

# **TUGAS AKHIR**

## ***KINERJA WARM MIX ASPHALT FLEXIBLE PAVEMENT MENGGUNAKAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH PLTU BANJARSARI LAHAT (PT BUKIT ASAM) PADA LASTON AC-BC***

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



**NINDYA ADHA KURNIA DININGRUM**

**03011381722141**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2021**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**KINERJA WARM MIX ASPHALT FLEXIBLE PAVEMENT  
MENGUNAKAN FLY ASH DAN BOTTOM ASH PLTU BANJARSARI  
LAHAT (PT BUKIT ASAM) PADA LASTON AC-BC**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar  
Sarjana Teknik

Oleh:


**NINDYA ADHA KURNIA DININGRUM  
03011381722141**

**Palembang, 13 Juli 2021**

**Dosen Pembimbing I,**

  
**Mirka Pataras, S.T., M.T.**  
**NIP. 198111202008121001**

**Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing II,**

  
**Dr. Edi Kadarsa, S.T., M.T.**  
**NIP. 197311032008121003**

**Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,**

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

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah Subhanahu Wata'ala karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi tugas akhir berjudul “Kinerja *Warm Mix Asphalt Flexible Pavement* Menggunakan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC”. Penyusunan laporan ini juga dibantu oleh beberapa pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Kepada kedua orang tua dan saudara penulis yang telah memberi semangat dan doa kemudahan dalam penulisan laporan ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE., selaku Rektor Universitas Sriwijaya dan *coordinator matching grant* antara UNSRI dan UTM.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik.
4. Ibu Dr. Ir. Saloma, M.T., selaku Ketua Jurusan.
5. Bapak Mirka Pataras, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Edi Kadarsa, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang telah turut membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Ibu Sakura Yulia Iryani, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing akademik.
7. Teman Satu tim dan satu angkatan dari Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya dan pihak lain yang ikut membantu penulis untuk menyelesaikan laporan penelitian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Palembang, Juli 2021



Nindya Adha Kurnia D

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
HALAMAN RINGKASAN .....	xvi
HALAMAN <i>SUMMARY</i> .....	xvi
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xviii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	xix
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xx
DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Ruang Lingkup Penelitian .....	5
1.5. Rencana Sistematika Penulisan.....	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Penelitian Terdahulu.....	8

2.2. Campuran Beraspal Hangat ( <i>Warm Mix Asphalt</i> ).....	16
2.3 Bahan Aditif.....	18
2.4. Pembuatan dan Produksi Campuran Aspal.....	21
2.5. Lapis Aspal Beton (Laston) .....	21
2.6. Beton Aspal Lapis Pengikat ( <i>AC Binder</i> ).....	23
2.7. Gradasi Agregat Gabungan.....	23
2.8. PT Bukit Asam.....	25
2.9. PT Bukit Pembangkit Innovative PLTU Banjarsari 2 × 135 MW .....	26
2.9.1. Profil PLTU Banjarsari.....	27
2.10. Limbah.....	30
2.10.1. Limbah <i>Fly Ash</i> .....	30
2.10.2. Limbah <i>Bottom Ash</i> .....	33
2.11. Pengujian <i>Marshall</i> .....	36
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	37
3.1. Umum .....	37
3.2. Studi Literatur dan Lapangan.....	37
3.3. Persiapan Material dan Peralatan .....	39
3.4. Pengujian Material di Laboratorium .....	48
3.5. <i>Design Mix Formula</i> (DMF) dan <i>Job Mix Formula</i> (JMF).....	59
3.6. Pembuatan Benda Uji .....	60
3.7. Pengujian <i>Marshall</i> .....	62
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....	63
4.1. Hasil Pemeriksaan Uji Karakteristik Agregat.....	63
4.2. Hasil Pemeriksaan Uji Karakteristik Aspal .....	67

4.3. Hasil Pemeriksaan Uji Karakteristik Bahan Aditif .....	69
4.4. Perbandingan (Komparasi) Karakteristik Bahan Pengganti .....	70
4.5. Hasil Pengujian XRF (X-Ray Fluoresence) .....	71
4.6. Perhitungan Kadar Aspal Rencana ( <i>Design Mix Formula</i> ) Lapisan AC-BC .....	72
4.7. Komposisi Material Agregat Terhadap Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan (Zeolit/Wax) dan Campuran Beraspal Hangat Bahan AC-BC dengan Penambahan (Zeolit/Wax) dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku <i>Fly Ash</i> dan <i>Bottom Ash</i> .....	75
4.7.1. Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Wax .....	76
4.7.2. Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Zeolit ...	79
4.7.3. Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Wax dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Pengganti <i>Filler</i> dan <i>Bottom Ash</i> Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir) .....	82
4.7.4. Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Pengganti <i>Filler</i> dan <i>Bottom Ash</i> Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir) .....	86
4.8. Pembuatan Benda Uji .....	90
4.9. Hasil Pemeriksaan <i>Marshall</i> .....	91
4.9.1. Hasil Pemeriksaan <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Wax .....	91
4.9.2. Hasil Pemeriksaan <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Zeolit .....	99
4.9.3. Hasil Pemeriksaan <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Wax dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Pengganti <i>Filler</i> dan <i>Bottom Ash</i> Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir) .....	105

4.9.4.	Hasil Pemeriksaan <i>Marshall</i> Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku <i>Fly Ash</i> sebagai Bahan Pengganti <i>Filler</i> dan <i>Bottom Ash</i> Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir) .....	113
4.9.5.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Berdasarkan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO).....	120
4.10	Pembahasan.....	122
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		131
5.1.	Kesimpulan .....	131
5.2	Saran .....	133
DAFTAR PUSTAKA .....		136
LAMPIRAN		

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2. 1.Sifat Bahan Tambah Zeolit untuk Campuran Beraspal Hangat .....	19
Tabel 2. 2. Ketentuan Temperatur untuk Pencampuran dan Pematatan .....	21
Tabel 2. 3. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC) .....	22
Tabel 2. 4. Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal .....	23
Tabel 2. 5. Contoh Batas-batas “Bahan Bergradasi Senjang” .....	24
Tabel 2. 6. Persyaratan Bahan Pengisi .....	24
Tabel 2. 7. Komposisi Kimia Fly Ash (dengan XRF, %berat) .....	32
Tabel 2. 8. Laporan Analisis Fly Ash Analysis, Loss On Ignition, Relative Density, Total Sulphur, Carbon, Total Moisture .....	32
Tabel 2. 9. Sifat Fisik Bottom Ash .....	34
Tabel 2. 10. Komposisi Kimia Bottom Ash (dengan XRF, %berat) .....	35
Tabel 2. 11. Laporan Analisis Ash Analysis, Loss On Ignition, Relative Density, Total Sulphur, Carbon, Total Moisture .....	35
Tabel 3. 1. Jumlah Sampel Benda Uji untuk Marshall Test.....	60
Tabel 4. 1. Hasil Pemeriksaan Analisa Saringan Agregat .....	63
Tabel 4. 2. Hasil Uji Karakteristik Batu Pecah 1-2 .....	64
Tabel 4. 3. Hasil Uji karakteristik Batu Pecah 1-1 .....	64
Tabel 4. 4. Hasil Uji Karakteristik Abu Batu .....	65
Tabel 4. 5. Hasil Uji Karakteristik Pasir .....	66
Tabel 4. 6. Hasil Uji Karakteristik Bottom Ash .....	66
Tabel 4. 7. Hasil Uji Karakteristik Filler (Semen).....	67
Tabel 4. 8. Hasil Uji karakteristik Filler (Fly Ash).....	67
Tabel 4. 9. Hasil Uji Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 .....	68
Tabel 4. 10. Hasil Uji Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70-Wax 1%.....	68
Tabel 4. 11. Hasil uji karakteristik aspal penetrasi 60/70-Wax 2%.....	69
Tabel 4. 12. Hasil Uji Sifat Bahan Aditif Zeolit untuk Campuran Beraspal Hangat .....	69
Tabel 4. 13. Hasil Uji Sifat Bahan Aditif Wax untuk Campuran Beraspal Hangat .....	70



Tabel 4. 14. Komparasi Karakteristik Agregat Halus .....	70
Tabel 4. 15. Komparasi Karakteristik Filler .....	71
Tabel 4. 16. Uji XRF Fly Ash .....	71
Tabel 4. 17. Uji XRF Bottom Ash .....	72
Tabel 4. 18. Titik control (batas bawah dan batas atas) gradasi persen lolos lapis aspal beton lapis pengikat AC-BC (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018 revisi 2) .....	73
Tabel 4. 19. Perkiraan Kadar Aspal Rencana .....	75
Tabel 4. 20. Hasil Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Agregat (Pengujian Laboratorium) .....	76
Tabel 4. 21. Komposisi Gradasi Lolos Saringan yang Digunakan Dalam Perhitungan Metode Matriks Identitas Gauss-Jordan .....	76
Tabel 4. 22. Perhitungan Gradasi Campuran Laston Beraspal Standar AC-BC ..	78
Tabel 4. 23. Hasil Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Agregat (Pengujian Laboratorium) .....	79
Tabel 4. 24. Komposisi gradasi lolos saringan yang digunakan dalam perhitungan metode Matriks Identitas Gauss-Jordan .....	80
Tabel 4. 25. Perhitungan Gradasi Campuran Laston Beraspal Standar AC-BC ..	81
Tabel 4. 26. Hasil Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Agregat (Pengujian Laboratorium) .....	82
Tabel 4. 27. Komposisi gradasi lolos saringan yang digunakan dalam perhitungan metode Matriks Identitas Gauss-Jordan .....	83
Tabel 4. 28. Perhitungan Gradasi Campuran Laston .....	85
Tabel 4. 29. Hasil Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Agregat (Pengujian Laboratorium) .....	86
Tabel 4. 30. Komposisi gradasi lolos saringan yang digunakan dalam perhitungan metode Matriks Identitas Gauss-Jordan .....	87
Tabel 4. 31. Perhitungan Gradasi Campuran Laston .....	89
Tabel 4. 32. Hasil pemeriksaan Marshall Campuran beraspal standar AC-BC dengan penambahan wax .....	91
Tabel 4. 33. Hasil Pemeriksaan Marshall Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Zeolit .....	99

Tabel 4. 34. Hasil Pemeriksaan Marshall Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Wax dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Filler dan Bottom Ash Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir).....	106
Tabel 4. 35. Hasil Pemeriksaan Marshall Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Filler dan Bottom Ash Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir).....	113
Tabel 4. 36. Hasil Pengujian Marshall Pada Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Wax .....	121
Tabel 4. 37. Hasil Pengujian Marshall Pada Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Wax dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Filler dan Bottom Ash Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir) .....	121
Tabel 4. 38. Hasil Pengujian Marshall Pada Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Zeolit.....	121
Tabel 4. 39. Hasil Pengujian Marshall Pada Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Filler dan Bottom Ash Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir) .....	122
Tabel 4. 40. Rangkuman hasil Marshall berdasarkan nilai KAO dan Parameter Marshall Campuran Laston AC-BC .....	122

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2. 1. Logo BPI .....	26
Gambar 2. 2. Overall Proses Produksi Listrik .....	29
Gambar 2. 3. Alur Distribusi Listrik .....	30
Gambar 2. 4. Fly Ash PLTU Banjarsari.....	32
Gambar 2. 5. Bottom Ash PLTU Banjarsari .....	34
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian .....	38
Gambar 3. 2. Agregat 1-2 dan Agregat 1-1.....	39
Gambar 3. 3. Pasir dan Abu Batu .....	40
Gambar 3. 4. Semen dan Aspal .....	40
Gambar 3. 5. Bottom Ash dan Fly Ash.....	40
Gambar 3. 6. Zeolit dan Wax .....	40
Gambar 3. 7. Hcl dan Aqua DM.....	41
Gambar 3. 8. Timbangan Digital dan Uji penetrasi .....	41
Gambar 3. 9. Alat uji Berat jenis dan Alat uji Daktilitas .....	42
Gambar 3. 10. Alat uji titik lembek dan Alat uji titik nyala dan titik bakar .....	42
Gambar 3. 11. Timbangan digital dan Alat quartering .....	43
Gambar 3. 12. Alat saringan agregat dan Alat berat jenis agregat halus .....	43
Gambar 3. 13. Alat berat jenis agregat kasar dan Alat berat isi agregat.....	43
Gambar 3. 14. Alat uji kesetaraan pasir dan Alat uji Abrasi Los Angeles .....	44
Gambar 3. 15. Alat saringan agregat dan Alat uji kadar air.....	44
Gambar 3. 16. Oven .....	45
Gambar 3. 17. Timbangan Digital dan Alat uji penetrasi .....	45
Gambar 3. 18. Alat uji Berat jenis dan Alat uji Daktilitas .....	46
Gambar 3. 19. Alat uji titik lembek dan Alat uji titik nyala dan titik lembek.....	46
Gambar 3. 20. Alat saringan agregat dan Piknometer .....	47
Gambar 3. 21. Alat Penumbuk dan Alat pengeluar benda uji.....	47
Gambar 3. 22. Alat Marshall Test .....	48
Gambar 3. 23. Pencampuran Agregat-aspal dan Pengeluaran benda uji .....	61
Gambar 3. 24. Benda uji setelah pemadatan dan Perendaman benda uji.....	61

Gambar 3. 25. Benda Uji dalam Waterbath dan Pengujian Marshall .....	61
Gambar 4. 1. Grafik Komposisi Gradasi Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Wax .....	79
Gambar 4. 2. Grafik Komposisi Gradasi Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Zeolit .....	82
Gambar 4. 3. Grafik Komposisi Gradasi Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Wax dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Filler dan Bottom Ash Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir).....	86
Gambar 4. 4. Grafik Komposisi Gradasi Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Filler dan Bottom Ash Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir).....	90
Gambar 4. 5. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Kepadatan .....	93
Gambar 4. 6. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VMA .....	93
Gambar 4. 7. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VFA.....	94
Gambar 4. 8. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VIM.....	95
Gambar 4. 9. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas .....	96
Gambar 4. 10. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Kelelehan (flow) ..	97
Gambar 4. 11. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Marshall Quotient (MQ) .....	97
Gambar 4. 12. Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Wax .....	98
Gambar 4. 13. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Kepadatan .....	100
Gambar 4. 14. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VMA .....	101
Gambar 4. 15. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VFA.....	101
Gambar 4. 16. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VIM .....	102
Gambar 4. 17. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas .....	103
Gambar 4. 18. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Kelelehan (flow)	103
Gambar 4. 19. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Marshall Quotient (MQ) .....	104

Gambar 4. 20. Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Standar AC-BC dengan Penambahan Zeolit .....	105
Gambar 4. 21. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Kepadatan .....	107
Gambar 4. 22. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VMA .....	108
Gambar 4. 23. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VFA.....	109
Gambar 4. 24. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VIM .....	109
Gambar 4. 25. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas .....	110
Gambar 4. 26. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Kelelehan (flow)	111
Gambar 4. 27. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Marshall Quotient (MQ) .....	111
Gambar 4. 28. Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Wax dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Filler dan Bottom Ash Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir).....	112
Gambar 4. 29. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Kepadatan .....	115
Gambar 4. 30. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VMA .....	115
Gambar 4. 31. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VFA.....	116
Gambar 4. 32. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai VIM .....	117
Gambar 4. 33. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Stabilitas .....	117
Gambar 4. 34. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Kelelehan (flow)	118
Gambar 4. 35. Grafik Pengaruh Kadar Aspal Terhadap Nilai Marshall Quotient (MQ) .....	119
Gambar 4. 36. Penentuan Kadar Aspal Optimum AC-BC Campuran Beraspal Hangat AC-BC dengan Penambahan Zeolit dan Pemanfaatan Limbah Sisa Pembakaran Tungku Fly Ash sebagai Bahan Pengganti Filler dan Bottom Ash Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus (Pasir) .....	120
Gambar 4. 37. Grafik perbandingan hasil nilai kadar aspal optimum .....	124
Gambar 4. 38. Grafik perbandingan hasil nilai kepadatan .....	124
Gambar 4. 39. Grafik perbandingan hasil nilai VMA .....	125
Gambar 4. 40. Grafik perbandingan hasil nilai VFA.....	126
Gambar 4. 41. Grafik perbandingan hasil nilai VIM .....	127
Gambar 4. 42. Grafik perbandingan hasil nilai Stabilitas .....	128

Gambar 4. 43. Grafik perbandingan hasil nilai kelelahan.....	129
Gambar 4. 44. Grafik perbandingan hasil nilai MQ .....	130

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Perhitungan Job Mix Formula Campuran AC-BC Standar-Zeolit dan Campuran AC-BC Standar-Wax .....	xxii
Lampiran 2. Perhitungan Job Mix Formula Campuran WMA AC-BC Bottom ash - Fly Ash dengan penambahan Zeolit dan Campuran WMA AC-BC Bottom ash - Fly Ash dengan penambahan Wax .....	xxxv
Lampiran 3. Uji Karakteristik Fly Ash dan Bottom Ash (GeopolymerID) .....	xlvi
Lampiran 4. Uji XRF Fly Ash dan Bottom Ash (Sucofindo) .....	lvii
Lampiran 5. Uji XRF Fly Ash dan Bottom Ash (Lab. Survei Geologi Bandung) .....	lix
Lampiran 6. Uji XRF Pasir dan Semen (UPT. Lab Undip) .....	lxii
Lampiran 7. Pengujian Agregat .....	lxiv
Lampiran 8. Pengujian Aspal .....	lxxix
Lampiran 9. Laporan Produksi Fly Ash PLTU Banjarsari Lahat .....	lxxxv
Lampiran 10. Laporan Produksi Bottom Ash PLTU Banjarsari Lahat .....	lxxxvi

## RINGKASAN

KINERJA *WARM MIX ASPHALT FLEXIBLE PAVEMENT* MENGGUNAKAN *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU BANJARSARI LAHAT (PT BUKIT ASAM) PADA LASTON AC-BC

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, 13 Juli 2021

Nindya Adha Kurnia Diningrum; Dibimbing oleh Mirka Pataras, S.T., M.T. dan Dr. Edi Kadarsa, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

lxxxvi + halaman 139 halaman, 74 gambar, 52 tabel

Campuran beraspal panas berdampak pada minyak bumi serta memiliki efek produksi CO<sub>2</sub> menjadi tinggi, sehingga memacu pemanasan global. Oleh sebab itu, diperlukan suatu inovasi pada campuran beraspal yang dapat menjaga kelestarian lingkungan serta meminimalkan dampak buruk lingkungan. Penggunaan metode *warm mix asphalt* merupakan inovasi yang dapat mengurangi pemanasan global dan *exhaust gas emissions*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen berupa campuran standar dengan penambahan zeolit, campuran standar dengan penambahan wax, campuran beraspal hangat dengan penambahan zeolit dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* dan *bottom ash*, campuran beraspal hangat dengan penambahan wax dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* dan *bottom ash*. Dalam hal ini, material *fly ash* sebagai substitusi *filler* dan *bottom ash* sebagai substitusi pasir. Hasil pengujian *fly ash* dan *bottom ash* telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2. campuran aspal hangat AC BC-wax dan pemanfaatan *fly ash* selaku substitusi *filler* dan *bottom ash* selaku substitusi pasir menghasilkan nilai VMA tertinggi yaitu 17,09% artinya banyak terdapat celah dalam campuran berisi aspal sehingga menjadi tahan air dan udara. *Fly ash* dan *bottom ash* dapat memperkuat ikatan agregat dan aspal, menjaga ketahanan slip aspal pada agregat, tahanan geser, penguncian antar butiran yang tinggi. Nilai stabilitas dan MQ tertinggi yaitu stabilitas sebesar 1189,34 kg dan MQ sebesar 406,85 kg/mm. Nilai stabilitas tinggi berarti rongga campuran rendah, sehingga celah antar campuran dapat diisi material, sehingga menghasilkan kekuatan dalam campuran. Kadar aspal optimum terendah diperoleh pada campuran beraspal standar AC-BC dengan penambahan zeolit yaitu 5,1% sehingga campuran ini lebih efisien penggunaan aspal dibandingkan campuran lainnya.

**Kata kunci:** campuran beraspal panas, *warm mix asphalt*, *fly ash*, *bottom ash*, zeolit, wax



## SUMMARY

PERFORMANCE OF WARM MIX ASPHALT FLEXIBLE PAVEMENT USING FLY ASH AND BOTTOM ASH PLTU BANJARSARI LAHAT (PT BUKIT ASAM) AT LASTON AC-BC

Scientific paper in the form of a Final Project, July 13 2021

Nindya Adha Kurnia Diningrum; Supervised by Mirka Pataras, S.T., M.T. and Dr. Edi Kadarsa, S.T., M.T.

Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

lxxxvi + page 139 pages, 74 pictures, 52 tables

Hot mix asphalt has an impact on petroleum and has the effect of high CO<sub>2</sub> production, thus spurring global warming. Therefore, we need an innovation in asphalt mixtures that can preserve the environment and minimize the negative impact on the environment. The use of the warm mix asphalt method is an innovation that can reduce global warming and exhaust gas emissions. This research uses experimental methods in the form of a standard mixture with the addition of zeolite, a standard mixture with the addition of wax, a warm asphalt mixture with the addition of zeolite and the utilization of waste from the combustion of fly ash and bottom ash furnaces, a mixture of warm asphalt with the addition of wax and the utilization of waste from the combustion of fly ash furnace and bottom ash. In this case, fly ash is used as filler substitution and bottom ash is used as sand substitution. The results of the fly ash and bottom ash test have met the General Specifications of Bina Marga 2018 revision 2. A mixture of warm asphalt AC BC-wax and the use of fly ash as a filler substitution and bottom ash as a sand substitution resulted in the highest VMA value of 17.09% meaning that there are many gaps in a mixture containing asphalt so that it becomes water and air resistant. Fly ash and bottom ash can strengthen the bond of aggregate and asphalt, maintain asphalt slip resistance in the aggregate, shear resistance, high intergranular locking. The highest stability and MQ values are stability of 1189.34 kg and MQ of 406.85 kg/mm. A high stability value means that the voids of the mixture are low, so that the gaps between the mixtures can be filled with the material, resulting in strength in the mixture. The lowest optimum asphalt content was obtained in the AC-BC standard asphalt mixture with the addition of zeolite which was 5.1% so that this mixture was more efficient in using asphalt than other mixtures.

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

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nindya Adha Kurnia Diningrum

NIM : 03011381722141

Judul : Kinerja *Warm Mix Asphalt Flexible Pavement* Menggunakan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC

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, 13 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



**Nindya Adha Kurnia D**

**NIM. 03011381722141**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Kinerja *Warm Mix Asphalt Flexible Pavement* Menggunakan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC” yang disusun oleh, Nindya Adha Kurnia Diningrum, 03011381722141 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 13 Juli 2021.

Palembang, Juli 2021

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Pembimbing:

1. Mirka Pataras, S.T., M.T.  
NIP. 198111202008121001
2. Dr. Edi Kadarsa, S.T., M.T.  
NIP. 197311032008121003

(  )

(  )

Penguji:

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

(  )

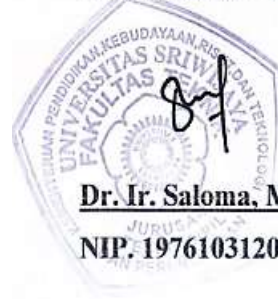
**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Teknik**

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

**NIP. 196706151995121002**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil**



**Dr. Ir. Saloma, M.T.**

**NIP. 197610312002122001**

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nindya Adha Kurnia Diningrum  
NIM : 03011381722141  
Judul : Kinerja *Warm Mix Asphalt Flexible Pavement* Menggunakan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC

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, 13 Juli 2021



**Nindya Adha Kurnia D**

**NIM.03011381722141**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Nindya Adha Kurnia Diningrum  
Tempat Tanggal Lahir: Bandar Lampung, 28 Maret 1999  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Email : nindyaadha6@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Masa
SD Bina Bangsa Palembang	-	-	2004-2007
SD Negeri 1 Palapa Bandar Lampung	-	-	2007-2010
SMP Kartika II-2 Bandar Lampung	-	-	2010-2011
SMP Xaverius Bukittinggi	-	-	2011-2012
SMP Muhammadiyah 4 Palembang	-	-	2012-2013
SMA Negeri 13 Palembang	-	IPA	2014-2016
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	2017-2021

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan hormat,



(Nindya Adha Kurnia D)

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bahan konstruksi jalan raya di Indonesia rata-rata menggunakan perkerasan berbahan dasar dari aspal serta penerapannya menggunakan campuran beraspal panas. Campuran beraspal panas terbentuk dari adanya agregat dan aspal yang digabungkan. Aspal digunakan dalam campuran beraspal panas sebagai bahan pengikat. Campuran antara agregat dan aspal tersebut dipanaskan dalam suhu tinggi sehingga diperoleh mutu campuran yang baik dan sesuai. Teknik pemanasan membutuhkan cukup banyak bahan bakar dalam menaikkan suhu agregat dan aspal dari suhu lingkungan ke suhu yang diinginkan. Dikarenakan banyaknya produksi dari campuran beraspal panas, sehingga menghasilkan emisi gas buang (*exhaust gas emissions*) yang berdampak buruk pada lingkungan. Selain itu, campuran beraspal panas berdampak pada minyak bumi yang kian hari kian menipis dan dari penggunaan suhu yang cukup tinggi tersebut memiliki efek produksi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) menjadi tinggi sehingga akan memacu adanya pemanasan global. Oleh sebab itu, diperlukan suatu inovasi pada campuran aspal yang dapat menjaga kelestarian lingkungan secara keseluruhan dan mengelola potensi alam yang bisa dikembangkan serta meminimalkan adanya dampak tidak baik dari aktivitas manusia terhadap lingkungan.

Penggunaan metode campuran beraspal hangat (*warm mix asphalt*), merupakan salah satu inovasi yang dapat dilakukan dalam upaya mengurangi pemanasan global serta emisi gas buang (*exhaust gas emissions*). Bahan tambah aditif diperlukan dalam menghasilkan campuran beraspal hangat karena akan dapat membantu menurunkan suhu pencampuran. Dengan metode campuran beraspal hangat menggunakan bahan tambah dapat menurunkan suhu pencampuran dan diharapkan dapat menurunkan viskositas aspal, menurunkan jumlah bahan bakar serta energi yang digunakan. Di Indonesia tersebar kekayaan alam yang berupa zeolit di beberapa tempat seperti di Provinsi Jawa Barat, Provinsi Jawa Tengah, serta Sulawesi Barat. Zeolit alam ini, memiliki sifat yang mudah dalam menyerap air dan melepaskannya apabila terkena panas, sehingga memiliki kemampuan

sebagai bahan tambah pada campuran beraspal hangat. Selain zeolit, bahan tambah yang dapat digunakan yaitu wax yang berasal bukan dari turunan minyak bumi. Pada penelitian ini, menggunakan bahan tambah aditif berupa zeolit dan wax dalam membantu campuran beraspal hangat.

Dalam melakukan konservasi kebutuhan energi dan pemanfaatan sumber daya alam digunakan produksi limbah sisa pembakaran tungku berupa *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) berasal pada kegiatan pembangkit yang memanfaatkan *energy* kinetik uap dalam menghasilkan listrik (PLTU) dimana keberadaannya mudah dijangkau dari PT. Bukit Asam (Persero) yaitu salah satu perusahaan BUMN daerah Sumatera Selatan dengan mendayagunakan batu bara dari tambang Muara Tiga Besar Selatan yang dimiliki oleh PT. Bukit Asam (Persero) dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 2×135 MW berlokasi di Banjarsari Kabupaten Lahat Sumatera Selatan. Produksi limbah PT Bukit Asam ialah *bottom ash* (abu dasar) dalam sehari menghasilkan 250 ton sedangkan limbah *fly ash* (abu terbang) yang dihasilkan mencapai 200 hingga 1000 ton dalam sehari. PLTU Banjarsari Lahat biasanya mengirimkan limbah yang mereka hasilkan ke PT Semen Batu Raja sebagai bahan dalam pencampuran semen. Pengoptimalan terhadap limbah pembakaran batu bara *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) PLTU Banjarsari Lahat belum dapat dilakukan karena operasi sistem pada pembangkit yang belum maksimal. Oleh karena itu, dengan adanya limbah yang tidak berguna tersebut, maka memiliki potensi untuk dapat dimanfaatkan industri, khususnya dalam hal ini industri pada bidang konstruksi seperti bahan campuran jalan.

Produksi limbah pada PLTU Banjarsari Lahat yang cukup banyak dihasilkan dapat mengefisienkan penyaluran energi yang berdampak pada menurunnya penggunaan energi dengan kualitas mutu yang sama serta mengelola lingkungan dan sumber daya alam secara arif. Dengan adanya limbah ini, maka tidak diperlukan lagi adanya pemanfaatan sumber daya alam yang lain. Penggunaan limbah *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) dari Pembangkit Listrik tenaga uap dengan kapasitas 2×135 MW Banjarsari Lahat dipilih dalam penelitian ini dikarenakan karakteristik gradasi agregat dari *fly ash* yang menyerupai semen sebagai *filler* dan *bottom ash* yang serupa dengan pasir sungai yang biasanya

digunakan dalam campuran jalan. Selain itu, kandungan *silica* dari limbah *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar) dari Pembangkit listrik dengan tenaga uap kapasitas 2×135 MW Banjarsari Lahat telah diuji dan menghasilkan kandungan *silica* yang cukup tinggi namun *fly ash* ini mengandung bahan kimia yang kadar racunnya masih di bawah ambang batas yang dipersyaratkan sesuai uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) sehingga masih dalam kategori aman terhadap lingkungan.

Pada penelitian ini menjalankan metode *warm mix asphalt* (campuran aspal hangat) tepatnya pada laston lapis antara (AC-BC) dimana laston AC-BC memiliki fungsi dalam menahan beban maksimal dari beban lalu lintas. Campuran beraspal hangat juga diharapkan mampu memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 revisi 2 yakni berupa rongga dalam agregat, rongga terisi aspal, rongga dalam campuran, stabilitas, *flow*, *marshall quotient*, serta mendapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO). Berdasarkan pada informasi yang tercantum sebelumnya, maka akan dilanjutkan penelitian yang merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya tentang dampak pemanfaatan limbah *fly ash* serta *bottom ash* dari PLTU Banjarsari di kabupaten Lahat Sumatera Selatan terhadap *flexible pavement* susunan lapis aspal beton *binder course* (AC-BC) dan pengaruh dari pemakaian zeolit serta wax (lilin) pada lapisan antara dengan kombinasi aspal hangat.

Sehingga di laporan tugas akhir ini, penyusun mengulas mengenai Kinerja *Warm Mix Asphalt Flexible Pavement* Menggunakan Limbah *Fly Ash* (abu terbang) dan *Bottom Ash* (abu dasar) PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC. Penelitian ini bertujuan sebagai upaya pemanfaatan limbah, mengefisienkan pendistribusian energi yang berakibat pada penggunaan energi yang menurun tetapi tetap mendapatkan hasil kualitas mutu yang sama serta mengelola lingkungan, sumber daya alam, meningkatkan kekuatan konstruksi jalan dengan biaya yang lebih ekonomis tanpa mengurangi keefektifan dari campuran aspal, menganalisa kinerja penggunaan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* serta *bottom ash* pada campuran beraspal hangat, menganalisa dan membandingkan nilai kandungan/kadar aspal optimum (KAO) dari sampel yang dikaji juga mengusut campuran beraspal hangat tersebut sesuai dengan persyaratan yang didelegasikan



dalam Divisi 6 Seksi 6.4 pada Spesifikasi global (umum) Bina Marga 2018 (Revisi 2).

### 1.2. Rumusan Masalah

Bersumber pada latar belakang yang sudah diperinci mengenai Kinerja *Warm Mix Asphalt Flexible Pavement* Menggunakan *Fly Ash* serta *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC, berikut merupakan rumusan permasalahan yang hendak di analisis pada riset ini :

1. Bagaimana analisis terhadap limbah sisa dari pembakaran tungku berupa *fly ash* (abu terbang) selaku substitusi bahan pengisi (*filler*) serta *bottom ash* (abu dasar) selaku substitusi pasir dari PT Bukit Pembangkit *Innovative* PLTU Banjarsari (PT Bukit Asam) dalam pencampuran aspal mampu memenuhi standar Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 (Revisi 2)?
2. Bagaimana kinerja parameter *Marshall* pada laston lapis antara (AC-BC) terhadap campuran standar dengan penambahan zeolit, campuran standar dengan penambahan wax, campuran beraspal hangat dengan penambahan zeolit dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar), campuran beraspal hangat dengan penambahan wax dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar)?
3. Bagaimana rasio nilai kadar aspal optimum pada laston lapis antara (AC-BC) terhadap campuran standar dengan penambahan zeolit, campuran standar dengan penambahan wax, campuran beraspal hangat dengan penambahan zeolit dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar), campuran beraspal hangat dengan penambahan wax dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar)?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Merujuk dari rumusan masalah diatas, maka tujuan dilakukan penelitian adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis limbah sisa pembakaran tungku berupa *fly ash* (abu terbang) selaku substitusi bahan pengisi (*filler*) serta *bottom ash* (abu dasar) selaku substitusi pasir dari PT Bukit Pembangkit *Innovative* PLTU Banjarsari (PT Bukit Asam) dalam campuran aspal mampu memenuhi standar Spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018 (Revisi 2).
2. Mengkaji kinerja dari parameter *Marshall* pada laston lapis antara (AC-BC) pada campuran standar dengan penambahan zeolit, campuran standar dengan penambahan wax, campuran beraspal hangat dengan penambahan zeolit dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar), campuran beraspal hangat dengan penambahan wax dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran dari tungku *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar).
3. Menganalisis rasio nilai kadar aspal optimum (KAO) pada laston lapis antara (AC-BC) terhadap campuran standar dengan penambahan zeolit, campuran standar dengan penambahan wax, campuran beraspal hangat dengan zeolit dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran tungku *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar), campuran beraspal hangat dengan wax dan pemanfaatan limbah sisa pembakaran dari tungku *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu dasar).

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

Berdasar dari tujuan pada penelitian di atas, batasan penelitian sebagai berikut :

1. Riset dilakukan di Laboratorium Balai Besar Realisasi (Pelaksanaan) Jalan Nasional (BPPJN) Wilayah V terdapat di Kota Palembang.
2. Bahan pengikat yang dipergunakan berupa aspal penetrasi 60/70.
3. Bahan pengisi yang dipergunakan berupa abu batu dan semen.
4. Campuran aspal pada penelitian ini ialah campuran beraspal hangat (*warm mix asphalt*) mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6 Seksi 6.4.
5. Bahan aditif yang dipergunakan yaitu zeolit dan wax.

6. Pada penelitian ini menggunakan agregat berupa agregat kasar dan agregat halus mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.
7. Bahan pengganti pasir menggunakan material *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Lahat dan bahan pengganti *filler* menggunakan material *Fly Ash* PLTU Banjarsari Lahat.
8. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Marshall*.
9. Penelitian ini dilakukan bekerja sama dengan Universitas Sriwijaya dan Universiti *Teknologi* Malaysia (UTM) yang merupakan bagian dari penelitian disertasi Bapak Mirka Pataras, S.T., M.T.

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

Format dalam penulisan laporan tugas akhir ini dijelaskan dalam lima segmen :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab pendahuluan memperkenalkan dasar penelitian, pembentukan permasalahan, maksud dari penelitian, batasan penelitian, serta penataan dari penyusunan tulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab tinjauan pustaka berisi tentang mengidentifikasi studi *literature* berisi tinjauan penelitian dasar seperti referensi penelitian sebelumnya menjadi acuan terhadap penelitian ini, menjelaskan warm mix asphalt, bahan aditif pada WMA, zeolite dan wax, PT Bukit Asam, profil PLTU Banjarsari Lahat, FABA hingga pengujian dengan alat *Marshall*.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab metodologi penelitian ini mendeskripsikan alur penelitian, pelaksanaan penelitian dari material dan peralatan, pengujian material yang dilaksanakan di laboratorium, *design mix formula* (DMF), pembuatan benda uji, pengujian melaksanakan menggunakan metode pengujian *Marshall*.

#### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab hasil dan bahasan berisi pembahasan hasil uji yang dilakukan terhadap Kinerja *Warm Mix Asphalt Flexible Pavement* Menggunakan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* PLTU Banjarsari Lahat (PT Bukit Asam) Pada Laston AC-BC.

#### **BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini membahas penyimpulan dari hasil pengujian oleh penguji dan gagasan terhadap penelitian kelak.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- 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). Universitas Sriwijaya.
- Arifudin, M.Y. 2020. Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Pada Campuran Aspal Beton AC-WC Pen 60/70 Terhadap Parameter *Marshall*. Universitas Negeri Surabaya.
- ASTM D6927. 2015. *Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Asphalt Mixtures*. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.
- Atikah, W.S. 2017. Potensi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Arena Tekstil* : Politeknik STTT Bandung. 32(1).
- Brent, M. and R.W. Forfylow. 2009. *Evaluation of Warm-Mix Asphalt Produced With The Double Barrel Green Process Asphalt Pavement Material*. *Journal of the Transportation Research Board* No 2126.
- Cho, Dong Woo. 2012. *Development of Warm Mix Asphalt Technology*. In *Joint Work shop between KICT and IRE October 29 – 30,2012*. Bandung :IRE.
- Chowdhury, A. and Button. J.W. 2008. *A Review of Warm Mix Asphalt*. *Texas Transportation Institute*.
- Coal Bottom Ash/ Boiler Slag Material Description*. 2000. <http://www.cedar.at/mailarchives/waste/cbabs1/htm>.
- Damm, K – W,J. Abraham, T.Butz, G. Hilderbrand and G. Riebeschl. 2002. *Asphalt flow improvers as, Intelligent Fillers' for hot asphalt – A New Chapter in Asphalt Technology*. In *Journal of Applied Asphalt Binder Technology*, pp 36-69

- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. Spesifikasi Umum Revisi 2.
- Dewi, N.R., Dermawan, D., Ashari, M.L. 2016. Studi Pemanfaatan Limbah B3 Karbit dan *Fly Ash* Sebagai Bahan Campuran Beton Siap Pakai (BSP) (Studi Kasus : PT. Varia Usaha Beton). *Jurnal Presipitasi*, 13(1). ISSN 1907-187X.
- Fazaeli, H., dkk. 2012. *High and Low Temperatures Properties of FT-Paraffin-Modified Bitumen*. New York : Hindawi Publishing Corporation *Advances in Materials Science and Engineering*.
- Giehart, D. 2009. *Warm Mix Asphalt – What Is It And How Can We Benefit?*. In *SE States Pavement Association Management and Design Conference Southeast Pavement Preservation Partnership Meeting*. Lexington : Asphalt Institute.
- Hadisi dan Affandi. 2013. Pengaruh Bahan Tambah Berbahan Dasar Parafin Terhadap Campuran Beraspal Hangat (*The Effect of Paraffin Based Additive On Warm Mix Asphalt*). *Jurnal : Jalan-Jembatan*. 30(2).
- Hurley, Graham C. and Brian D Prowell. 2009. *Evaluation of Potential Processes for Use in Warm Mix Asphalt, North Carolina : National Center for Asphalt Technology*.
- Moulton LK, Seals RK, Anderson DA. 1973. *Utilization of Ash From Coal Burning Power Plants in Highway Construction*. *Transportation Research Record* (430):26-39.
- Omari, I., Aggarwal, V. and Hesp, S. 2016. *Investigation of Two Warm Mix Asphalt Additives*. *International Journal of Pavement Research and Technology, Chinese Society of Pavement Engineering*, 9(2), pp.83-88.
- Putri, MAA .2020. Karakteristik *Marshall Flexible Pavement Hot Rolled Sheet-Wearing Course* Menggunakan Limbah Sisa Pembakaran Batubara (*Fly Ash dan bottom ash*) PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat. Universitas Sriwijaya.

- Rodhie, Saputra. 2006. Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri.
- Saodang, Hamirhan. 2005. Perancangan Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova : Bandung.
- Saputra, A.S.N. 2019. Pengaruh Penambahan Zeolit dan Wax Pada Campuran Aspal Hangat (*Warm Mix Asphalt*) Lapis Antara (WMAC-BC). Universitas Sriwijaya.
- Saputra, R. 2006. Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri.
- Sinaga, MT. 2019. Tinjauan Laboratorium Campuran Hangat (*Warm Mix*) Pada Laston Lapis Aus (WMAC-WC), Lapis Antara (WMAC-BC) dan Lapis Pondasi (WMAC-Base) Menggunakan Metode *Marshall Immersion* dan *Cantabro Test*. Universitas Sriwijaya.
- 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.
- Sugiarti, Sri Charlena., dan Aflakhah, NA. 2017. Zeolit Sintetis Terfungsionalisasi 3-(Trimetoksisilil)-1-Propaniol Sebagai Adsorben Kation Cu (II) dan Biru Metilena. Jurnal Kimia VALENSI : Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia, 3(1): 11-19.
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Nova : Bandung.

- Suseno, Hendro. 2012. Pengaruh Penggunaan *Bottom Ash* Sebagai Pengganti Tanah Liat Pada Campuran Bata Terhadap Kuat Tekan Bata. Universitas Brawijaya, Malang.
- Tapkin S. 1998. Improved asphalt aggregate mix properties by Portland cement modification. Master Thesis. Civil Engineering Department, Middle East Technical University, Turkey.
- Wei Haibin, dkk 2019. *Engineering and environmental evaluation of silty clay modified by waste fly ash and oil shale ash as a road subgrade material. Construction and Buildin Materials.*
- Winarno, H., Muhammad, D., Ashyar, R., Wibowo, Y.G. 2019. Pemanfaatan Limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* Dari PLTU SUMSEL-5 Sebagai Bahan Utama Pembuatan *Paving Block*. Jurnal Teknika :11(1).
- Zulhazli dkk (2016). Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton AC-BC. Teras Jurnal : 6(2).