

TUGAS AKHIR

PENGARUH LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU BANJARSARI DENGAN VARIASI ASPAL PADA CAMPURAN ASPAL HANGAT LASTON AC-WC



MUHAMMAD AHKAM

03011381722087

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

TUGAS AKHIR

**PENGARUH LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH*
PLTU BANJARSARI DENGAN VARIASI ASPAL PADA
CAMPURAN ASPAL HANGAT LASTON AC-WC**

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



MUHAMMAD AHKAM
03011381722087

JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2022

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU
BANJARSARI DENGAN VARIASI ASPAL PADA CAMPURAN
ASPAL HANGAT LASTON AC-WC**

TUGAS AKHIR

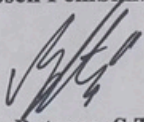
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh :

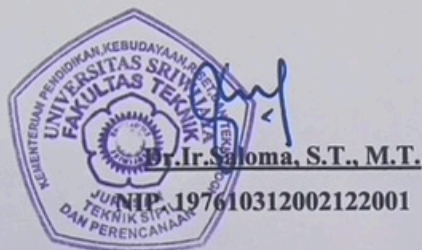
MUHAMMAD AHKAM
03011381722087

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



KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada kehadiran Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir ini dengan judul "**Pengaruh Limbah Fly Ash dan Bottom Ash PLTU Banjarsari dengan Variasi Aspal Pada Campuran Aspal Hangat Laston AC-WC**". Laporan tersebut dibuat sebagai salah satu kelengkapan untuk mengambil gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan dikarenakan oleh segala keterbatasan dan kemampuan yang penulis miliki. Selain ucapan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesempatan bagi penulis, tak lupa ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya ditujukan bagi semua pihak yang telah memberi bimbingan, dukungan, dan bantuan dalam jalannya laporan tugas akhir, mulai dari pelaksanaan hingga selesainya laporan, yaitu antara lain :

1. Bapak, Ibu, serta Saudaraku yang menjadi sumber semangat, dan pemberi doa terbaik.
2. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan Ibu Mona Foralisa Toyfur, S.T.,M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Mirka Pataras, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan bantuan, ilmu dan waktu untuk konsultasi dalam menulis tugas akhir ini.
4. Teman satu tim dan teman-teman kelas S1 Teknik Sipil Universitas Sriwijaya 2017 yang tak bisa diucapkan satu per satu.
5. Terakhir berterima kasih kepada diri sendiri atas perjuangan yang telah di lewati.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga pada semua pihak yang terlibat.

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xii
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.....	5
2.1. Penelitian Terdahulu.....	
2.2. Perkerasan Jalan.....	
2.3. Lapis Aspal Beton Aus(AC-WC).....	
2.4. Limbah Fly Ash dan Bottom Ash.....	10
2.5. Bahan Aditif	10
2.5.1 Zeolit	10
2.5.2 Wax	11
2.6 Warm Mix Asphalt (Campuran Aspal Hangat).....	11
2.7 Aspal.....	13
2.8 Pengujian Marshall Immersion.....	13

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Umum	14
3.2 Studi Literatur dan Lapangan	15
3.3 Persiapan Bahan dan Peralatan Penelitian.....	15
3.3.1 Persiapan Bahan	15
3.3.2 Persiapan Alat	16
3.4 Pengujian Material.....	17
3.5 Design Mix Formula (DMF)	19
3.6 Job Mix Formula (JMF)	19
3.7 Pembuatan Benda Uji	20
3.8 Pengujian Marshall	22
3.9 Analisis Pengujian	22
3.10 Kesimpulan dan Saran	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1. Hasil Pengujian Agregat.....	24
4.1.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat.....	24
4.1.2. Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	28
4.2. Hasil Pengujian Aspal	29
4.3. Hasil Pengujian Bahan Aditif.....	33
4.4. Perbandingan Karakteristik dan Komposisi Kimia Bahan Pengganti	40
4.5. Design Mix Formula (DMF)	42
4.6. Job Mix Formula (JMF)	44
4.6.1. Campuran AC-WC Standar-Zeolit dan Campuran AC-WC Standar-Wax	45
4.6.2. Campuran AC-WC FABA-Zeolit dan Campuran AC-WC FABA-Wax ...	48
4.7. Pembuatan Benda Uji	52
4.8. Pengujian Marshall.....	52
4.8.1. Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC Standar-Wax	53
4.8.2. Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC FABA-Wax	58

4.8.3. Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC Standar-Zeolit	63
4.8.4. Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC FABA-Zeolit	67
4.8.5 Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC Menggunakan Aspal Karet dengan Penambahan Wax	72
4.8.6 Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC Menggunakan Aspal Karet dengan Penambahan Zeolit	76
4.8.7 Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC FABA Menggunakan Aspal Karet dengan Penambahan Wax	81
4.8.8 Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC FABA Menggunakan Aspal Karet dengan Penambahan Zeolit	85
4.8.9 Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC Menggunakan Aspal Buton dengan Penambahan Wax	90
4.8.10 Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC FABA Menggunakan Aspal Buton dengan Penambahan Zeolit	94
4.8.11 Hasil Pengujian Marshall FABA Campuran Hangat Laston AC-WC FABA Menggunakan Aspal Buton dengan Penambahan Wax	99
4.8.12 Hasil Pengujian Marshall FABA Campuran Hangat Laston AC-WC FABA Menggunakan Aspal Buton dengan Penambahan Zeolit	103
4.9. Hasil Pengujian Marshall Terhadap Nilai KAO	108
4.10 Pembahasan	112
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	122
5.1 Kesimpulan.....	122
5.2 Saran	123
Daftar Pustaka.....	
Lampiran.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lapisan Perkerasan Lentur	6
Gambar 2. 2 Lapisan Perkerasan Kaku	7
Gambar 2. 3 Lapisan Perkerasan Komposit	7
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Minyak	34
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Minyak-Wax 1%	34
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Minyak-Wax 2%.....	35
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Nilai Viskositas Aspal Minyak	35
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Buton.....	36
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Buton - Wax 1%.....	36
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Buton- Wax 2%	37
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Viskositas Aspal Buton	37
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Karet	38
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Karet Wax 1%.....	38
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Suhu dan Viskositas Aspal Karet-Wax 2%	39
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Nilai Viskositas Aspal Karet.....	39
Gambar 4. 13 Grafik Komposisi Gradasi Campuran Standar	48
Gambar 4. 14 Grafik Komposisi Gradasi Campuran Fly Ash dan Bottom Ash	52
Gambar 4. 15 Grafik VMA Campuran Standar-Wax Aspal Minyak.....	54
Gambar 4. 16 Grafik VFA Campuran Standar-Wax Aspal Minyak	54
Gambar 4. 17 Grafik VIM Campuran Standar-Wax Aspal Minyak	55
Gambar 4. 18 Grafik Stabilitas Campuran Standar-Wax Aspal Minyak	56
Gambar 4. 19 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran Standar-Wax Aspal Minyak.....	56
Gambar 4. 20 Grafik MQ Campuran Standar-Wax Aspal Minyak.....	57

Gambar 4. 21 Penentuan KAO Campuran Standar-Wax Aspal Minyak	58
Gambar 4. 22 Grafik VMA Campuran FABA-Wax Aspal Minyak.....	59
Gambar 4. 23 Grafik VFA Campuran FABA-Wax Aspal Minyak	60
Gambar 4. 24 Grafik VIM Campuran FABA-Wax Aspal Minyak	60
Gambar 4. 25 Grafik Stabilitas Campuran FABA-Wax Aspal Minyak	61
Gambar 4. 26 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran FABA-Wax Aspal Minyak.....	61
Gambar 4. 27 Grafik MQ Campuran FABA-Wax Aspal Minyak.....	62
Gambar 4. 28 Penentuan KAO Campuran FABA-Wax Aspal Minyak	62
Gambar 4. 29 Grafik VMA Campuran Standar-Zeolit Aspal Minyak	64
Gambar 4. 30 Grafik VFA Campuran Standar-Zeolit Aspal Minyak	64
Gambar 4. 31 Grafik VIM Campuran Standar-Zeolit Aspal Minyak	65
Gambar 4. 32 Grafik Stabilitas Campuran Standar-Zeolit Aspal Minyak.....	65
Gambar 4. 33 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran Standar-Zeolit Aspal Minyak.....	66
Gambar 4. 34 Grafik MQ Campuran Standar-Zeolit Aspal Minyak	66
Gambar 4. 35 Penentuan KAO Campuran Standar-Zeolit Aspal Minyak.....	67
Gambar 4. 36 Grafik VMA Campuran FABA-Zeolit Aspal Minyak.....	68
Gambar 4. 37 Grafik VFA Campuran FABA-Zeolit Aspal Minyak	69
Gambar 4. 38 Grafik VIM Campuran FABA-Zeolit Aspal Minyak	69
Gambar 4. 39 Grafik Stabilitas Campuran FABA-Zeolit Aspal Minyak	70
Gambar 4. 40 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran FABA-Zeolit Aspal Minyak.....	70
Gambar 4. 41 Grafik MQ Campuran FABA-Zeolit Aspal Minyak	71
Gambar 4. 42 Penentuan KAO Campuran FABA-Zeolit Aspal Minyak	71
Gambar 4. 43 Grafik VMA Standar -Wax Aspal Karet	73
Gambar 4. 44 Grafik VFA Standar -Wax Aspal Karet.....	73
Gambar 4. 45 Grafik VIM Standar -Wax Aspal Karet.....	74
Gambar 4. 46 Grafik Stabilitas Standar -Wax Aspal Karet.....	74

Gambar 4. 47 Grafik Kelelehan (Flow) Standar -Wax Aspal Karet.....	75
Gambar 4. 48 Grafik MQ Standar -Wax Aspal Karet	75
Gambar 4. 49 Penentuan KAO Standar -Wax Aspal Karet.....	76
Gambar 4. 50 Grafik VMA Campuran Standar-Zeolit Aspal Karet.....	78
Gambar 4. 51 Grafik VFA Campuran Standar -Zeolit Aspal Karet.....	78
Gambar 4. 52 Grafik VIM Campuran Standar-Zeolit Aspal Karet	78
Gambar 4. 53 Grafik Stabilitas Campuran Standar -Zeolit Aspal Karet	79
Gambar 4. 54 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran Standar -Zeolit Aspal Karet.....	80
Gambar 4. 55 Grafik MQ Campuran Standar-Zeolit Aspal Karet.....	80
Gambar 4. 56 Penentuan KAO Campuran Standar-Zeolit Aspal Karet	80
Gambar 4. 57 Grafik VMA Campuran FABA -Wax Aspal Karet	82
Gambar 4. 58 Grafik VFA Campuran FABA -Wax Aspal Karet.....	82
Gambar 4. 59 Grafik VIM Campuran FABA -Wax Aspal Karet.....	83
Gambar 4. 60 Grafik Stabilitas Campuran FABA -Wax Aspal Karet	83
Gambar 4. 61 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran FABA -Wax Aspal Karet.....	84
Gambar 4. 62 Grafik MQ Campuran FABA -Wax Aspal Karet.....	84
Gambar 4. 63 Penentuan KAO Campuran FABA -Wax Aspal Karet.....	85
Gambar 4. 64 Grafik VMA Campuran FABA -Zeolit Aspal Karet	86
Gambar 4. 65 Grafik VFA Campuran FABA -Zeolit Aspal Karet	87
Gambar 4. 66 Grafik VIM Campuran FABA -Zeolit Aspal Karet.....	87
Gambar 4. 67 Grafik Stabilitas Campuran FABA -Zeolit Aspal Karet.....	88
Gambar 4. 68 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran FABA -Zeolit Aspal Karet	88
Gambar 4. 69 Grafik MQ Campuran FABA -Zeolit Aspal Karet.....	89
Gambar 4. 70 Penentuan KAO Campuran FABA -Zeolit Aspal Karet.....	89
Gambar 4. 71 Grafik VMA Campuran Standar -Wax Aspal Buton	91
Gambar 4. 72 Grafik VFA Campuran Standar-Wax Aspal Buton	91

Gambar 4. 73 Grafik VIM Campuran Standar -Wax Aspal Buton.....	92
Gambar 4. 74 Grafik Stabilitas Campuran Standar -Wax Aspal Buton	92
Gambar 4. 75 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran Standar-Wax Aspal Buton	93
Gambar 4. 76 Grafik MQ Campuran Standar -Wax Aspal Buton.....	93
Gambar 4. 77 Penentuan KAO Campuran Standar-Wax Aspal Buton	94
Gambar 4. 78 Grafik VMA Campuran Standar -Zeolit Aspal Buton.....	95
Gambar 4. 79 Grafik VFA Campuran Standar-Zeolit Aspal Buton	96
Gambar 4. 80. Grafik VIM Campuran Standar -Zeolit Aspal Buton	96
Gambar 4. 81 Grafik Stabilitas Campuran Standar -Zeolit Aspal Buton.....	97
Gambar 4. 82 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran Standar -Zeolit Aspal Buton.....	97
Gambar 4. 83 Grafik MQ Campuran Standar -Zeolit Aspal Buton.....	98
Gambar 4. 84 Penentuan KAO Campuran Standar-Zeolit Aspal Buton	98
Gambar 4. 85 Grafik VMA Campuran FABA -Wax Aspal Buton	100
Gambar 4. 86 Grafik VFA Campuran FABA -Wax Aspal Buton.....	100
Gambar 4. 87 Grafik VIM Campuran FABA-Wax Aspal Buton.....	101
Gambar 4. 88 Grafik Stabilitas Campuran FABA -Wax Aspal Buton.....	101
Gambar 4. 89 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran FABA -Wax Aspal Buton	102
Gambar 4. 90 Grafik MQ Campuran FABA-Wax Aspal Buton	102
Gambar 4. 91 Penentuan KAO Campuran FABA -Wax Aspal Buton	103
Gambar 4. 92. Grafik VMA Campuran FABA -Zeolit Aspal Buton	104
Gambar 4. 93 Grafik VFA Campuran FABA -Zeolit Aspal Buton.....	105
Gambar 4. 94 Grafik VIM Campuran FABA -Zeolit Aspal Buton.....	105
Gambar 4. 95 Grafik Stabilitas Campuran FABA -Zeolit Aspal Buton.....	106
Gambar 4. 96 Grafik Kelelehan (Flow) Campuran FABA -Zeolit Aspal Buton	106
Gambar 4. 97 Grafik MQ Campuran FABA -Zeolit Aspal Buton	107
Gambar 4. 98 Penentuan KAO Campuran FABA -Zeolit Aspal Buton.....	107

Gambar 4. 99 Grafik Perbandingan nilai KAO pada Campuran.....	113
Gambar 4. 100 Grafik Perbandingan VMA pada Campuran.....	113
Gambar 4. 101 Grafik Perbandingan VFA pada Campuran.....	114
Gambar 4. 102 Grafik Perbandingan VIM pada Campuran	115
Gambar 4. 103 Grafik Perbandingan Stabilitas pada Campuran	115
Gambar 4. 104 Grafik Perbandingan Kelelehan (Flow) pada Campuran	116
Gambar 4. 105 Grafik Perbandingan MQ pada Campuran.....	116
Gambar 4. 106 Grafik Perbandingan nilai KAO pada Campuran	117
Gambar 4. 107 Grafik Perbandingan VMA pada Campuran.....	118
Gambar 4. 108 Grafik Perbandingan VFA pada Campuran	118
Gambar 4. 109 Grafik Perbandingan VIM pada Campuran	119
Gambar 4. 110 Grafik Perbandingan Stabilitas pada Campuran.....	120
Gambar 4. 111 Grafik Perbandingan Kelelehan (Flow) pada Campuran	120
Gambar 4. 112 Grafik Perbandingan MQ pada Campuran	121

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tebal minimum campuran beraspal	9
Tabel 2. 2 Sifat Bahan Tambah Zeolit untuk Campuran Beraspal Hangat	11
Tabel 2. 3 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC)	12
Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Benda Uji Lapisan Aspal Beton (AC-WC) dengan Marshall	20
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Batu Pecah 1-2	24
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Batu Pecah 1-1	25
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Abu Batu	25
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Pasir.....	26
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Bottom Ash	26
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Karakteristik Filler (Semen).....	27
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Karakteristik Filler (Fly Ash).....	28
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat	28
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Minyak Pen 60/70.....	29
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Minyak dengan Bahan Tambah Wax 1%	30
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal dengan Bahan Tambah Wax 2%	30
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Buton.....	31
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Aspal Buton - Wax 1%	31
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Aspal Buton - Wax 2%	32
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Aspal Karet	32
Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Aspal Karet- Wax 1%	33
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Aspal Karet - Wax 2%	33
Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) Fly Ash dan Bottom Ash.....	40

Tabel 4. 19 Perbandingan Karakteristik Agregat Halus	41
Tabel 4. 20 Perbandingan Komposisi Kimia Fly ash dan Semen	41
Tabel 4. 21 Perbandingan karakteristik filler	42
Tabel 4. 22 Perbandingan Komposisi Kimia Bottom Ash dan Pasir.....	42
Tabel 4. 23 Tabulasi Perhitungan dengan Metode Bina Marga (Spesifikasi Umum Bina Marga,2018).....	43
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian Gradasi Asli AC-WC Standar dengan Pengujian Analisa Saringan.....	45
Tabel 4. 25 Hasil Pengujian Gradasi Asli AC-WC yang akan digunakan dalam eliminasi Gauss-Jordan	45
Tabel 4. 26 Hasil perhitungan JMF Standar menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan	46
Tabel 4. 27 Hasil Perhitungan Gradasi Campuran Agregat AC-WC Standar	47
Tabel 4. 28 Hasil Pengujian Gradasi Asli Campuran AC-WC FABA dengan Pengujian Analisa Saringan.....	48
Tabel 4. 29 Hasil Pengujian Gradasi Asli Agregat AC-WC Fly Ash dan Bottom Ash yang akan digunakan dalam eliminasi Gauss-Jordan.....	49
Tabel 4. 30 Hasil perhitungan JMF FABA menggunakan metode eliminasi Gauss-Jordan.....	50
Tabel 4. 31 Hasil Perhitungan Gradasi Campuran Agregat AC-WC FABA .	51
Tabel 4. 32 Hasil pengujian marshall campuran hangat laston AC-WC standar-wax Aspal Minyak.....	53
Tabel 4. 33 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC FABA-Wax Aspal Minyak	58
Tabel 4. 34 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC Standar-Zeolit Aspal Minyak	63
Tabel 4. 35 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC FABA-Zeolit Aspal Minyak	67

Tabel 4. 36 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC Standar -Wax Aspal Karet.....	72
Tabel 4. 37 Hasil Pengujian Marshall Campuran Hangat Laston AC-WC -Zeolit Aspal Karet.....	76
Tabel 4. 38 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC FABA -Wax Aspal Karet.....	81
Tabel 4. 39 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC FABA-Zeolit Aspal Karet.....	85
Tabel 4. 40 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC Standar -Wax Aspal Buton.....	90
Tabel 4. 41 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC Standar -Zeolit Aspal Buton.....	94
Tabel 4. 42 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC FABA-Wax Aspal Buton.....	99
Tabel 4. 43 Hasil Pengujian Marshall WMAC-WC FABA-Zeolit Aspal Buton.....	103
Tabel 4. 44. Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC Standar-Wax.....	108
Tabel 4. 45 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC FABA-Wax.....	108
Tabel 4. 46 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC Standar-Zeolit.....	108
Tabel 4. 47 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC FABA-Zeolit.....	109
Tabel 4. 48 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC Standar Karet-Wax.....	109
Tabel 4. 49 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC FABA Karet-Wax.....	109
Tabel 4. 50. Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC Standar Karet-Zeolit.....	110

Tabel 4. 51 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC FABA Karet-Zeolit	110
Tabel 4. 52 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC Standar Buton-Wax.....	110
Tabel 4. 53 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC FABA Buton-Wax	111
Tabel 4. 54 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC Standar Buton-Zeolit.....	111
Tabel 4. 55 Hasil Pengujian Marshall terhadap Nilai KAO WMAC-WC FABA Buton-Zeolit	111
Tabel 4. 56 Rekapitulasi Hasil Pengujian Parameter Marshall Berdasarkan Nilai Kadar Aspal Optimum.....	112

RINGKASAN

PENGARUH LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU BANJARSARI DENGAN VARIASI ASPAL PADA CAMPURAN ASPAL HANGAT LASTON AC-WC

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 1 November 2022

Muhammad Ahkam; Dibimbing oleh Mirka Pataras, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

halaman, gambar, tabel

Jenis aspal yang sering digunakan untuk perkerasan lentur adalah campuran aspal hangat dan aspal yang dipanaskan dengan suhu yang sangat tinggi, sehingga membutuhkan bahan bakar yang banyak dan dapat berdampak besar bagi lingkungan. Maka upaya yang dilakukan dengan cara mengurangi temperatur pada saat produksi campuran beraspal yaitu campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*). Pada proses pencampuran aspal hangat ini akan digunakan bahan aditif zeolit dan *wax*, yang berfungsi sebagai penurun temperatur. Hasil pengujian *marshall* pada penelitian ini yaitu kadar aspal optimum tertinggi pada campuran standar minyak-*wax* sebesar 6,23%, dan yang terendah yaitu campuran standar buton-zeolit sebesar 5,98%. Hasil pada parameter lainnya antara lain: campuran standar karet-zeolit memiliki nilai tertinggi terhadap VMA sebesar 17,31%, untuk campuran standar karet-*wax* memiliki nilai tertinggi pada parameter stabilitas yaitu sebesar 1516,76 kg, dan *marshall quotient* sebesar 438,76. Hasil dari campuran standar buton-zeolit memiliki nilai tertinggi pada parameter VFA sebesar 82,22. Hasil tertinggi dari nilai parameter kelelahan yaitu campuran standar karet zeolit sebesar 3,89mm, serta hasil dari campuran standar buton-*wax* memiliki nilai tertinggi pada nilai VIM yaitu 4,24%.

Kata kunci: campuran beraspal hangat, laston AC-WC, *fly ash*, *bottom ash*, *zeolit*, *wax marshall test*

SUMMARY

THE EFFECT OF FLY ASH AND BOTTOM ASH WASTE OF PLTU BANJARSARI WITH VARIATION OF ASPHALT ON WARM ASPHALT MIXTURE OF LASTON AC-WC

Scientific writing in the form of Final Project, 1 November 2022

Muhammad Ahkam; Supervised by Mirka Pataras, S.T., M.T.

Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

pages, pictures, tables

The type of asphalt that is often used for flexible pavements is a mixture of warm asphalt and asphalt which is heated to very high temperatures, so it requires a lot of fuel and can have a big impact on the environment. So efforts are made by reducing the temperature during the production of asphalt mixture, namely warm mix asphalt. In the process of mixing warm asphalt, zeolite and wax additives will be used, which function as temperature lowering. The results of the marshall test in this study were the highest optimum asphalt content in the standard oil-wax mixture of 6.23%, and the lowest in the standard buton-zeolite mixture of 5.98%. The results for other parameters included: the standard rubber-zeolite mixture had the highest value on the VMA of 17.31%, the standard rubber-wax mixture had the highest value on the stability parameter which was 1516.76 kg, and the marshall quotient was 438.76. The results of the buton-zeolite standard mixture have the highest value in the VFA parameter of 82.22. The highest yield of the melting parameter value was the standard zeolite rubber mixture of 3.89mm, and the result of the buton-wax standard mixture had the highest value on the VIM value of 4.24%.

Keywords: warm mix asphalt, lastton AC-WC, fly ash, bottom ash, zeolite, wax marshall test

**PENGARUH LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU
BANJARSARI DENGAN VARIASI ASPAL PADA CAMPURAN ASPAL
HANGAT LASTON AC-WC**

Muhammad Ahkam¹, Mirka Pataras²⁾

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

Abstrak

Jenis aspal yang sering digunakan untuk perkerasan lentur adalah campuran aspal hangat dan aspal yang dipanaskan dengan suhu yang sangat tinggi, sehingga membutuhkan bahan bakar yang banyak dan dapat berdampak besar bagi lingkungan. Maka upaya yang dilakukan dengan cara mengurangi temperatur pada saat produksi campuran beraspal yaitu campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*). Pada proses pencampuran aspal hangat ini akan digunakan bahan aditif zeolit dan wax, yang berfungsi sebagai penurun temperatur. Hasil pengujian *marshall* pada penelitian ini yaitu kadar aspal optimum tertinggi pada campuran standar minyak-wax sebesar 6,23%, dan yang terendah yaitu campuran standar buton-zeolit sebesar 5,98%. Untuk campuran standar karet-wax memiliki nilai tertinggi pada parameter stabilitas yaitu sebesar 1516,76 kg, dan *marshall quotient* sebesar 438,76.

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

Palembang, Juli 2023

Mengetahui/Menyetujui

Diperiksa dan disetujui oleh

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



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

**THE EFFECT OF FLY ASH AND BOTTOM ASH WASTE OF PLTU
BANJARSARI WITH VARIATION OF ASPHALT ON WARM ASPHALT
MIXTURE OF LASTON AC-WC**

Muhammad Ahkam¹⁾, Mirka Pataras²⁾

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

Abstract

The type of asphalt that is often used for flexible pavements is a mixture of warm asphalt and asphalt which is heated to very high temperatures, so it requires a lot of fuel and can have a big impact on the environment. So efforts are made by reducing the temperature during the production of asphalt mixture, namely warm mix asphalt. In the process of mixing warm asphalt, zeolite and wax additives will be used, which function as temperature lowering. The results of the marshall test in this study were the highest optimum asphalt content in the standard oil-wax mixture of 6.23%, and the lowest in the standard buton-zeolite mixture of 5.98%. The standard rubber-wax mixture had the highest value on the stability parameter which was 1516.76 kg, and the marshall quotient was 438.76.

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

Palembang, Juli 2023

Mengetahui/Menyetujui

Diperiksa dan disetujui oleh

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 Ahkam

NIM : 03011381722087

Judul : PENGARUH LIMBAH *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU
BANJARSARI DENGAN VARIASI ASPAL PADA CAMPURAN
ASPAL HANGAT LASTON AC-WC

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 Ahkam

NIM. 03011381722087

xx

Universitas Sriwijaya

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah ini berupa Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Dengan Variasi Aspal Pada Campuran Aspal Hangat Laston AC-WC” yang disusun oleh Muhammad Ahkam, NIM. 03011381722087 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



Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., IPU.

NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil
dan Perencanaan



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

NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muhammad Ahkam
NIM : 03011381722087
Judul : Pengaruh Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari
Dengan Variasi Aspal Pada Campuran Aspal Hangat Laston AC-WC

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 Ahkam
NIM. 03011381722087

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Muhammad Ahkam
Tempat Tanggal Lahir : Palembang, 06 September 1999
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Email : ahkamfb106@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Masa
SD Kartika II-2 Palembang	-	-	2005-2011
SMP Muhammadiyah 4 Palembang	-	-	2011-2014
MAN 3 Palembang	-	IPA	2014-2017
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	2017-2023

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan hormat,



(Muhammad Ahkam)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara umum bidang teknik sipil dapat dikelompokkan menjadi bidang struktur, hidro, manajemen konstruksi, irigasi, geoteknik dan transportasi. Pada bidang transportasi, jalan darat harus terselenggara dengan baik agar mempermudah akses pengguna jalan dari suatu tempat ke tempat yang lain. Oleh karena itu kualitas jalan yang digunakan seharusnya menjamin kenyamanan para penggunanya.

Perkerasan jalan merupakan bagian jalan yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan, kekuatan, kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan terbagi menjadi tiga yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit. Struktur jalan yang paling umum digunakan merupakan perkerasan lentur. Perkerasan lentur terdiri dari agregat halus, agregat kasar, aspal dan *filler* (bahan pengisi). Dalam pembangunan konstruksi perkerasan jalan, komposisi campuran aspal yang sering digunakan sebagai lapisan permukaan adalah lapisan aspal beton (laston) AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*), yang merupakan struktur perkerasan pada bagian jalan yang langsung bergesekan dengan ban kendaraan. Lapisan aspal beton AC-WC rentan mengalami kerusakan akibat cuaca maupun kelebihan muatan. Oleh karena itu, dilakukan pencegahan dengan mencari material pengisi terbaik agar dapat meningkatkan mutu campuran aspal tersebut.

Jenis campuran aspal terdiri dari tiga bagian yaitu campuran aspal panas (*hot mix asphalt*), campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*) dan campuran aspal dingin (*cold mix asphalt*). Campuran aspal panas membutuhkan bahan bakar yang banyak agar dapat meningkatkan temperature suhu yang tinggi sehingga berdampak pada lingkungan dan pemanasan global. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan yaitu dengan cara menggunakan metode campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*), dikarenakan pada metode ini suhu yang digunakan lebih rendah dibandingkan

dengan campuran aspal panas. Pada proses pencampuran aspal hangat ini akan digunakan bahan aditif zeolit dan wax yang berfungsi untuk mengurangi temperatur suhu dan juga mudah untuk diperoleh.

Penelitian ini menggunakan sisa dari hasil pembakaran batubara dari PT.Bukit Pembangkit Innovative PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat (PT.Bukit Asam). Dari hasil pengolahan batu bara tersebut maka akan menghasilkan limbah abu terbang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Bahan tersebutlah yang akan digunakan sebagai bahan tambahan pada campuran aspal hangat.

Upaya meningkatkan kekuatan, mengurangi biaya dan mengurangi bahan bakar pada struktur perkerasan jalan, maka dari itu tugas akhir ini akan membahas tentang “ Pengaruh Limbah Fly Ash dan Bottom Ash PLTU Banjarsai Dengan Variasi Aspal Pada Campuran Aspal Hangat Laston AC-WC’. Diharapkan penggunaan limbah fly ash dan bottom ash dapat memenuhi nilai-nilai stabilitas yang memenuhi syarat dari spesifikasi BinaMarga tahun 2018 (Revisi 2).

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana karakteristik *marshall* campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*) limbah fly ash dan bottom ash dengan variasi aspal minyak, aspal karet dan aspal buton pada laston lapis aus (WMAc-WC).
2. Bagaimana hasil nilai dari kadar aspal optimum (KAO) dan parameter-parameter *marshall* dengan variasi aspal minyak , aspal karet dan aspal buton pada campuran aspal hangat dengan menggunakan bahan tambahan *fly ash* dan *bottom ash* pada laston lapis aus (AC-WC).

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, berikut adalah tujuan penelitian yang akan dibahas pada penelitian ini antara lain :

1. Menganalisa karakteristik *marshall* campuran aspal hangat (*warm mix asphalt*) limbah fly ash dan bottom ash dengan variasi aspal minyak, aspal karet dan aspal buton pada laston lapis aus (WMAc-WC).
2. Menganalisa dan membandingkan hasil nilai kadar aspal optimum (KAO) dan parameter-parameter *marshall* dengan variasi aspal minyak , aspal karet dan aspal buton pada campuran aspal hangat dengan menggunakan bahan tambahan *fly ash* dan *bottom ash* pada laston lapis aus (AC-WC).

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, berikut adalah batasan pembahasan yang akan dibahas pada penelitian ini antara lain :

1. Penelitian ini dilaksanakan dalam skala laboratorium.
2. Material yang digunakan yaitu variasi aspal minyak , aspal karet dan aspal buton pada campuran hangat (*warm mix*) dengan bahan aditif tambahan zeolit dan *wax*, *filler* serta agregat kasar dan agregat halus yang sesuai dengan standar Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Seksi 6.4.
3. Limbah yang digunakan adalah *fly ash* sebagai bahan pengisi (*filler*) dan *bottom ash* sebagai bahan pengganti agregat halus dari PT. Bukit Pembangkit innovative PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat.
4. Standar yang digunakan pada penelitian ini adalah Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 Seksi 6.4.
5. Metode yang digunakan adalah metode *Marshall*
6. Penelitian ini merupakan bagian penelitian disertasi Bapak Mirka Pataras,S.T.,M.T. yang merupakan kerjasama antara Universitas Sriwijaya dan Universiti Teknologi Malaysia (UTM)

1.5 Rencana Sistematika Penulisan

Adapun rencana sistematika penulisan pada proposal laporan tugas akhir ini terbagi menjadi tiga bagian, yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka pembahasan mengenai informasi teori dasar yang berkaitan dengan penelitian dasar, seperti material penyusun perkerasan jalan, komponen campuran aspal serta metode pengujian yang akan dilakukan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian ini pembahasan mengenai prosedur yang akan dilakukan dalam penelitian yang berbentuk diagram alir dan membahas teknik pelaksanaan penelitian serta pembuatan dan pengujian 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 ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilaksanakan dan juga saran mengenai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

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

DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto F, Yelvi (2008) Pemamfaatan limbah abu batu bara sebagai bahan pengganti sebagian semen dan agregat untuk pembuatan paving block.
- Affandi, Furqon., Hadisi, Hendri. (2011). Pengaruh Metode Aktivasi Zeolite Alam sebagai Bahan Penurun Temperatur Campuran Beraspal Hangat. Bandung : Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.
- Amalia, R. (2020) Pengaruh Penggunaan Material Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat Sumatera Selatan Terhadap Perkerasan Jalan Lentur Pada Lapisan Laston *Binder Course* (AC-BC).
- Arifudin, M.F. (2020). Pengaruh Penggunaan *Buttom Ash* Pada Campuran Aspal Beton AC-WC Pen 60/70 Terhadap Parameter *Marshall*
- Farras M A (2020). Pengaruh Pemanfaatan Material Sisa Pembakaran Batubara (Fly Ash dan Bottom Ash) PLTU Banjarsari Kab.Lahat Terhadap Laston AC-WC Menggunakan Metode Marshall.
- Marsya, Fristi Afifah (2021). Pengaruh Limbah Fly Ash dan Bottom Ash PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat Pada Campuran Aspal Hangat Laston AC-WC Terhadap Perkerasan Lentur
- Permana Adi Irfansyah, Ary Setyawan, Djumari (2017). Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton Menggunakan Daspal Sebagai Bahan Pengikat.
- Putri, Maulidina 'A.A.(2020) Karakteristik *Marshall Flexible Pavement Hot Rolled Sheet-Wearing Course* Menggunakan Limbah Sisa Pembakaran Batu Bara (*Fly Ash* dan *Bottom Ash*) PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat
- Siregar, W.R. (2019). Kinerja Campuran Hangat (Warm Mix) Laston Lapis Aus (WMAC-WC) dengan Penambahan Zeolit dan Wax.
- Sukirman, Silvia. (2003). Beton Aspal Campuran Panas. Grafika Yuana Marga :

Bandung.

Tahir Anas, (2009). Karakteristik Campuran Beton Aspal dengan Menggunakan Kadar Filler Abu Terbang Batu Bara, Smartek,