

# **TUGAS AKHIR**

## **PENGARUH VARIASI ASPAL (ASPAL MINYAK, ASPAL BUTON, DAN ASPAL KARET) TERHADAP *FLEXIBLE PAVEMENT WARM MIX LASTON AC-BC* MENGUNAKAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM* *ASH* PLTU BANJARSARI**

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



**MUHAMMAD ANDHIKA AL GIFARRY**

**03011381722111**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI ASPAL (ASPAL MINYAK, ASPAL BUTON, DAN ASPAL KARET) TERHADAP *FLEXIBLE PAVEMENT WARM MIX* LASTON AC-BC MENGGUNAKAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU BANJARSARI

## TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik

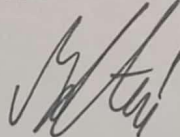
Oleh :

MUHAMMAD ANDHIKA AL GIFARRY  
03011381722111

Palembang, Mei 2023

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing



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

NIP. 198112012008121001

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

NIP. 197610312002122001

## KATA PENGANTAR

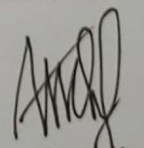
Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT. karena atas rahmat dan hidayah serta pertolongan-Nya lah penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Aspal (Aspal Minyak, Aspal Buton, dan Aspal Karet) Terhadap *Flexible Pavement Warm Mix* Laston AC-BC Menggunakan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari” Pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak - pihak terkait yang telah membantu dalam penulisan laporan tugas akhir ini, diantaranya:

1. Kedua orang tua dan adik yang telah memberikan *support* dan doa kepada penulis
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya
3. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknk Universitas Sriwijaya
4. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya dan Ibu Dr. Mona Foralisa Toyfur, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Mirka Pataras, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing
6. Dr. Ir. Hanafiah, M.S., selaku dosen pembimbing akademik
7. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya
8. Seluruh teman-teman Teknik Sipil angkatan 2017 yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Penulis menyadari laporan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis berharap akan kritik dan saran yang membangun.

Palembang,

September 2021



Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xv
RINGKASAN.....	xx
SUMMARY.....	xxi
ABSTRAK.....	xxii
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xxiv
HALAMAN PERSETUJUAN.....	xxv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xxvi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5. Rencana Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Jenis-Jenis Perkerasan Jalan.....	8
2.3 Lapisan AC-BC ( <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i> ).....	10
2.4 Bahan Aditif.....	10
2.5 Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	13
2.5.1 Limbah <i>Fly Ash</i> .....	13
2.5.2 Limbah <i>Bottom Ash</i> .....	14

2.6	<i>Warm Mix Asphalt</i> .....	14
2.7	Aspal.....	15
2.7.1	Aspal Minyak.....	15
2.7.2	Aspal Karet.....	16
2.7.3	Aspal Buton.....	16
2.8	Pengujian <i>Marshall</i> .....	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		19
3.1	Umum.....	19
3.2	Studi Literatur dan Lapangan.....	19
3.3	Persiapan Material dan Alat.....	21
3.3.1	Persiapan Material.....	21
3.3.2	Persiapan Alat.....	21
3.4	Pengujian Material.....	23
3.5	<i>Design Mix Formula (DMF)</i> .....	25
3.6	Job Mix Formula (JMF).....	25
3.7	Pembuatan Benda Uji.....	25
3.8	Pengujian <i>Marshall</i> .....	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		28
4.1	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat.....	28
4.2	Perbandingan Karakteristik Bahan Standar dan Pengganti.....	33
4.3	Hasil Pengujian Karakteristik Aspal.....	34
4.4	Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Aditif.....	39
4.5	Hasil Pengujian XRF ( <i>X-Ray Fluoresence</i> ).....	40
4.6	Hasil Pengujian Viskositas Aspal.....	41
4.6.1	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Minyak.....	41
4.6.2	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> 1%....	42
4.6.3	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> 2%....	42
4.6.4	Perbandingan Nilai Viskositas Kinematik Aspal Minyak.....	43
4.6.5	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Buton.....	43
4.6.6	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Buton dengan <i>Wax</i> 1%....	44

4.6.7	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Buton dengan <i>Wax</i> 2%.....	44
4.6.8	Perbandingan Nilai Viskositas Kinematik Aspal Buton.....	45
4.6.9	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Karet.....	45
4.6.10	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Karet dengan <i>Wax</i> 1%.....	46
4.6.11	Hasil Pengujian Viskositas Aspal Karet dengan <i>Wax</i> 2%.....	46
4.6.12	Perbandingan Nilai Viskositas Kinematik Aspal Karet.....	47
4.7	Perhitungan Kadar Aspal Rencana ( <i>Design Mix Formula</i> ).....	47
4.8	<i>Job Mix Formula</i> .....	51
4.8.1	Campuran Beraspal Hangat dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> /Zeolit.....	51
4.8.2	Campuran Beraspal Hangat dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> /Zeolit dan Penggunaan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> Sebagai Pengganti Filler dan Agregat Halus(Pasir).....	55
4.9	Pembuatan Benda Uji.....	58
4.10	Pengujian <i>Marshall</i> .....	59
4.10.1	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	59
4.10.2	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	65
4.10.3	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	70
4.10.4	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	76
4.10.5	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	82

4.10.6	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	87
4.10.7	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	93
4.10.8	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	98
4.10.9	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	104
4.10.10	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	110
4.10.11	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	115
4.10.12	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	121
4.10.13	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Berdasarkan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).....	127
4.11	Pembahasan.....	134
4.11.1	Komparasi Parameter <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	135
4.11.2	Komparasi Parameter <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	141
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		148
5.1	Kesimpulan.....	148
5.2	Saran.....	150

Daftar Pustaka.....	151
Lampiran.....	



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Lapisan Perkerasan Lentur.....	9
Gambar 2.2 Lapisan Perkerasan Kaku.....	9
Gambar 2.3 Lapisan Perkerasan Komposit.....	10
Gambar 2.4 Zeolit Alam.....	12
Gambar 2.5 Zeolit Sintetis.....	12
Gambar 2.6 <i>Wax</i> .....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Minyak.....	41
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Minyak - Wax 1%...42	42
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Minyak - Wax 2%...42	42
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Nilai Viskositas Aspal Minyak.....	43
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Buton.....	43
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Buton - Wax 1%...44	44
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Buton - Wax 2%...44	44
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Nilai Viskositas Aspal Buton.....	45
Gambar 4.9 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Karet.....	45
Gambar 4.10 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Karet - Wax 1%...46	46
Gambar 4.11 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Karet - Wax 2%...46	46
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Nilai Viskositas Aspal Karet.....	47
Gambar 4.13 Grafik Gradasi Campuran Standar Dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> /Zeolit.....	54
Gambar 4.14 Grafik Gradasi Campuran Standar Dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> /Zeolit dan Penggunaan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> Sebagai Pengganti <i>Filler</i> dan Agregat Halus .....	58
Gambar 4.15 Grafik VMA Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> .....	61
Gambar 4.16 Grafik VFA Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> .....	61
Gambar 4.17 Grafik VIM Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> .....	62
Gambar 4.18 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> .....	63

Gambar 4.19 Grafik Kelelehan Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> .....	63
Gambar 4.20 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> ..	64
Gambar 4.21 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> .....	64
Gambar 4.22 Grafik VMA Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit.....	66
Gambar 4.23 Grafik VFA Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit.....	67
Gambar 4.24 Grafik VIM Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit.....	68
Gambar 4.25 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit.....	68
Gambar 4.26 Grafik Kelelehan Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit.....	69
Gambar 4.27 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit.....	69
Gambar 4.28 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit.....	70
Gambar 4.29 Grafik VMA Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	72
Gambar 4.30 Grafik VFA Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	73
Gambar 4.31 Grafik VIM Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	73
Gambar 4.32 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	74
Gambar 4.33 Grafik Kelelehan Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	74
Gambar 4.34 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	75
Gambar 4.35 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Minyak dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	76
Gambar 4.36 Grafik VMA Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	78
Gambar 4.37 Grafik VFA Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	78

Gambar 4.38 Grafik VIM Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	79
Gambar 4.39 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	80
Gambar 4.40 Grafik Kelelehan Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	80
Gambar 4.41 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	81
Gambar 4.42 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Minyak dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	82
Gambar 4.43 Grafik VMA Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> .....	84
Gambar 4.44 Grafik VFA Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> .....	84
Gambar 4.45 Grafik VIM Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> .....	85
Gambar 4.46 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> .....	85
Gambar 4.47 Grafik Kelelehan Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> .....	86
Gambar 4.48 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> ...	86
Gambar 4.49 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> .....	87
Gambar 4.50 Grafik VMA Campuran Aspal Buton dengan Zeolit.....	89
Gambar 4.51 Grafik VFA Campuran Aspal Buton dengan Zeolit.....	89
Gambar 4.52 Grafik VIM Campuran Aspal Buton dengan Zeolit.....	90
Gambar 4.53 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Buton dengan Zeolit.....	90
Gambar 4.54 Grafik Kelelehan Campuran Aspal Buton dengan Zeolit.....	91
Gambar 4.55 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Campuran Aspal Buton dengan Zeolit..	91
Gambar 4.56 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Buton dengan Zeolit.....	92
Gambar 4.57 Grafik VMA Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	94
Gambar 4.58 Grafik VFA Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	94
Gambar 4.59 Grafik VMA Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	95

Gambar 4.60 Grafik Stabilitas Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	96
Gambar 4.61 Grafik Kelelahan Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	96
Gambar 4.62 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Aspal Buton dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	97
Gambar 4.63 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Buton dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	98
Gambar 4.64 Grafik VMA Aspal Buton dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	100
Gambar 4.65 Grafik VFA Aspal Buton dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	100
Gambar 4.66 Grafik VIM Aspal Buton dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	101
Gambar 4.67 Grafik Stabilitas Aspal Buton dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	102
Gambar 4.68 Grafik Kelelahan Aspal Buton dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	102
Gambar 4.69 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Aspal Buton dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	103
Gambar 4.70 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Buton dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	104
Gambar 4.71 Grafik VMA Aspal Karet dengan <i>Wax</i> .....	106
Gambar 4.72 Grafik VFA Aspal Karet dengan <i>Wax</i> .....	106
Gambar 4.73 Grafik VIM Aspal Karet dengan <i>Wax</i> .....	107
Gambar 4.74 Grafik Stabilitas Aspal Karet dengan <i>Wax</i> .....	107
Gambar 4.75 Grafik Kelelahan Aspal Karet dengan <i>Wax</i> .....	108
Gambar 4.76 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Aspal Karet dengan <i>Wax</i> .....	108
Gambar 4.77 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Karet dengan <i>Wax</i> .....	109
Gambar 4.78 Grafik VMA Aspal Karet dengan Zeolit.....	111
Gambar 4.79 Grafik VFA Aspal Karet dengan Zeolit.....	112

Gambar 4.80 Grafik VIM Aspal Karet dengan Zeolit.....	112
Gambar 4.81 Grafik Stabilitas Aspal Karet dengan Zeolit.....	113
Gambar 4.82 Grafik Kelelahan Aspal Karet dengan Zeolit.....	113
Gambar 4.83 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Aspal Karet dengan Zeolit.....	114
Gambar 4.84 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Karet dengan Zeolit.....	115
Gambar 4.85 Grafik VMA Aspal Karet dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	117
Gambar 4.86 Grafik VFA Aspal Karet dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	117
Gambar 4.87 Grafik VIM Aspal Karet dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	118
Gambar 4.88 Grafik Stabilitas Aspal Karet dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	119
Gambar 4.89 Grafik Kelelahan Aspal Karet dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	119
Gambar 4.90 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Aspal Karet dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	120
Gambar 4.91 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Karet dengan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	121
Gambar 4.92 Grafik VMA Aspal Karet dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	123
Gambar 4.93 Grafik VFA Aspal Karet dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	123
Gambar 4.94 Grafik VIM Aspal Karet dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	124
Gambar 4.95 Grafik Stabilitas Aspal Karet dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	125
Gambar 4.96 Grafik Kelelahan Aspal Karet dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	125
Gambar 4.97 Grafik <i>Marshall Quotient</i> Aspal Karet dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	126

Gambar 4.98 Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal Karet dengan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash dan Bottom Ash</i> .....	127
Gambar 4.99 Grafik Perbandingan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	135
Gambar 4.100 Grafik Perbandingan Nilai <i>Void in Mineral Aggregate</i> (VMA) Campuran dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	136
Gambar 4.101 Grafik Perbandingan Nilai <i>Void filled with asphalt</i> (VFA) Campuran dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	137
Gambar 4.102 Grafik Perbandingan Nilai <i>Void in mixture</i> (VIM) Campuran dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	138
Gambar 4.103 Grafik Perbandingan Nilai Stabilitas Campuran dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	139
Gambar 4.104 Grafik Perbandingan Nilai Kelelehan ( <i>Flow</i> ) Campuran dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	140
Gambar 4.105 Grafik Perbandingan Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ) Campuran dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	141
Gambar 4.106 Grafik Perbandingan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	142
Gambar 4.107 Grafik Perbandingan Nilai <i>Void in Mineral Aggregate</i> (VMA) Campuran dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	143
Gambar 4.108 Grafik Perbandingan Nilai <i>Void filled with asphalt</i> (VFA) Campuran dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	144
Gambar 4.109 Grafik Perbandingan Nilai <i>Void in mixture</i> (VIM) Campuran dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	144
Gambar 4.110 Grafik Perbandingan Nilai Stabilitas Campuran dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	145
Gambar 4.111 Grafik Perbandingan Nilai Kelelehan ( <i>Flow</i> ) Campuran dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	146
Gambar 4.112 Grafik Perbandingan Nilai <i>Marshall Quotient</i> (MQ) Campuran dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	147

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Sifat Bahan Tambah Zeolit untuk Campuran Beraspal Hangat.....	11
Tabel 3.1 Jumlah Sampel Benda Uji <i>Marshall</i> Test.....	25
Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat.....	28
Tabel 4.2 Hasil Uji Karakteristik Batu Pecah 1-1.....	28
Tabel 4.3 Hasil Uji Karakteristik Batu Pecah 1-2.....	29
Tabel 4.4 Hasil Uji Karakteristik Abu Batu.....	30
Tabel 4.5 Hasil Uji Karakteristik Pasir.....	31
Tabel 4.6 Hasil Uji Karakteristik <i>Filler</i> (Semen).....	32
Tabel 4.7 Hasil Uji Karakteristik <i>Filler</i> ( <i>Fly Ash</i> ).....	32
Tabel 4.8 Hasil Uji Karakteristik <i>Bottom Ash</i> .....	32
Tabel 4.9 Perbandingan Karakteristik Agregat Halus.....	33
Tabel 4.10 Perbandingan Karakteristik <i>Filler</i> .....	33
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70.....	34
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70- <i>wax</i> 1%.....	34
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70- <i>wax</i> 2%.....	35
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Buton.....	36
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Aspal Buton - <i>Wax</i> 1%.....	37
Tabel 4.16 Hasil Pengujian Aspal Buton - <i>Wax</i> 2%.....	37
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Aspal Karet.....	37
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Aspal Karet - <i>Wax</i> 1%.....	38
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Aspal Karet - <i>Wax</i> 2%.....	39
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Bahan Aditif <i>Wax</i> .....	39
Tabel 4.21 Hasil Pengujian Bahan Tambah Zeolit.....	39
Tabel 4.22 Uji XRF <i>Fly Ash</i> .....	40
Tabel 4.23 Uji XRF <i>Bottom Ash</i> .....	41
Tabel 4.24 Titik <i>control</i> (batas bawah dan batas atas) gradasi persen lolos lapis aspal beton lapis pengikat AC-BC (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 revisi 2).....	48
Tabel 4.25 Perkiraan Kadar Aspal Rencana.....	50

Tabel 4.26	Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Campuran Beraspal Hangat dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> /Zeolit AC-BC.....	52
Tabel 4.27	Komposisi Gradasi Lolos Saringan yang Digunakan Dalam Perhitungan Metode Matriks Identitas Gauss-Jordan.....	52
Tabel 4.28	Perhitungan Gradasi Campuran Standar dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> /Zeolit.....	54
Tabel 4.29	Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Campuran Beraspal Hangat dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> /Zeolit AC-BC dan Penggunaan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> Sebagai Pengganti Filler dan Agregat Halus.....	55
Tabel 4.30	Komposisi Gradasi Lolos Saringan yang Digunakan Dalam Perhitungan Metode Matriks Identitas Gauss-Jordan.....	56
Tabel 4.31	Perhitungan Gradasi Campuran Standar dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> /Zeolit.....	57
Tabel 4.32	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	60
Tabel 4.33	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	65
Tabel 4.34	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	70
Tabel 4.35	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	76
Tabel 4.36	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	82



Tabel 4.37 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	88
Tabel 4.38 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	93
Tabel 4.39 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	98
Tabel 4.40 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	104
Tabel 4.41 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	110
Tabel 4.42 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatn Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	115
Tabel 4.43 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	121
Tabel 4.44 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	127
Tabel 4.45 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	128
Tabel 4.46 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	129

Tabel 4.47 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Minyak dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	129
Tabel 4.48 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	130
Tabel 4.49 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	130
Tabel 4.50 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	131
Tabel 4.51 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Buton dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	131
Tabel 4.52 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> .....	132
Tabel 4.53 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan Zeolit.....	132
Tabel 4.54 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan <i>Wax</i> dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	133
Tabel 4.55 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC Menggunakan Aspal Karet dengan Bahan Tambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	133

Tabel 4.56 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter <i>Marshall</i> Berdasarkan Nilai Kadar Aspal Optimum.....	134
--	-----

## RINGKASAN

PENGARUH VARIASI ASPAL (ASPAL MINYAK, ASPAL BUTON, DAN ASPAL KARET) TERHADAP *FLEXIBLE PAVEMENT WARM MIX* LASTON AC-BC MENGGUNAKAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU BANJARSARI

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 17 Mei 2023

Muhammad Andhika Al Gifarry; Dibimbing oleh Mirka Pataras, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

151 halaman, 112 gambar, 56 tabel

Campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*) merupakan teknologi campuran beraspal yang memerlukan suhu yang lebih rendah dibanding campuran aspal panas (*hot mix asphalt*) sehingga mengurangi kebutuhan bahan bakar tetapi tetap memiliki mutu yang setara dengan campuran aspal panas sehingga bersifat ramah lingkungan. Metode penelitian berupa percobaan di laboratorium dengan menggunakan tiga varian aspal yaitu aspal minyak, aspal karet dan aspal buton dimana masing masing variasi aspal ditambahkan bahan aditif *wax* dan *zeolite* dan juga digunakan limbah *fly ash* sebagai substitusi *filler* dan *bottom ash* sebagai substitusi pasir. Dari hasil pengujian parameter *marshall* didapatkan bahwa campuran beraspal minyak AC-BC dengan bahan tambahan *zeolit* memiliki nilai kadar aspal optimum terendah sehingga jenis campuran ini lebih efisien dalam penggunaan aspal. Nilai stabilitas dan MQ tertinggi didapatkan pada campuran beraspal minyak dengan *fly ash* dan *bottom ash* dengan bahan tambahan *wax* dengan nilai stabilitas sebesar 1189,34 kg dan nilai MQ sebesar 406,85 kg/mm.

**Kata kunci** : *warm mix asphalt, fly ash, bottom ash, marshall test, zeolite, wax*

## SUMMARY

THE EFFECT OF ASPHALT VARIATIONS (OIL ASPHALT, BUTON ASPHALT, AND RUBBER ASPHALT) ON FLEXIBLE PAVEMENT WARM MIX LASTON AC-BC USING FLY ASH AND BOTTOM ASH OF BANJARSARI PLTU

Scientific paper in the form of a Final Project, May 17, 2023

Muhammad Andhika Al Gifarry; Supervised by Mirka Pataras, S.T., M.T.

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

151 pages, 112 pictures, 56 tables

Warm mix asphalt is an asphalt mix technology that requires a lower temperature than hot mix asphalt, thereby reducing fuel requirements but still has the same quality as hot mix asphalt so it is environmentally friendly. The research method is an experiment in the laboratory using three asphalt variants; oil asphalt, rubber asphalt, and buton asphalt where each variations of asphalt is added with wax and zeolite and also used fly ash as a filler substitution and bottom ash as a sand substitution. From the results of the marshall parameter test, it was found that the oil asphalt mixture AC-BC with the addition of zeolite had the lowest optimum asphalt content value, so this type of mixture was more efficient in the use of asphalt. The highest stability and MQ values were obtained by oil asphalt mixture AC-BC with fly ash and bottom ash with the addition of wax, with stability value is 1189.34 kg an MQ value is 406.85 kg/mm.

**Keywords** : warm mix asphalt, fly ash, bottom ash, marshall test, zeolite, wax

**PENGARUH VARIASI ASPAL (ASPAL MINYAK, ASPAL BUTON, DAN  
ASPAL KARET) TERHADAP *FLEXIBLE PAVEMENT WARM MIX*  
LASTON AC-BC MENGGUNAKAN LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM*  
*ASH* PLTU BANJARSARI**

Muhammad Andhika Al Gifarry<sup>1)</sup>, Mirka Pataras<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Jl. Raya  
Prabumulih - KM 32, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan

**Abstrak**

Campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*) merupakan teknologi campuran beraspal yang memerlukan suhu yang lebih rendah dibanding campuran aspal panas (*hot mix asphalt*) sehingga mengurangi kebutuhan bahan bakar tetapi tetap memiliki mutu yang setara dengan campuran aspal panas sehingga bersifat ramah lingkungan. Metode penelitian berupa percobaan di laboratorium dengan menggunakan tiga varian aspal yaitu aspal minyak, aspal karet dan aspal buton dimana masing masing variasi aspal ditambahkan bahan aditif *wax* dan *zeolite* dan juga digunakan limbah *fly ash* sebagai substitusi *filler* dan *bottom ash* sebagai substitusi pasir. Dari hasil pengujian parameter *marshall* didapatkan bahwa campuran beraspal minyak AC-BC dengan bahan tambahan *zeolit* memiliki nilai kadar aspal optimum terendah sehingga jenis campuran ini lebih efisien dalam penggunaan aspal. Nilai stabilitas dan MQ tertinggi didapat pada campuran beraspal minyak dengan *fly ash* dan *bottom ash* dengan bahan tambahan *wax* dengan nilai stabilitas sebesar 1189,34 kg dan nilai MQ sebesar 406,85 kg/mm.

**Kata kunci** : *warm mix asphalt, fly ash, bottom ash, marshall test, zeolite, wax*

Palembang, Juli 2023

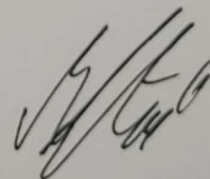
Diperiksa dan disetujui oleh

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



**Dr.Ir.Saloma, S.T., M.T.**  
NIP. 197610312002122001



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

**THE EFFECT OF ASPHALT VARIATIONS (OIL ASPHALT, BUTON ASPHALT, AND RUBBER ASPHALT) ON FLEXIBLE PAVEMENT WARM MIX LASTON AC-BC USING FLY ASH AND BOTTOM ASH OF BANJARSARI PLTU**

Muhammad Andhika Al Gifarry<sup>1)</sup>, Mirka Pataras<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Civil Engineering and Planning Faculty of Engineering Sriwijaya University, Jl. Raya Prabumulih - KM 32, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan

**Abstract**

Warm mix asphalt is an asphalt mix technology that requires a lower temperature than hot mix asphalt, thereby reducing fuel requirements but still has the same quality as hot mix asphalt so it is environmentally friendly. The research method is an experiment in the laboratory using three asphalt variants; oil asphalt, rubber asphalt, and buton asphalt where each variations of asphalt is added with wax and zeolite and also used fly ash as a filler substitution and bottom ash as a sand substitution. From the results of the marshall parameter test, it was found that the oil asphalt mixture AC-BC with the addition of zeolite had the lowest optimum asphalt content value, so this type of mixture was more efficient in the use of asphalt. The highest stability and MQ values were obtained by oil asphalt mixture AC-BC with fly ash and bottom ash with the addition of wax, with stability value is 1189.34 kg an MQ value is 406.85 kg/mm.

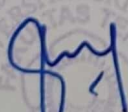
**Kata kunci** : *warm mix asphalt, fly ash, bottom ash, marshall test, zeolite, wax*

Palembang, Juli 2023

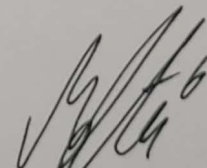
Diperiksa dan disetujui oleh

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



**Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.**  
NIP. 197610312002122001



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

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Andhika Al Gifarry

NIM : 03011381722111

Judul : Pengaruh Variasi Aspal (Aspal Minyak, Aspal Buton, dan Aspal Karet) Terhadap *Flexible Pavement Warm Mix Laston AC-BC* Menggunakan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir 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, Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



**Muhammad Andhika Al Gifarry**

**NIM. 03011381722111**



## HALAMAN PERSETUJUAN

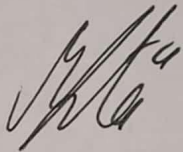
Karya Tulis Ilmiah ini berupa Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Variasi Aspal (Aspal Minyak, Aspal Buton, dan Aspal Karet) Terhadap *Flexible Pavement Warm Mix Laston AC-BC* Menggunakan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari” yang disusun oleh Muhammad Andhika Al Gifarry, NIM. 03011381722111 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 17 Mei 2023.

Palembang, 17 Mei 2023

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir :

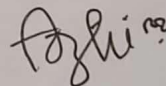
Dosen Pembimbing :

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

(  )

Dosen Penguji :

2. Aztri Yuli Kurnia, S.T., M.Eng.  
NIP. 198807132012122003

(  )

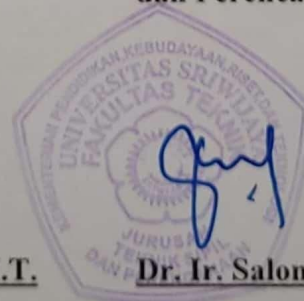
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Jurusan Teknik Sipil  
dan Perencanaan



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.  
NIP. 196706151995121002



Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.  
NIP. 197610312002122001

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Andhika Al Gifarry

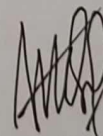
NIM : 03011381722111

Judul : Pengaruh Variasi Aspal (Aspal Minyak, Aspal Buton, dan Aspal Karet) Terhadap *Flexible Pavement Warm Mix* Laston AC-BC Menggunakan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak dipublikasikan 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, Juli 2023



Muhammad Andhika Al Gifarry

NIM. 03011381722111

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP


Nama Lengkap : Muhammad Andhika Al Gifarry  
Tempat Tanggal Lahir : Palembang, 12 September 1999  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Email : andhikaalgifarry@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Masa
SD Islam Az-Zahrah Palembang	-	-	2005-2011
SMP Negeri 1 Palembang	-	-	2011-2014
SMA Negeri 1 Palembang	-	IPA	2014-2017
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	2017-2023

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan hormat,



(Muhammad Andhika Al Gifarry)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi adalah perpindahan manusia ataupun benda yang dapat dilakukan dengan mesin atau tanpa mesin melalui jalur darat, laut, ataupun udara. Transportasi merupakan salah satu elemen fundamental dalam kehidupan manusia. Dengan adanya transportasi yang memadai, maka akan meningkatkan ekonomi suatu wilayah. Transportasi yang paling umum dilakukan manusia dalam kehidupan sehari-hari adalah transportasi darat. Transportasi darat dapat diartikan sebagai segala sesuatu bentuk transportasi yang menggunakan jalan sebagai aksesnya.

Kondisi jalan yang memadai, merupakan salah satu komponen penunjang utama dalam transportasi darat. Dengan kondisi jalan yang baik, maka akan pengguna jalan akan merasa aman, nyaman, dan waktu tempuh menjadi efisien. Secara umum, perkerasan jalan dibagi menjadi dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Di Indonesia sendiri, jenis perkerasan jalan yang paling umum digunakan adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*). Komponen perkerasan lentur dari lapis paling atas terdiri dari *surface course* (lapis permukaan), *base course* (lapis pondasi), *sub base course* (lapis pondasi bawah), dan *sub grade* (tanah dasar). Perkerasan lentur memiliki kelebihan antara lain biaya konstruksi yang dikeluarkan lebih rendah, memiliki waktu pengerjaan yang lebih singkat dibandingkan perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan juga relatif lebih nyaman dilalui kendaraan.

Dibalik kelebihan yang telah disebutkan di atas, perkerasan lentur juga memiliki beberapa kekurangan antara lain tidak terlalu kuat menerima beban berat, tidak terlalu tahan terhadap perubahan cuaca, dan juga harus dilakukan perawatan yang berkelanjutan. Kekurangan yang dimiliki oleh perkerasan kaku tersebut menjadi masalah yang cukup rumit di Indonesia. Indonesia sendiri memiliki iklim tropis dimana hujan setiap tahunnya sangat tinggi. Apabila musim hujan telah datang, maka permukaan jalan akan diguyur air terus menerus bahkan sampai menimbulkan genangan. Kondisi ini dapat melepaskan ikatan antara aspal

dan agregat. Kondisi ini dapat diperparah apabila jalan tersebut dilewati dengan kendaraan bertonase besar dan cenderung melebihi batas ketentuan beban.

Dalam pembuatan konstruksi jalan raya, umumnya menggunakan campuran beraspal panas dimana terdapat tahap pencampuran aspal dengan agregat yang dilakukan pada suhu tinggi. Untuk mencapai suhu yang tinggi sesuai perencanaan, diperlukan bahan bakar untuk meningkatkan suhu aspal dan agregat. Penggunaan bahan bakar ini menimbulkan dampak buruk bagi lingkungan. Sumber energi yang digunakan merupakan bahan bakar fosil yang merupakan jenis sumber daya yang tidak dapat diperbarui dan semakin lama semakin menipis, selain itu juga terdapat polusi hasil sisa pembakaran yang berbahaya karena mengandung gas karbon dioksida. Solusi untuk meminimalisir dampak negatif terhadap lingkungan ini adalah dengan menggunakan campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*).

Campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*) memerlukan suhu yang lebih rendah dibanding campuran aspal panas (*hot mix asphalt*) sehingga mengurangi kebutuhan bahan bakar tetapi tetap memiliki mutu yang setara dengan campuran aspal panas. Untuk mencapai mutu yang sama, diperlukan bahan tambahan berupa zeolit dan *wax*. bahan tambahan ini diperlukan agar viskositas aspal tercapai pada suhu yang lebih rendah yang secara langsung dapat mengurangi bahan bakar yang digunakan. Untuk lebih meminimalisir dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan, digunakan bahan sisa pembakaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Banjarsari yang berlokasi di Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. PLTU Banjarsari menggunakan batu bara sebagai sumber bahan bakar utamanya. Pembakaran batu bara ini akan memproduksi limbah antara lain *fly ash* dan *bottom ash*. *Fly ash* tersebut dapat digunakan sebagai *filler* dalam lapisan aspal dikarenakan karakteristik gradasi agregat dari *fly ash* yang menyerupai semen sebagai *filler*. Sedangkan *bottom ash* dapat dimanfaatkan menjadi pengganti agregat halus dikarenakan karakteristik *bottom ash* yang serupa dengan pasir sungai yang biasanya digunakan.

Berdasarkan pada informasi yang tercantum sebelumnya, maka akan dilaksanakan penelitian yang merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya tentang Kinerja *Warm Mix Asphalt Flexible Pavement* Menggunakan *Fly Ash* dan

*Bottom Ash* PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC. Pada penelitian kali ini, akan diulas mengenai Pengaruh Variasi Aspal (Aspal Minyak, Aspal Buton, dan Aspal Karet) Terhadap *Flexible Pavement Warm Mix* Laston AC-BC Menggunakan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari dimana pada penelitian ini menggunakan variasi aspal antara lain aspal minyak, aspal karet, dan aspal buton. Aspal tersebut memiliki karakteristik masing-masing seperti aspal minyak yang berasal dari destilasi minyak bumi dan paling umum digunakan, aspal karet, yaitu jenis aspal dengan campuran karet dimana dapat menahan beban yang lebih besar, dan juga aspal buton yang berasal dari alam Indonesia sendiri yaitu pulau Buton Sulawesi Tenggara.

Berdasarkan uraian di atas, diperlukan pengujian untuk mengetahui pengaruh variasi aspal terhadap campuran aspal hangat dengan menggunakan limbah *bottom ash* dan *fly ash* PLTU Banjarsari pada lapisan AC- BC dimana *fly ash* berfungsi untuk substitusi *filler* dan *bottom ash* sebagai substitusi agregat halus.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, berikut adalah rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh variasi aspal (aspal minyak, aspal buton, dan aspal karet) dalam kinerja parameter *marshall* campuran aspal hangat laston AC-BC dengan limbah *fly ash* sebagai *filler* (pengisi) dan *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus?
2. Bagaimana perbandingan hasil nilai kadar aspal optimum (KAO) dari masing-masing varian aspal (aspal minyak, aspal buton, dan aspal karet) pada campuran aspal hangat laston AC-BC dengan bahan tambahan *fly ash* sebagai *filler* (pengisi) dan *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Mengacu dari rumusan masalah tersebut, berikut merupakan tujuan dari penelitian ini:

1. Menganalisa dan membandingkan hasil dari variasi aspal (aspal minyak, aspal buton, dan aspal karet) terhadap kinerja parameter *marshall* campuran aspal hangat pada laston AC-BC dengan limbah *fly ash* sebagai *filler* (pengisi) dan *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus.
2. Menganalisa dan membandingkan hasil nilai kadar aspal optimum (KAO) dari masing-masing varian aspal (aspal minyak, aspal buton, dan aspal karet) pada campuran hangat pada laston AC-BC dengan bahan tambahan *fly ash* sebagai *filler* (pengisi) dan *bottom ash* sebagai pengganti agregat halus.

#### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, berikut batasan masalah pada penelitian ini:

1. Penelitian dilaksanakan pada Laboratorium Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional yang terletak di kota Palembang Sumatera Selatan.
2. Bahan pengikat yang dipakai adalah aspal minyak, aspal karet, dan aspal buton dengan pen 60/70 dan semen dan abu batu digunakan sebagai *filler*.
3. Jenis campuran yang digunakan pada penelitian ini adalah *warm mix asphalt* yang mengacu Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 Seksi 6.4.
4. Pada penelitian ini bahan aditif yang digunakan adalah *zeolit* dan *wax*.
5. Penelitian ini memanfaatkan limbah *fly ash* PLTU Banjarsari sebagai substitusi *filler* (pengisi) dan *bottom ash* PLTU Banjarsari sebagai pengganti agregat halus.
6. Metode pengujian yang dilakukan adalah metode *marshall*.
7. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian disertasi Bapak Mirka Pataras, S.T., M.T.

#### **1.5 Rencana Sistematika Penulisan**

Rencana sistematika penulisan pada penelitian ini akan dibagi menjadi lima bagian yaitu

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab pendahuluan akan membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan rencana sistematika penulisan dari penelitian.

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab tinjauan pustaka berisi teori dasar berkaitan dengan penelitian ini antara lain tentang jenis perkerasan jalan, jenis aspal yang digunakan, bahan aditif yang digunakan dan metode pada pengujian yang dilakukan.

## **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab metodologi penelitian akan membahas alur prosedur yang diperlukan pada penelitian dalam bentuk diagram alir dan berisi alat dan bahan yang diperlukan serta perhitungan rencana benda uji.

## **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas mengenai hasil dari pengujian yang telah dilaksanakan yang bertujuan mengetahui apakah penelitian sesuai dengan spesifikasi.

## **BAB 5 PENUTUP**

Bab 5 ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan dan juga saran mengenai penelitian ini.

## **DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Amri, Fahrul. 2016. Studi Perbandingan Penggunaan Aspal Minyak dengan Aspal Buton Lawele Pada Campuran Aspal *Concrete Base Course* (AC-BC) Menggunakan Metode Marshall Test. STITEK Bina Taruna Gorontalo.
- Arifudin, M.Y. 2020. Pengaruh Penggunaan *Buttom Ash* Pada Campuran Aspal Beton AC-WC Pen 60/70 Terhadap Parameter *Marshall*. Universitas Negeri Surabaya.
- Chowdhury, A. and Button. J.W. 2008. *A Review of Warm Mix Asphalt*. Texas *Transportation Institute*.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Revisi 2.
- Kusdarto. 2008. Potensi Zeolit di Indonesia. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Lestari, I. G. A. A. I. 2013. Perbandingan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur. Fak. Teknik Univ. Islam Al-Azhar Mataram
- Kaseke, O. H. 2015. Pengaruh Suhu dan Durasi Terendamnya Perkerasan Beraspal Panas Terhadap Stabilitas dan Kelelahan (*Flow*)
- Diningrum, N. A. K. 2021. *Kinerja Warm Mix Asphalt Flexible Pavement Menggunakan Fly Ash dan Bottom Ash PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC*. Skripsi. Universitas Sriwijaya. Palembang
- Siregar, A.F. 2016. Pengaruh Penggunaan Aditif Zeolit Pada *Warm Mix Asphalt* Terhadap Mutu Campuran Beraspal di Laboratorium. Universitas Sumatera Utara.
- Soehartono. 2015. Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan. Andi : Yogyakarta.
- Solichin, Ibnu dan Devi A. Utama .2019. *Variations In The Addition Of Polypropylene Fiber, Fly Ash and Immersion In Asphalt Mixtures On Stability and Flow*. Jurnal Internasional Teknik Sipil dan Teknologi (IJCIET). Vol. 10.
- Sugeha, A.L.R. 2018. Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara Sebagai *Filler* Pada Campuran Laston. Universitas Tanjung Pura.