

TUGAS AKHIR

TINJAUAN LABORATORIUM PERKERASAN LENTUR *WARM MIX ASPHALT AC-WC* DAN *AC-BC* MENGUNAKAN *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU BANJARSARI LAHAT DENGAN METODE *MARSHALL IMMERSION* DAN *CANTABRO*

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



KUSMA JULISTIO AGUNG

03011381722122

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

HALAMAN PENGESAHAN
TINJAUAN LABORATORIUM PERKERASAN LENTUR WARM MIX
ASPHALT AC-WC DAN AC-BC MENGGUNAKAN FLY ASH DAN
BOTTOM ASH PLTU BANJARSARI LAHAT DENGAN METODE
MARSHALL IMMERSION DAN CANTABRO

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik

Oleh:

KUSMA JULISTIO AGUNG

03011381722122

Pelambang, November 2022

Dosen Pembimbing ,



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

Mengetahui/ Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik sipil dan perencanaan



Dr. Ir. Saloma, S.T., 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 “Tinjauan Laboratorium Perkerasan Lentur *Warm Mix Asphalt* AC-WC dan AC-BC Menggunakan *Fly ash* dan *Bottom ash* PLTU Banjarsari Lahat dengan Metode *Marshall immersion* dan *cantabro*”. 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., selaku dosen pembimbing penulis yang telah turut membantu dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
6. Ir. Helmi Hakki, M.T. 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 2022



Kusma Julistio Agung

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	xiv
HALAMAN PERSETUJUAN	xv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	xvi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	xvii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4 Landasan Penelitian.	4
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB 2	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Penelitian Terdahulu	7
2.2. Perkerasan Jalan.....	10
2.3. Lapisan Aspal Beton	13
2.4. Campuran Aspal Hangat (<i>Warm Mix Asphalt</i>)	14
2.5. Bahan yang digunakan Untuk WMA.....	15
2.5.1. Aspal.....	15
2.5.2. Agregat	16
2.5.3. Bahan Pengisi (<i>filler</i>).....	21
2.5.4. Gradasi Gabungan Agregat	21
2.5.5. Bahan Aditif	22
2.6. Limbah Abu Batu Bara yang digunakan.....	24
2.6.1. Limbah <i>Fly ash</i>	24
2.6.2. Limbah <i>Bottom ash</i>	26

2.7. Pengujian <i>Immersion Test</i>	28
2.8. Pengujian <i>Cantabro Test</i>	29
BAB 3	30
METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1. Umum	30
3.2. Studi Literatur dan Lapangan.....	32
3.3. Persiapan Material dan Peralatan.....	32
3.4. Pengujian Material	34
3.4.1. Pengujian Agregat	34
3.4.2. Pengujian Aspal.....	34
3.4.3. Pengujian <i>filler</i> dan bahan aditif <i>zeolit</i>	35
3.5. <i>Design Mix Formula</i> (DMF) Dan <i>Job Mix Formula</i> (JMF).....	35
3.6. Pembuatan Benda Uji	36
3.7 Pengujian <i>Marshall immersion</i>	39
3.8 Pengujian <i>Cantabro</i>	40
3.9 Analisa dan Pembahasan.....	41
BAB 4.....	42
ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Agregat.	42
4.2. Hasil Pengujian Karakteristik Aspal.	45
4.3. Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Aditif	47
4.4. Komposisi Kimia dan Karakteristik Bahan pengganti.....	48
4.5. Komposisi <i>Warm Mix Asphalt</i> lapis AC-WC	49
4.5.1. Komposisi WMA AC-WC Standar <i>Wax</i> dan WMA AC-WC Standar <i>Zeolit</i>	50
4.5.2. Komposisi Campuran WMA AC-WC FABA <i>Zeolit</i> dan Campuran WMA AC-WC FABA <i>Wax</i>	53
4.6 Komposisi <i>Warm Mix Asphalt</i> AC- BC.....	56
4.6.1 Komposisi WMA AC-BC Standar dan Pemanfaatan <i>WAX</i>	56
4.6.2 Campuran Beraspal Standar WMA AC-BC dengan Penambahan <i>Zeolit</i>	60
4.6.3 WMA AC-BC dengan Penambahan <i>WAX</i> dan FABA.....	63
4.6.4. WMA AC-BC <i>Zeolit</i> dan FABA	66
4.7 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Standar Berdasarkan Nilai KAO.....	69

4.7.1 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> WMA AC-WC Standar	69
4.7.2. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Standar untuk WMA AC-BC	74
4.8. Hasil Pengujian <i>Marshall immersion</i> Berdasarkan KAO Dari Penelitian Sebelumnya.....	79
4.8.1 Hasil Pengujian <i>Marshall immersion</i> untuk WMA AC-WC	79
4.8.2. Hasil Pengujian <i>Marshall immersion</i> WMA AC-BC	84
4.9. Hasil Analisa Indeks Kekuatan Sisa Berdasarkan Pengujian <i>Marshall immersion</i>	90
4.9.1. Hasil Analisa Indeks Kekuatan Sisa <i>Marshall immersion</i> WMA AC-WC.....	90
4.9.2. Hasil Analisa Indeks Kekuatan Sisa <i>Marshall immersion</i> untuk WMA AC-BC.....	91
4.10. Hasil Pengujian <i>Cantabro</i> WMA Berdasarkan Nilai KAO.....	93
4.10.1. Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Cantabro</i> untuk WMA AC-WC.....	93
4.10.2. Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>cantabro</i> WMA AC-BC.....	95
4.11. Pembahasan.....	96
BAB 5	98
KESIMPULAN DAN SARAN	98
5.1. Kesimpulan	98
5.2. Saran	99
DAFTAR PUSTAKA.....	100
LAMPIRAN	103

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	14
Tabel 2. 2 Keterangan Sifat-sifat Campuran Laston Modifikasi (AC Mod).....	16
Tabel 2. 3. Ketentuan Agregat Kasar	19
Tabel 2. 4. Ukuran Nominal Agregat Kasar Penampang Dingin Untuk Campuran Beraspal	20
Tabel 2. 5. Ketentuan Agregat Halus	20
Tabel 2. 6 Amplop Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal.....	21
Tabel 2. 7. Contoh batas-batas Bahan Berdasarkan Gradasi	22
Tabel 2. 8 Sifat Bahan Zeolit	23
Tabel 2. 9 Komposisi Kimia <i>Fly ash</i> PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat.....	25
Tabel 2. 10 Komposisi Kimia <i>Fly ash</i> PLTU banjarsari Kabupaten Lahat.	25
Tabel 2. 11 Sifat Fisik <i>Bottom ash</i>	26
Tabel 2. 12 Komposisi Kimia <i>Bottom ash</i> (Dengan XRF, %berat)	27
Tabel 2. 13 Komposisi Kimia <i>Bottom ash</i> PLTU Banjarsari Kabupaten Lahat. ..	28
Tabel 3. 1 Jumlah Sampel Benda Uji Aditif zeolit dengan <i>Marshall Immersion</i> .	37
Tabel 3. 2 Jumlah Sampel Benda Uji Aditif <i>Wax</i> dengan <i>Marshall Immersion</i> ...	37
Tabel 3. 3 Jumlah Sampel Benda Uji Aditif zeolit dengan <i>Cantabro Test</i>	38
Tabel 3. 4 Jumlah Sampel Benda Uji Aditif <i>Wax</i> dengan <i>Cantabro Test</i>	39
Tabel 4. 1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Batu Pecah 1-1	42
Tabel 4. 2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Batu Pecah 1-2	43
Tabel 4. 3 Hasil Pemeriksaan karakteristik Abu Batu	43
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian karakteristik Pasir	44
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian <i>Bottom ash</i>	44
Tabel 4. 6 Hasil dari Pengujian Bahan Pengisi (<i>filler</i>).....	45
Tabel 4. 7 Hasil Uji Karakteristik <i>Filler</i> (<i>Fly ash</i>).....	45
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal (Aspal Pen. 60/70).....	46
Tabel 4. 9 Hasil dari Pengujian Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70- <i>Wax</i> 1%	46
Tabel 4. 10 Hasil Uji Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70- <i>Wax</i> 2%	46
Tabel 4. 11 Hasil Uji Sifat Bahan Aditif Zeolit untuk Campuran Beraspal Hangat	47

Tabel 4. 12 Hasil Uji Sifat Bahan Aditif <i>Wax</i> untuk Campuran Beraspal Hangat ...	48
Tabel 4. 13 Komparasi Karakteristik <i>Filler</i>	49
Tabel 4. 14 Komparasi Karakteristik Agregat Halus	49
Tabel 4. 15 Gradasi Agregat Hasil Pengujian Analisa Saringan	50
Tabel 4. 16 Gradasi Agregat Untuk Eliminasi <i>Gauss-Jordan</i>	50
Tabel 4. 17 Hasil perhitungan JMF Standar menggunakan Metode <i>Eliminasi Gauss- Jordan</i>	51
Tabel 4. 18 Hasil Perhitungan Gradasi Campuran Agregat WMA AC-WC Standar	52
Tabel 4. 19 . Tabel Gradasi Asli Campuran AC-WC FABA dengan Pengujian Analisa Saringan	53
Tabel 4. 20 Tabel Komposisi Gradasi Agregat.....	54
Tabel 4. 21. Hasil Perhitungan Gradasi Campuran Menggunakan metode Eliminasi <i>Gauss-Jordan</i>	55
Tabel 4. 22 Hasil Perhitungan Gradasi Campuran Agregat WMA AC-WC FABA	55
Tabel 4. 23 Komposisi Gradasi Lolos Saringan yang Digunakan Dalam Perhitungan Metode Matriks Identitas <i>Gauss-Jordan</i>	57
Tabel 4. 24 Komposisi Gradasi Hasil Analisa Saringan	57
Tabel 4. 25 Perhitungan Gradasi Standar WMA AC-BC WAX.....	58
Tabel 4. 26 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Agregat (Pengujian Laboratorium)	60
Tabel 4. 27 Komposisi gradasi lolos saringan yang digunakan dalam perhitungan Metode Matriks Identitas <i>Gauss-Jordan</i>	60
Tabel 4. 28 Perhitungan Gradasi Standar WMA AC-BC Zeolit.....	61
Tabel 4. 29 Hasil Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Agregat (Pengujian Laboratorium).....	63
Tabel 4. 30. Komposisi gradasi lolos saringan yang digunakan dalam perhitungan Metode Matriks Identitas <i>Gauss-Jordan</i>	63
Tabel 4. 31 Perhitungan Gradasi Campuran WMA AC-BC WAX.....	64

Tabel 4. 32. Hasil Pengujian Analisa Saringan Pada Gradasi Asli Agregat (Pengujian Laboratorium)	66
Tabel 4. 33 Komposisi gradasi lolos saringan yang digunakan dalam perhitungan Metode Matriks Identitas <i>Gauss-Jordan</i>	66
Tabel 4. 34 Perhitungan Gradasi WMA AC-BC FABA Zeolit	68
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Hasil pengujian Marshall untuk WMA AC-WC Standar	69
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall WMA AC-BC	74
Tabel 4. 37 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall Immersion</i> WMA AC-WC..	79
Tabel 4. 38 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall Immersion</i> WMA AC-BC...	85
Tabel 4. 39 Rekapitulasi dari Nilai Indeks Kekuatan Sisa Pada WMA AC-WC .	90
Tabel 4. 40 Rekapitulasi Nilai Indeks Kekuatan Sisa WMA AC-BC.....	92
Tabel 4. 41 Nilai Hasil Pengujian <i>Cantabro</i> WMA AC-WC	93
Tabel 4. 42 Rekapitulasi Nilai Hasil Pengujian <i>Cantabro</i> WMA AC-BC	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur	11
Gambar 2. 2 Struktur Lapisan Perkerasan Kaku Menggunakan Plat Beton dengan Tulangan	11
Gambar 2. 3 Struktur Lapisan Perkerasan Komposit.....	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir penelitian.....	31
Gambar 3. 2 Diagram Alir Hubungan Penelitian Sebelumnya	36
Gambar 3. 3 Pengujian <i>Marshall immersion</i>	40
Gambar 3. 4 Gambar Benda Uji.....	41
Gambar 4. 1 Grafik komposisi gradasi campuran AC-WC Standar	52
Gambar 4. 2 Grafik Komposisi Gradasi Campuran <i>Bottom ash</i> dan <i>Fly ash</i>	56
Gambar 4. 3 Grafik Penggunaan WAX Pada WMA AC-BC	59
Gambar 4. 4 Grafik Komposisi Gradasi WMA AC-BC dengan Penambahan Zeolit	62
Gambar 4. 5 Grafik Komposisi Gradasi WMA AC-BC FABA.....	65
Gambar 4. 6 Grafik Dengan Penggunaan FABA zeolit WMA AC-BC	68
Gambar 4. 7. Grafik hasil nilai VMA marshall standar untuk Laston AC-WC....	70
Gambar 4. 8. Nilai yang didapat VFA Marshall standar pada Laston AC-WC....	71
Gambar 4. 9. Nilai yang didapat VIM Marshall WMA AC-WC standar	71
Gambar 4. 10 Nilai yang di dapat stabilitas Marshall WMA AC-WC standar.....	72
Gambar 4. 11. Hasil nilai flow Marshall WMA AC-WC	73
Gambar 4. 12 Hasil parameter Marshall nilai MQ WMA AC-WC standar.....	74
Gambar 4. 13 hasil nilai VMA Marshall Standart pada WMA AC-BC	75
Gambar 4. 14 Grafik nilai VFA Marshall WMA AC-BC standar	76
Gambar 4. 15 nilai yang didapat VIM Marshall WMA AC-BC Standar.....	76
Gambar 4. 16 Hasil parameter <i>Marshall</i> WMA AC-BC standar untuk nilai stabilitas	77
Gambar 4. 17 nilai yang didapat <i>flow marshall</i> WMA AC-BC standar	78
Gambar 4. 18 nilai yang didapat MQ Marshall WMA AC-BC Standar.....	78
Gambar 4. 19 nilai yang didapat VMA <i>Marshall immersion</i> WMA AC-WC.....	80
Gambar 4. 20. Nilai yang didapat VFA <i>Marshall immersion</i> WMA AC-WC	81
Gambar 4. 21 Nilai yang didapat VIM <i>Marshall immersion</i> WMA AC-WC	82

Gambar 4. 22 Nilai yang didapat nilai stabilitas <i>Marshall immersion</i> WMA AC- WC.....	82
Gambar 4. 23 Nilai flow <i>Marshall immersion</i> untuk WMA AC-WC	83
Gambar 4. 24 Nilai yang didapat MQ <i>Marshall immersion</i> WMA AC-WC.....	84
Gambar 4. 25. Grafik nilai yang didapat VMA <i>Marshall immersion</i> WMA AC- BC.....	86
Gambar 4. 26 Grafik nilai yang didapat VFA <i>Marshall immersion</i> WMA AC-BC.	86
Gambar 4. 27 Grafik nilai yang didapat VIM <i>Marshall immersion</i> WMA AC-BC.	87
Gambar 4. 28 Grafik nilai yang didapat Stabilitas <i>Marshall immersion</i> WMA AC- BC.....	88
Gambar 4. 29 Grafik nilai yang didapat Flow <i>Marshall immersion</i> WMA AC-BC	89
Gambar 4. 30 Grafik nilai MQ <i>Marshall immersion</i> WMA AC-BC.....	89
Gambar 4. 31 Grafik nilai analisa indeks kekuatan sisa WMA AC-WC.....	91
Gambar 4. 32 Grafik Nilai analisa indeks kekuatan sisa WMA AC-BC.....	92
Gambar 4. 33. Grafik hasil pengujian cantabro untuk WMA AC-WC.....	94
Gambar 4. 34. Grafik perbandingan uji cantabro untuk WMA AC-BC	95

RINGKASAN

TINJAUAN LABORATORIUM PERKERASAN LENTUR *WARM MIX ASPHALT* AC-WC DAN AC-BC MENGGUNAKAN *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* PLTU BANJARSARI LAHAT DENGAN METODE *MARSHALL IMMERSION* DAN *CANTABRO*

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir, Agustus 2022

Kusma Julistio Agung; Dibimbing oleh Mirka Pataras, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Halaman 105, 17 gambar, 54 tabel

Warm Mix Asphalt merupakan teknologi campuran aspal yang dicampur dan dipadatkan pada suhu sekitar 30°C lebih rendah dari campuran aspal panas dengan kualitas yang sama dengan campuran aspal panas, yang menggunakan bahan bakar lebih sedikit sehingga ramah lingkungan. Metode penelitian berupa percobaan langsung di laboratorium dengan menggunakan aspal yaitu aspal minyak penetrasi 60/70 ex-rabana, menggunakan aditif *wax* dan zeolit. Aditif lilin 1% dari berat aspal dan zeolit 1% agregat untuk menurunkan temperatur aspal dengan menggunakan campuran aspal hangat pada lapisan AC-WC dan lapisan AC-BC. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan pengaruh dari campuran *warm mix asphalt* yang menggunakan limbah *fly ash* dan *bottom ash* masing-masing campuran aspal minyak dengan nilai parameter dan kadar aspal optimum (KAO) dari pengujian yang sesuai dengan spesifikasi umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. pengujian menggunakan metode *marshall immersion* dan *cantabro* dengan hasil untuk lapisan AC-WC paling besar menurut tinggi uji campuran yang menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* ditambah dengan bahan aditif zeolit dengan nilai sebesar 99,337%. pada lapisan AC-BC nilai indek kekuatan sisa, dengan nilai tertinggi terdapat pada campuran *fly ash* dan *bottom ash* ditambah dengan *wax* dengan nilai 98,503%. pada pengujian *cantabro* dengan nilai presentasi sisa atau keausan, Pada WMA AC-WC campuran standar yang ditambah dengan *wax* mendapatkan nilai 3,02%. Untuk campuran yang menggunakan *fly ash* dan *bottom ash* dengan bahan tambahan *wax* sebesar 1% dengan nilai keausan yang didapat 2,99%. Untuk lapis AC-BC standar yang menggunakan bahan tambah *wax* mendapatkan nilai sebesar 3,93%. Pada campuran yang menggunakan bahan ganti *fly ash* dan *bottom ash* nilai keausan yang diperoleh adalah 4,35%.

Kata kunci: *warm mix asphalt, fly ash, bottom ash, zeolit, wax, marshall immersion, cantabro,*

SUMMARY

LABORATORY REVIEW OF FLEXIBLE PAVEMENT WARM MIX ASPHALT AC-WC AND AC-BC USING FLY ASH AND BOTTOM ASH OF BANJARSARI LAHAT POWER PLANT USING MARSHALL IMMERSION AND CANTABRO METHODS

Scientific writing in the form of a Final Project, August 2022

Kusma Julistio Agung; Supervised by Mirka Pataras, S.T., M.T.

Civil Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

105 pages, 17 pictures, 54 tables

Warm Mix Asphalt is a technology of asphalt mixture that is mixed and compacted at a temperature of about 30°C lower than hot mix asphalt with the same quality as hot asphalt mixture, which uses less fuel so it is environmentally friendly. The research method is in the form of direct experiments in the laboratory using asphalt, namely 60/70ex-rabana penetration oil asphalt, using wax and zeolite additives. wax additive 1% by weight of asphalt and zeolite. 1% aggregate to lower the asphalt temperature by using a mixture of warm asphalt on the AC-WC layer and AC-BC layer. The purpose of this study was to analyze and compare the effect of the warm mix asphaltic mixture using fly ash and bottom ash waste for each oil asphalt mixture with parameter values and optimum asphalt content (KAO) from tests in accordance with the general specifications of Bina Marga in 2018 Revision 2. testing using the marshall immersion and cantabro methods with the highest results for the AC-WC layer according to the height of the mixture test using fly ash and bottom ash added with zeolite additives with a value of 99.337%. in the AC-BC layer the residual strength index value, with the highest value found in a mixture of fly ash and bottom ash plus wax with a value of 98.503%. in the cantabro test with a residual or thirst presentation value, on the AC-WC layer the standard mixture added with wax got a value of 3.02%. For a mixture that uses fly ash and bottom ash with added wax of 1% with a value of 2.99% obtained. For the standard AC-BC layer that uses added wax, the value is 3.93%. In a mixture that uses fly ash and bottom ash, the acidity value obtained is 4.35%.

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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kusma Julistio Agung

NIM : 03011381722122

Judul : Tinjauan Laboratorium Perkerasan Lentur *Warm Mix Asphalt* AC-WC dan AC-BC Menggunakan *Fly ash* dan *Bottom ash* PLTU Banjarsari Lahat dengan Metode *Marshall immersion* dan *cantabro*

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, November 2022

Yang membuat pernyataan,



Kusma Julistio Agung

NIM. 03011381722122

HALAMAN PERSETUJUAN


Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Tinjauan Laboratorium Perkerasan Lentur *Warm Mix Asphalt* AC-WC dan AC-BC Menggunakan *Fly ash* dan *Bottom ash* PLTU Banjarsari Lahat dengan Metode *Marshall immersion* dan *cantabro*” yang disusun oleh, Kusma Julistio Agung, 03011381722122 telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 4 Agustus 2022.

Palembang, November 2022

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Pembimbing:

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

()

Penguji:

2. 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
dan perencanaan



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

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kusma Julistio Agung
NIM : 03011381722122
Judul : Tinjauan Laboratorium Perkerasan Lentur *Warm Mix Asphalt* AC-WC dan AC-BC Menggunakan *Fly ash* dan *Bottom ash* PLTU Banjarsari Lahat dengan Metode *Marshall immersion* dan *cantabro*

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, November 2022



Kusma Julistio Agung

NIM. 03011381722122

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Kusma Julistio Agung
Tempat Tanggal Lahir: Tanjung Agung, 31 Juli 1998
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Email : kusmajulistioagung@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Masa
SD N 2 Karang endah	-	-	2006-2012
SMP N 2 Gelumbang	-	-	2012-2014
SMA Negeri 1 Gelumbang	-	IPA	2014-2017
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	2017-2022

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan hormat,



(Kusma Julistio Agung)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan infrastruktur yang bertujuan untuk mendukung aktivitas manusia dan sekaligus sebagai pendukung dari pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Bahan konstruksi jalan yang rata-rata menggunakan campuran aspal pada penerapannya campuran aspal yang digunakan beraspal panas. Campuran aspal panas membutuhkan cukup banyak bahan bakar yang berpengaruh pada lingkungan seperti pembuangan emisi gas buang dan penggunaan bahan bakar seperti minyak bumi yang menipis dari tahun ke tahun. Penggunaan aspal panas juga mempengaruhi efek rumah kaca karena penggunaan suhu yang tinggi dan penggunaan bahan bakar berlebihan memiliki efek produksi karbondioksida yang tinggi (CO₂). Maka dari itu perlunya inovasi pada campuran aspal yang berpengaruh pada lingkungan sekitar.

Lapisan pada konstruksi jalan raya campuran bitumen, agregat dan *filler* (bahan pengisi). Agregat yang digunakan terdiri dari agregat halus, agregat kasar dan *filler* atau bahan pengisi. Campuran aspal tersebut dipanaskan pada suhu tertentu agar mendapatkan campuran yang baik. Untuk konstruksi jalan yang digunakan di Indonesia adalah campuran lapis aspal beton biasa disebut dengan Laston dan campuran lapisan tipis aspal beton yang biasa disebut dengan Lataston. Untuk *asphalt concrete* dibagi menjadi tiga yaitu, lapisan yang digunakan pada lapis asu atau lapis permukaan atau disebut *Wearing Course* (AC-WC), lapisan sering digunakan sebagai lapis pengikat biasa disebut *Binder Course* (AC-BC) dan yang digunakan untuk lapis pondasi (*AC-Base*). Untuk (*Hot Rolled Sheet, HRS*) Lapis Tipis Aspal Beton terdiri dari dua jenis campuran yaitu (*HRS-Base*) HRS pondasi dan (*HRS Wearing course, HRS-WC*) HRS Lapis Aus.

Warm Mix Asphalt adalah campuran aspal panas merupakan bagian dari teknologi yang berbasis *green construction*, dimana campuran aspal hangat diproduksi dengan tingkat penurunan suhu sekitar 20°-40°C lebih rendah dari campuran beraspal panas (*hot mix asphalt*) dan berdampak pada penurunan jumlah

bahan bakar yang digunakan (I Widyantara, I.G.N., Suparma, L. B., & Muthohar, I. 2018). Pada campuran aspal hangat (*Warm Mix Asphalt*) pemilihan material merupakan suatu hal yang penting untuk diperhatikan baik dari segi kualitas maupun dari segi harga. Sebagai pemanfaatan limbah untuk penggunaan material yang lebih ekonomis, ada baiknya dapat memanfaatkan limbah dari hasil alam yang ada di Indonesia. Indonesia memiliki hasil alam salah satunya hasil batubara. Dari penggunaan batubara menghasilkan limbah yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan campuran perkerasan jalan. Limbah yang digunakan adalah *fly ash* dan *bottom ash*, kedua limbah ini bisa digunakan sebagai pengganti *filler* dan *agregat* halus. Yang bertujuan dapat menghasilkan mutu perkerasan jalan yang optimal. Metode ini lebih populer diadopsi untuk proyek perkerasan jalan dari pada perkerasan lapangan terbang. Namun, ekstensi penelitian besar-besaran telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir tentang penggunaan WMA untuk aplikasi sisi udara. Bukti terbaru menunjukkan kesesuaian penggunaan WMA untuk perkerasan lapangan terbang Meskipun penelitian yang cukup besar telah dilakukan, telah ada tidak ada penyelidikan rinci tentang keuntungan penggunaan WMA untuk mempersingkat waktu konstruksi perkerasan jalan (Rahman, Dawson, dan Thom 2020).

Batubara merupakan sumber energi yang kurang ramah lingkungan karena pembakaran batubara dihasilkan sebuah limbah padat *fly ash* dan *bottom ash*. Jenis abu sisa pembakaran limbah beracun, berarti dapat merusak lingkungan dan kesehatan makhluk hidup.

“Pemanfaatan abu batubara adalah salah satu cara untuk menangani abu limbah pembakaran dari pekerjaan industri yang jumlahnya sangat besar, walaupun nilai ekonomi rendah, tetapi pemanfaatan ini dapat mengurangi biaya penanganan limbah. Abu batubara yang terdiri dari partikel-partikel halus, gradasi dan kehalusan abu batubara dapat memenuhi persyaratan gradasi untuk mineral *filler*” (Abdullah, Z. Z., Wesli, W., & Akbar, S. J. 2017).

Penghasil limbah *fly ash* dan *bottom ash* salah satunya bisa didapat pada PLTU atau pembangkit listrik tenaga uap. Pada penelitian ini limbah yang digunakan dari pembakaran tungku batubara yang terdapat pada PT. Bukit pembangkit innovative PLTU yang berlokasi di kabupaten Lahat Sumatera selatan. PLTU Banjarsari sebagai pemanfaatan limbah menghasilkan pembakaran PLTU

Banjarsari ini jumlahnya sangat besar dengan menghasilkan limbah *bottom ash* sebesar 250 ton/hari dan *fly ash* sebesar 200-1000 ton/hari, kandungan racunnya masih di bawah ambang batas yang disyaratkan sehingga masih aman dan kandungan *silica*, *fly ash* dan *bottom ash* cukup tinggi.

Informasi yang disampaikan di atas, merupakan penelitian mahasiswa teknik sipil Universitas Sriwijaya sebelumnya percobaan dengan metode *marshall* dengan *warm mix asphalt* dengan bahan limbah batubara sebagai pengganti yang digunakan *fly ash* dan *bottom ash* dengan bahan tambahan yang digunakan *zeolit* dan *wax (paraffin)*.

Percobaan berhubungan dengan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh dari pengujian menggunakan metode *Marshall* sebelumnya serta akan dilanjutkan pengujian dengan metode *Marshall immersion* dan *Cantabro Test*. Hasil yang diperoleh percobaan ini bertujuan dapat menjadi acuan dalam penggunaan campuran beraspal hangat dengan bahan dengan campuran limbah sisa pembakaran batubara *fly ash* dan *bottom ash* di Indonesia dengan metode penelitian *Marshall immersion Test* dan *Cantabro Test*.

1.2. Rumusan Masalah

Bersumber dari latar belakang yang sudah disampaikan mengenai campuran beraspal hangat menggunakan campuran pengganti *fly ash* dan *bottom ash* pada lapisan AC-WC dan AC-BC untuk bahan tambahan aditif zeolit dan *wax* latar belakang masalah yang menjadi acuan dalam penelitian ini :

1. Bagaimana karakteristik limbah *bottom ash* sebagai pengganti dari pasir atau agregat halus dan *fly ash* sebagai bahan pengganti dari *filler* atau bahan pengisi pada campuran beraspal hangat apakah memenuhi standar yang ditetapkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 ?
2. Bagaimana kinerja parameter *Marshall immersion* dan *Cantabro Test* pada lapisan antara (WMA AC-BC) dan lapis aus (WMA AC-WC) dengan bahan tambahan *wax* dan zeolit serta penggunaan bahan limbah pembakaran batubara (*Bottom ash*) abu padat dan (*Fly ash*) abu terbang?

1.3. Tujuan Penelitian

Merujuk dari latar belakang masalah yang menjadi sebuah tujuan dalam percobaan ini yang akan dibahas dalam penelitian ini:

1. Mengetahui dan menganalisa kinerja dari limbah sisa pembakaran batubara berupa *fly ash* (abu terbang) sebagai pengganti (*filler*) dan *bottom ash* (abu dasar) sebagai pengganti pasir (agregat halus) yang berasal dari PLTU Banjarsari dalam campuran aspal memenuhi standar standar spesifikasi umum Bina marga 2018 (Revisi 2).
2. Mengetahui dan menganalisa kinerja campuran *Warm Mix Asphalt* dengan metode *Marshall immersion* dan *Cantabro Test* pada lapisan (AC-WC) dan lapis antara (AC-BC) dengan serta bahan tambahan aditif *wax* dan *zeolit*, serta penggunaan dari limbah sisa pembakaran batubara *bottom ash* dan *fly ash*.

1.4 Landasan Penelitian.

Untuk batasan dari masalah dalam penelitian ini, yang mengacu pada tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Penelitian ini dilakukan di Balai Besar perkerasan Jalan Nasional Sumatera Selatan yang terletak di kota Palembang.
2. Pada penelitian ini memanfaatkan *warm mix asphalt* pada campuran aspal yang menggunakan bahan limbah pembakaran berupa *bottom ash* dan *fly ash* sebagai pengganti dari bahan pasir dan *filler*, sebagai bahan pengikat menggunakan aspal dengan penetrasi 60/70.
3. Berdasarkan penelitian ini mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Seksi 6.4. Campuran beraspal hangat bergradasi menerus (laston hangat)
4. Kadar Aspal Optimum yang digunakan didapat dari penelitian sebelumnya mengenai *warm mix asphalt* menggunakan limbah *bottom ash* dan *fly ash* dari penelitian sebelumnya.
5. Bahan tambahan pada penelitian yang digunakan aditif *wax* dan *zeolit*.

6. Metode pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Marshall immersion* dan *Cantabro Test*.

1.5 Sistematika Penulisan

Aturan format penulisan laporan tugas akhir ini dijelaskan dalam beberapa bab :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini memperkenalkan dasar tentang argumen penelitian, permasalahan dalam penelitian, maksud dari penelitian ini, metode dari penelitian ini, teknik pengambilan data dan format dari penyusunan penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan ini menyajikan tinjauan pustaka dengan mengacu pada penelitian sebelumnya sebagai acuan penelitian ini, antara lain aspal *warm mix*, bahan tambahan yang digunakan, serta limbah *bottom ash* dan *fly ash* yang berasal dari PLTU Banjarsari di Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. Metode penelitian yang digunakan adalah *Marshall immersion test* dan *Cantabro*.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pembahasan ini menjelaskan tahapan penelitian yang dimulai dari persiapan bahan-bahan campuran aspal hangat, persiapan alat-alat yang digunakan dan perhitungan jumlah sampel benda uji yang ingin dibuat serta penjelasan pengujian dengan metode *marshall immersion test* dan *cantabro*.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini menjelaskan mengenai hasil pengujian yang menerapkan *warm mix asphalt* dengan menggunakan limbah sisa pembakaran batubara dengan metode *marshall immersion* serta metode *cantabro*

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pembahasan ini berisi gagasan dan penyimpulan hasil penelitian yang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

Membahas tentang acuan dari literatur yang dipakai sebagai sumber dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Z. Z., Wesli, W., & Akbar, S. J. (2017). Penggunaan Abu Batu Bara Sebagai *Filler* Pada Campuran Aspal Beton AC-BC. *Teras Jurnal*, 6(2), 121-130.
- Abdillah, M. Z., & Kartikasari, D. (2018). SUBSTITUSI *FILLER* PADA CAMPURAN ASPAL DENGAN *FLY ASH* DAN SERBUK BATU BATA. *Civilla: Jurnal Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan*, 3(1), 124-133.
- Arifudin, M. Y. (2020). Pengaruh Penggunaan *Bottom ash* Pada Campuran Aspal Beton AC-WC Pen 60/70 Terhadap Parameter Marshall. *Rekayasa Teknik Sipil*, 2(1).
- Ariyanto, A. S. (2017). Pengaruh Durabilitas Terhadap Stabilisasi Sub Base Jalan Dengan *Fly ash* Dari Pltu Asam Asam Kalimantan Selatan. *Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora*, 3(1, April), 22-30.
- Ash, C. B. (2000). Boiler Slag-Material Description. *Recycled materials resource center*.
- Carlina, S., Subagio, B. S., & Kusumawati, A. (2019). The Performance of Warm Mix for the Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) Using the Asphalt Pen 60/70 and the Sasobit® Additives. *Civil Engineering Journal ITB*, 26(1), 11-16.
- Dewandaru, D. S. (2020). Perancangan Big Data Jalan dan Jembatan untuk Mendukung Konstruksi 4.0. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 6(2), 83-92.
- Erwan, H. K. KARAKTERISTIK CAMPURAN BERASPAL (LASTON) AKIBAT PENGARUH PENGGUNAAN INSTANT POWDER SEBAGAI PENGGANTI *FILLER*. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 5(1).
- Rahman, T., Dawson, A., & Thom, N. (2020). Warm mix asphalt (WMA) for rapid construction in airfield pavement. *Construction and Building Materials*, 246, 118411
- Lestari, I. G. A. I. (2013). Perbandingan Perkerasan Kaku dan Perkerasan Lentur. *Jurnal Transportasi*, 7(1), 133-134.
- Marga, D. J. B. (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Divisi 6. *Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat*.

- Moerwanto, A. S., & Zulfan, J. (2020). Mitigasi bencana alam pada infrastruktur jalan dan jembatan. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 6(1), 1-14.
- Munir, M., & Sutrisnanto, D. (2008). *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly ash) untuk Hollow yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan* (Doctoral dissertation, Program Pasca Sarjana).
- Mulyana, L. H. (2020). ANALISA PERKERASAN JALAN BETON BERDASARKAN BAHAN PENGIKATNYA. *FOCUS TEKNIK SIPIL UPMI*, 1(1), 19-26.
- Nur, N. K., Mahyuddin, M., Bachtiar, E., Tumpu, M., Mukrim, M. I., Irianto, I., ... & Syukuriah, S. (2021). *Perancangan Perkerasan Jalan*. Yayasan Kita Menulis.
- Pangerapan, M. L., Sendow, T. K., & Lintong, E. (2018). Studi Perbandingan Perencanaan Tebal Lapis Tambah (Overlay) Perkerasan Lentur Menurut Metode Pd t-05-2005-b dan Manual Desain Perkerasan Jalan 2013 (Studi Kasus: Ruas Jalan Bts. Kota Manado-Tomohon). *Jurnal Sipil Statik*, 6(10).
- Pradani, N., Sadli, M., & Fithriayuni, D. (2016). Analisis Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Menggunakan Metode Pd T-01-2002-B, Metode Manual Desain Perkerasan (MDP) dan Metode Nottingham Pada Ruas Jalan I Gusti Ngurah Rai Palu. In *FROPIL (Forum Profesional Teknik Sipil)* (Vol. 4, No. 2, pp. 140-155).
- SIREGAR, W. R., Pataras, M., & Dewi, R. (2019). *KINERJA CAMPURAN HANGAT (WARM MIX) LASTON LAPIS AUS (WMA-CWC) DENGAN PENAMBAHAN ZEOLIT DAN WAX* (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Thanaya, I. N. A., Puranto, I. G. R., & Nugraha, I. N. S. (2016). Studi karakteristik campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) menggunakan aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan lateks. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 22(2), 77-86.
- Toruan, A. L., Kaseke, O. H., Kereh, L. F., & Sendow, T. K. (2013). Pengaruh porositas agregat terhadap berat jenis maksimum campuran. *Jurnal Sipil Statik*, 1(3).
- Sundari, T., & Ramadhani, R. (2021). METODE PELAKSANAAN LAPIS TAMBAHAN (OVERLAY) PERKERASAN LENTUR PADA PEKERJAAN PAKET PENGAWASAN. *REAKTIP: Jurnal Rekayasa dan Aplikasi Teknik Sipil*, 1(1), 12-22.
- Widyantara, I. G. N., Suparma, L. B., & Muthohar, I. (2018). Stabilitas Marshall dan Ketahanan Deformasi Warm Mix Asphalt Menggunakan Aditif

Zycotherm. *INERSIA: Informasi dan Ekspose hasil Riset teknik Sipil dan Arsitektur*, 14(1), 48-61.

- Wahjuningsih, N., Hadiwardoyo, S. P., & Sumabrata, R. J. (2017, June). Characteristics of permanent deformation rate of warm mix asphalt with additives variation (BNA-R and zeolite). In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1855, No. 1, p. 030004). AIP Publishing LLC.
- Yuniarti, R. (2015). Modifikasi Aspal dengan Getah Pinus dan *Fly ash* untuk Menghasilkan Bio-Aspal. *Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan*, 1(2).