, material dan alat-alat yang digunakan, pengujian material di laboratorium, perencanaan campuran, pembuatan sampel, pengujian menggunakan metode *Marshall*, analisa pengujian, serta kesimpulan dan saran.

## **4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas hasil dari penelitian dan pengolahan data yang telah dilakukan selama di laboratorium.

## **5. PENUTUP**

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.

## **6. DAFTAR PUSTAKA**

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

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminsyah, M. 2012. *Pengaruh Kepipihan dan Kelonjongan Agregat terhadap Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Jurnal Rekayasa Sipil Vol 6, No. 1, Tahun 2012 (23-36). Universitas Andalas.
- Handayani, Ani Tjitra. 2015. *Ketahanan Deformasi Campuran Beraspal Hangat Aspal Modifikasi Dengan Bahan Aditif Zeolit Alam*. Skripsi. STTNAS Yogyakarta.
- Maha, Indra, Bambang Sugeng, dan Furqon Affendi. 2015. *Kinerja Campuran Beraspal Hanga Laston Lapis Pengikat (AC-BC) dengan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*. Jurnal Teknik Sipil Vol.22, No.1, Tahun 2015 (57-65). Institut Teknologi Bandung.
- Purwanto, Eka Hadi. 2014. *Pengaruh Penambahan Sasobit pada Warm Mix Asphalt terhadap Mutu Campuran Beraspal*. Jurnal Karya Teknik Sipil Vol. 3, No.1, Tahun 2014 (93-104). Universitas Diponegoro.
- Siregar, Andry F. 2016. *Pengaruh Penggunaan Aditif Zeolit Pada Warm Mix Asphalt Terhadap Mutu Campuran Beraspal Di Laboratorium*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Sistra, Mawid Dwi, Ary Setyawan, dan Djoko Sarwono. 2016. *Analisa Karakteristik Modifikasi Aspal Penetrasi 60/70 dengan Ethylene Vinyl Acetate (ECA)*. Jurnal Online Matriks Teknik Sipil Vol.4, No.1, Tahun 2016 (120-127). Universitas Sebelas Maret.
- Syahrul. 2012. *Perkerasan Campuran Aspal Beton (AC-Base) dengan Material Lokal Kutai Kartanegara*. Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan Vol.14, No.2, Tahun 2012 (111-120). Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.



- Thanaya, I Nyoman Arya. 2016. *Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks*. Media Komunikasi Teknik Sipil Vol.22, No.2, Tahun 2016 (77-86). Universitas Udayana.
- Wirahaji, Ida Bagus. 2012. *Analisis Kadar Aspal Optimum Laston Lapis Aus Pada Ruas Jalan Simpang Sakah – Simpang Blahbatuh (Studi Kasus Paket Pemeliharaan Berkala Jalan Tahun Anggaran 2011)*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol.16, No.2, Tahun 2012 (117-131). Universitas Hindu Indonesia.
- Wong, Irwan L.K. 2013. *Studi Perbandingan Perkerasan Jalan Lentur Metode Bina Marga Dan Aastho Dengan Menggunakan Uji Dynamic Cone Penetration (Ruas Jalan Bungku - Funuasingko Kabupaten Morowali*. Konferensi Nasional Teknik Sipil, Oktober 2013 (45-46). Universitas Sebelas Maret.