

TESIS

**ANALISIS DEFORMASI PERMANEN CAMPURAN *ASPHALT*
CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) MODIFIKASI
MENGUNAKAN *WHEEL TRACKING MACHINE***



MUHAMMAD YUSBIE MURASA

03022622226015

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS DEFORMASI PERMANEN CAMPURAN *ASPHALT*
CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) MODIFIKASI
MENGUNAKAN *WHEEL TRACKING MACHINE*

TESIS

Oleh :

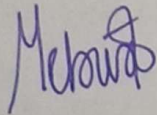
MUHAMMAD YUSBIE MURASA

03022622226015

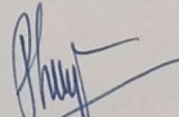
Palembang, 19 Juli 2025

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. Melawaty Agustien, S.Si., M.T
NIP. 197408151999032003



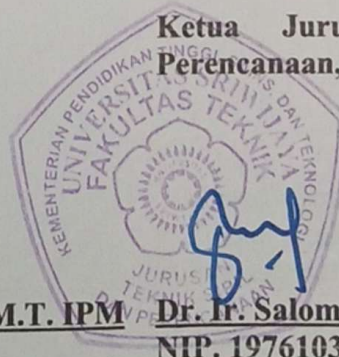
Ir. Rhaptvalyani, S.T, M.Eng., Ph.D., IF
NIP. 198504032008122006

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,



Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T. IPM
NIP. 197502112003121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Perencanaan,



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

HALAMAN PERSETUJUAN

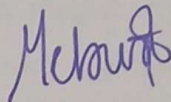
Karya tulis ilmiah berupa Tesis ini dengan judul "**Analisis Deformasi Permanen Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc) Modifikasi Menggunakan Wheel Tracking Machine**" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 19 Juli 2025

Palembang, 19 Juli 2025

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tesis

Dosen Pembimbing:

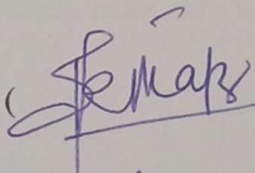
1. Dr. Melawaty Agustien, S.Si., M.T.
NIP. 197408151999032003
2. Ir. Rhaptyalyani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM
NIP. 198504032008122006

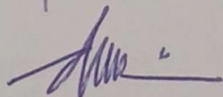
()

()

Dosen Penguji:

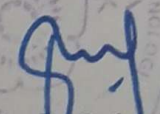
3. Prof. Ir. Hj. Erika Buchari, M.Sc
NIP. 196010301987032003
4. Dr. Edi Kadarsa, S.T., M.T.
NIP. 197311032008121003

()

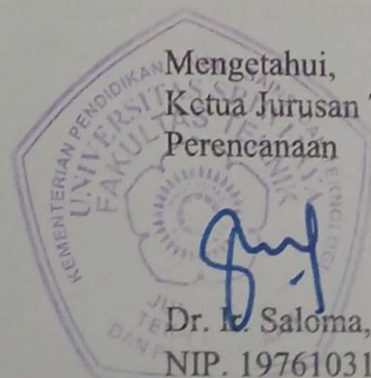
()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan
Perencanaan


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

NIP. 197610312002122001



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Yusbie Murasa

NIM : 03022622226015

Judul : Analisis Deformasi Permanen Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (Ac-Wc) Modifikasi Menggunakan *Wheel Tracking Machine*.

Menyatakan bahwa Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/ plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/ plagiat dalam Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

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



Palembang, Agustus 2025



Muhammad Yusbie Murasa
03022622226015

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Yusbie Murasa

NIM : 03022622226015

Judul : Analisis Deformasi Permanen Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc)* Modifikasi Menggunakan *Wheel Tracking Machine*.

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 untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

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

Palembang, Agustus 2025



Muhammad Yusbie Murasa
03022622226015

HALAMAN RINGKASAN

ANALISIS DEFORMASI PERMANEN CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE* (AC-WC) MODIFIKASI MENGGUNAKAN *WHEEL TRACKING MACHINE*.

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 2025

Muhammad Yusbie Murasa ; Dibimbing oleh Dr. Melawaty Agustien, S.Si., M.T.
dan Ir. Rhaptyalyani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis deformasi permanen (*rutting*) pada campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) yang dimodifikasi dengan bahan tambahan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) dan *Fly Ash Bottom Ash* (FABA) menggunakan alat *Wheel Tracking Machine* (WTM). Untuk campuran AC-WC standar tanpa modifikasi KAO diperoleh sebesar 5,65% dari berat total campuran. Sementara itu, untuk campuran modifikasi AC-WC + EVA + FABA komposisi terbaik didapat pada variasi ke-2 dengan penambahan EVA 1%, Fly Ash 0,25%, dan Bottom Ash 0,75%, di mana nilai-nilai parameter Marshall yang dihasilkan tidak hanya memenuhi spesifikasi teknis tetapi juga lebih baik dibandingkan campuran standar. Pengujian deformasi permanen dilakukan menggunakan *Wheel Tracking Machine* pada suhu 60°C. Hasil menunjukkan bahwa campuran modifikasi memiliki ketahanan deformasi yang jauh lebih tinggi dibandingkan campuran standar. Nilai stabilitas dinamis pada campuran modifikasi adalah 15750,00 Lintasan/mm dan 15751,04 Lintasan/mm, sedangkan campuran standar hanya mencapai 5488,64 Lintasan/mm dan 5486,18 Lintasan/mm. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan penambahan EVA dan FABA mampu mengurangi deformasi permanen secara signifikan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa modifikasi campuran AC-WC menggunakan EVA dan FABA secara efektif meningkatkan ketahanan terhadap rutting, meningkatkan stabilitas campuran, serta berpotensi memperpanjang umur layanan perkerasan

Kata kunci: *Over Dimension Over Load (ODOL), Ethylene Vinyl Acetate (EVA), FABA, Wheel Tracking Machine (WTM)*

SUMMARY

ANALISIS DEFORMASI PERMANEN CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) MODIFIKASI MENGGUNAKAN WHEEL TRACKING MACHINE.

Scientific papers in the form of final project, 2025

Muhammad Yusbie Murasa is guided by Dr. Melawaty Agustien, S.Si., M.T. dan Ir. Rhaptyalyani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM

Master of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

This research aims to analyze the permanent deformation (rutting) behavior of modified Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) mixtures using Ethylene Vinyl Acetate (EVA) and Fly Ash Bottom Ash (FABA) additives. The evaluation was conducted using the Wheel Tracking Machine (WTM). The Optimum Asphalt Content (OAC) for the standard AC-WC mixture (using penetration grade 60/70 asphalt) was determined to be 5.65% by total weight of the mixture. For the modified AC-WC mixture incorporating EVA and FABA, the best performance was observed in Variation 2, with a composition of EVA 1%, Fly Ash 0.25%, and Bottom Ash 0.75%. This variation not only met all Marshall parameter specifications but also showed better performance compared to the standard mixture. Notably, the fly ash content was lower than bottom ash in the optimal mix. The permanent deformation test using the Wheel Tracking Machine at 60°C revealed a significant improvement in rutting resistance for the modified mixture. The dynamic stability values for the modified AC-WC mixture reached 15,750.00 passes/mm and 15,751.04 passes/mm, while the standard AC-WC mixture only achieved 5,488.64 passes/mm and 5,486.18 passes/mm. These results indicate a much higher resistance to permanent deformation when using EVA and FABA as additives. In conclusion, the modification of AC-WC mixtures with EVA and FABA significantly enhances rutting resistance and mixture stability, contributing to longer pavement service life.

Keywords: *Over Dimension Over Load (ODOL), Ethylene Vinyl Acetate (EVA), FABA, Wheel Tracking Machine (WTM)*

RIWAYAT HIDUP

Nama : Muhammad Yusbie Murasa
Tempat, tanggal lahir : Bengkulu, 17 Agustus 1998
Jenis kelamin : Laki-Laki
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Warga negara : Indonesia
Nomor HP : 0821-8245-5515
E-mail : yusbiemurasa@gmail.com
Riwayat Pendidikan :

Institusi Pendidikan	Fakultas	Jurusan	Masa
SDN 95 Palembang	-	-	2004-2010
SMPN 1 Palembang	-	-	2010-2013
SMAN 1 Palembang	-	IPA	2013-2016
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	2016-2020
Universitas Sriwijaya	Teknik	Magister Teknik Sipil	2021-2025

Demikian riwayat hidup ini saya buat dengan sebenarnya.

Hormat saya,



Muhammad Yusbie Murasa

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT. yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tesis yang berjudul **“Analisis Deformasi Permanen Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc) Modifikasi Menggunakan Wheel Tracking Machine”**.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Laporan Thesis ini tidak akan selesai dengan baik tanpa adanya bantuan, arahan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih yang sebanyak-banyaknya kepada:

1. Prof. Dr.Taufiq Marwa, S.E.,M.Si. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T.,M.T.,IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Aminuddin, S.T.,M.T., IPU. ASEAN Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan dan M. Baitullah Al Amin, S.T., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan.
4. Dr. Yulindasari, S.T., M.Eng. IPM, selaku Koordinator Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.
5. Dr. Melawaty Agustien, S.Si.,M.T dan Ir. Rhaptyalyani, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM. selaku pembimbing tesis atas saran, masukan, motivasi, dan ilmu yang bermanfaat guna kelancaran penulisan laporan tesis ini.
6. Kedua Orang Tua dan Keluarga Besar atas dukungan yang selalu diberikan.

Saya mohon maaf bila pada penulisan Thesis ini banyak terdapat kesalahan. Semoga penelitian ini berguna untuk pembaca dan masyarakat.

Palembang, Juli 2025



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
HALAMAN RINGKASAN.....	vi
SUMMARY	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
 BAB 1 PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	6
 BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	 7
2.1 Seleksi Literatur Metode PRISMA.....	7
2.2 Penelitian Terdahulu.....	9
2.3 Lapis Aspal Beton (Laston).....	14
2.3.1 Klasifikasi Lapisan Aspal Beton.....	14
2.4 Campuran Aspal Panas (Hotmix).....	18
2.5 Bahan Penyusun Campuran Aspal Panas	18
2.5.1. Aspal.....	19
2.5.1.1 Karakteristik aspal.....	22
2.5.1.2 Karakteristik aspal modifikasi EVA + FABA	23
2.5.2 Agregat.....	24
2.5.3 Gradasi Agregat Gabungan	26
2.6 <i>Over Dimension Over Load (ODOL)</i>	27
2.7 <i>Fly ash</i>	30
2.8 <i>Bottom ash</i>	32
2.9 <i>Design Mix Formula (DMF)</i>	34
2.10 <i>Job Mix Formula (JMF)</i>	34
2.12 Pengujian <i>Marshall</i>	35
2.12.1 Batasan-Batasan <i>Marshall Test</i>	36
2.13 Pengujian <i>Wheel Tracking Machine (WTM)</i>	37
2.13.1 Batasan-Batasan <i>Wheel Tracking Machine (WTM)</i>	38

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	40
3.1 Umum	40
3.2 Studi Pustaka	41
3.3 Persiapan Alat dan Bahan	43
3.4 Pengujian di Laboratorium	45
3.5 <i>Design Mix Formula</i> (DMF)	55
3.6 <i>Job Mix Formula</i> (JMF)	56
3.7 Pembuatan Benda Uji Kadar Aspal Rencana	56
3.8 Pengujian <i>Marshall</i> pada Benda Uji Kadar Aspal Rencana	56
3.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum	57
3.10 Pembuatan Benda Uji Kadar Aspal Optimum.....	57
3.11 Pengujian <i>Wheel Tracking Machine</i> (WTM)	57
3.12 Analisis Pengujian	58
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	 60
4.1 Pengujian Karakteristik Agregat.....	60
4.1.1 Hasil Pengujian XRF (<i>X-Ray Fluoresence</i>).....	63
4.1.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat.....	64
4.2 Hasil Pengujian Aspal.....	65
4.3 Hasil Pengujian Karakteristik Zat Aditif.....	66
4.4 Komposisi Campuran Agregat	67
4.5 Kadar Aspal Rencana	68
4.6 Pengujian <i>Marshall</i>	71
4.6.1 Pengujian <i>Marshall</i> Standar	72
4.6.2 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Laston Modifikasi	76
4.7 Hasil Pengujian <i>Wheel Tracking Machine</i> (WTM) Campuran Laston Modifikasi (AC-WC + EVA + Fly Ash + <i>Bottom Ash</i>)	82
4.8 Analisis Data.....	85
 BAB 5 PENUTUP	 87
5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	87
 DAFTAR PUSTAKA	 89
LAMPIRAN.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Seleksi Literatur Metode PRISMA	9
Tabel 2.2 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)	16
Tabel 2.3 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston yang Dimodifikasi	17
Tabel 2.4 Ketentuan untuk Aspal Keras	20
Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Kasar	25
Tabel 2.6 Ketentuan Agregat Halus	25
Tabel 2.7 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	26
Tabel 2.8 Contoh Batas-Batas 'Bahan Bergradasi Senjang'	26
Tabel 2.9 Propertis Polimer EVA	30
Tabel 2.10 Perbedaan Pengujian Marshall dan Wheel Tracking Machine	39
Tabel 3.1 Matriks Hubungan Penelitian.....	42
Tabel 3.2 Jumlah Sampel Benda Uji untuk <i>Marshall Test</i>	57
Tabel 3.3 Rencana Jumlah Benda Uji.....	57
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Batu Pecah 1-2.....	60
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Karakteristik Batu Pecah 1-1	61
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Karakteristik Abu Batu.....	61
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Bottom ash</i>	62
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Filler</i> (Semen).....	62
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Filler</i> (<i>Fly ash</i>).....	62
Tabel 4.7 Hasil Pengujian XRF <i>Fly ash</i> (PT.Sucofindo).....	63
Tabel 4.8 Hasil Pengujian XRF <i>Bottom ash</i> (PT.Sucofindo)	64
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat.....	64
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal Pen 60/70	65
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal dengan Bahan Tambah EVA 1% dan 2%	66
Tabel 4.12 Hasil pengujian karakteristik polimer EVA.....	67
Tabel 4.13 Gradasi yang Digunakan untuk Pembuatan Campuran AC-WC	67
Tabel 4.14 Batas Bawah dan Batas Atas Titik Kontrol Gradasi Persen Lolos pada Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC)	69
Tabel 4.15 Jumlah Benda Uji per Kadar Aspal.....	71
Tabel 4.16 Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	72
Tabel 4.17 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Laston Modifikasi (AC-WC + EVA + <i>Fly</i> <i>Ash</i> + <i>Bottom Ash</i>)	77
Tabel 4.18 Hasil Pengujian <i>Wheel Tracking Machine</i> (WTM) Campuran Laston Modifikasi (AC-WC+ EVA 0% + <i>Fly Ash</i> 0% + <i>Bottom Ash</i> 0%).....	83
Tabel 4.19 Hasil Pengujian <i>Wheel Tracking Machine</i> (WTM) Campuran Laston Modifikasi (AC-WC EVA + <i>Fly Ash</i> 0,25% + <i>Bottom Ash</i> 0,75%)	833
Tabel 4.20 Hasil Pengujian <i>Wheel Tracking Machine</i> (WTM) Campuran Laston Modifikasi (AC-WC EVA + <i>Fly Ash</i> 0,5% + <i>Bottom Ash</i> 0,5%)	844

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram PRISMA	8
Gambar 2.2 Struktur Lapis Aspal Beton (Laston)	16
Gambar 2.3 <i>Ethylene Vinyl Acetate</i> (EVA).....	29
Gambar 2.4 <i>Fly Ash</i> PT. Bukit Energi Servis Terpadu	31
Gambar 2.5 <i>Bottom Ash</i> PT. Bukit Energi Servis Terpadu.....	32
Gambar 2.6 Diagram alir proses PLTU Tanjung Enim	33
Gambar 2.7 <i>Wheel Tracking Machine</i>	37
Gambar 2.8 Tingkat Kerusakan Alur	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	40
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengujian dilaboratorium.....	41
Gambar 3.3 Peralatan Pengujian Agregat	43
Gambar 3.4 Peralatan Pengujian Aspal.....	44
Gambar 3.5 Diagram alir pengujian WTM	58
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat Gabungan.....	68
Gambar 4.2 Grafik VMA	73
Gambar 4.3 Grafik VIM.....	73
Gambar 4.4 Grafik VFB.....	74
Gambar 4.5 Grafik Stabilitas.....	74
Gambar 4.6 Grafik <i>Flow</i>	75
Gambar 4.7 Grafik <i>Marshall Quotient</i>	75
Gambar 4.8 Grafik Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	76
Gambar 4.9 Grafik Nilai VMA	78
Gambar 4.10 Grafik Nilai VIM.....	78
Gambar 4.11 Grafik Nilai VFA	79
Gambar 4.12 Grafik Nilai Stabilitas.....	80
Gambar 4.13 Grafik Nilai Flow	80
Gambar 4.14 Grafik Nilai Marshall Quotient	81
Gambar 4.15 Grafik Penentuan Kadar Optimum Bahan Tambah	82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Summary Job Mix Formula Ac Wearing	92
Lampiran 2 Properties Dan Marshall Test	94
Lampiran 3 Data Test Aspal Curah Pen 60/70.....	113
Lampiran 4 Data Test Independent Agregate	117
Lampiran 5 Gambar Alat Dan Bahan, Proses Pembuatan Dan Pengujian Benda Uji Lampiran Di Laboratorium.....	133

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, konstruksi jalan pada umumnya menggunakan perkerasan berbasis aspal dengan metode campuran panas. Campuran ini diperoleh dari penggabungan agregat dan aspal, di mana aspal berfungsi sebagai perekat utama dalam struktur perkerasan. Proses pemanasan campuran ini dilakukan pada suhu tinggi, yang berpotensi meningkatkan emisi gas rumah kaca dan mempercepat pemanasan global. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi dalam formulasi campuran aspal yang ramah lingkungan dan mampu memanfaatkan sumber daya alam secara berkelanjutan. Dalam sistem struktur perkerasan jalan, salah satu lapisan yang memegang peranan penting adalah Laston Lapis Aus atau *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Lapisan AC-WC bertugas menahan beban maksimum yang ditimbulkan oleh lalu lintas kendaraan. Secara umum, bahan penyusun campuran AC-WC meliputi agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*), serta aspal sebagai pengikat.

Pada konstruksi jalan terutama di area gerbang tol (*Toll Gate*) yang merupakan titik dengan beban kendaraan paling tinggi, diperlukan material perkerasan yang mampu menahan beban secara optimal. Salah satu solusi yang potensial adalah penggunaan campuran laston yang dimodifikasi dengan tambahan EVA+FABA, karena campuran ini terbukti memiliki kinerja yang baik terhadap suhu tinggi serta mampu meningkatkan daya tahan perkerasan terhadap beban lalu lintas berat. Peningkatan struktur pada perkerasan jalan diperlukan karena pada umumnya cukup banyak ditemui lapis perkerasan jalan mengalami berbagai macam kerusakan yang disebabkan kendaraan beban berat. Perkerasan aspal seringkali mengalami deformasi sehingga terdapat alur roda kendaraan pada lapis perkerasan aspal apabila kendaraan *Over Dimension Over Load* (ODOL) melintas dan juga pada saat kendaraan roda empat melakukan manuver diatas lapisan AC-WC. Kasus deformasi permanen banyak terjadi pada jalan nasional maupun jalan tol di Indonesia. Deformasi permanen adalah kondisi di mana lapisan struktur perkerasan jalan mengalami penurunan yang bersifat tetap dan tidak dapat kembali ke bentuk

semula akibat adanya beban yang diterapkan secara berulang. Salah satu solusi untuk mengatasi kerusakan jalan akibat tingginya volume lalu lintas dan beban berlebih adalah dengan melakukan modifikasi pada aspal, yaitu melalui penambahan bahan polimer serta perubahan pada agregat. Salah satu jenis polimer plastomer yang terbukti dapat meningkatkan performa aspal adalah *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) (Suherman, 2013). EVA merupakan polimer termoplastik yang mampu meningkatkan elastisitas yang membantu menahan deformasi akibat beban berulang, ketahanan terhadap deformasi permanen (*rutting*), dan fleksibilitas campuran aspal, terutama pada suhu tinggi maupun rendah. Campuran yang menggunakan aspal modifikasi polimer eva akan menghasilkan total deformasi yang lebih kecil jika dibandingkan dengan campuran yang tidak menggunakan aspal modifikasi polimer EVA didalam campuran. Di sisi lain, polimer plastomer jenis *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) memiliki karakteristik yang mendukung penggunaannya dalam modifikasi aspal, seperti kemudahan dalam pencampuran, kestabilan pada suhu pencampuran standar, serta kemampuan berinteraksi secara efektif dengan bitumen (Suherman, 2013).

Fly ash dan *Bottom ash* merupakan residu padat hasil pembakaran batu bara yang terbentuk akibat proses termal di dalam ruang bakar pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). *Fly ash* terbawa keluar melalui aliran gas buang dalam bentuk partikel halus, sedangkan *Bottom ash* tertinggal di dasar ketel pembakaran. Keduanya tergolong sebagai limbah anorganik yang berasal dari transformasi mineral akibat temperatur tinggi selama proses pembakaran (Umboh, 2014). *Fly ash Bottom ash* memiliki nilai gradasi yang rapat sehingga membuat pori udara pada aspal menjadi lebih sedikit (Umboh, 2014). FABA memiliki potensi sebagai filler aktif karena kandungan silika dan alumina-nya yang tinggi, serta struktur partikel halus yang dapat meningkatkan kepadatan dan stabilitas campuran. Kombinasi penggunaan EVA dan FABA mampu meningkatkan kinerja campuran aspal, baik dari segi stabilitas maupun ketahanan terhadap air dan beban berulang, sehingga dapat menjadi solusi alternatif untuk mendukung konstruksi perkerasan jalan yang lebih tahan lama di tengah tantangan kendaraan ODOL dan membuat perkerasan AC-WC tidak mengalami lendutan karena campuran aspal akan bersifat plastis tetapi tetap elastis karena nilai stabilitas yang dihasilkan tinggi.

Dalam upaya meningkatkan kinerja campuran aspal terhadap beban lalu lintas berat dan tantangan lingkungan, pemilihan bahan aditif yang tepat menjadi hal yang sangat penting. Salah satu pendekatan yang mulai dikembangkan adalah penggunaan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) sebagai bahan modifikasi aspal dan *Fly Ash Bottom Ash* (FABA) sebagai *filler* pengganti material mineral konvensional. EVA dipilih karena sifatnya yang mampu meningkatkan elastisitas, fleksibilitas, serta ketahanan campuran terhadap deformasi permanen (*rutting*) dan retak akibat suhu ekstrem. Sementara itu, FABA yang merupakan limbah sisa pembakaran batu bara, memiliki kandungan silika dan alumina yang tinggi, sehingga mampu meningkatkan kepadatan dan stabilitas campuran aspal. Selain berfungsi sebagai *filler* aktif yang memperbaiki struktur campuran, pemanfaatan FABA juga mendukung prinsip pengelolaan limbah berkelanjutan. Dengan mengombinasikan kedua bahan ini, diharapkan campuran aspal yang dihasilkan memiliki kinerja lebih baik dalam menahan beban berlebih seperti kendaraan ODOL, serta lebih tahan terhadap kondisi cuaca dan lingkungan.

Beberapa penelitian terdahulu yang dijadikan referensi dalam penelitian ini baik terkait benda uji yang digunakan maupun penggunaan alat pengujian lanjut salah satunya pada penelitian Suherman (2013) menyatakan pada penelitiannya bahwa campuran menggunakan aspal modifikasi polimer EVA menunjukkan nilai stabilitas *Marshall* yang lebih tinggi, yakni sebesar 1.634,57 kg, dibandingkan dengan 1.361,95 kg pada campuran tanpa modifikasi EVA. Selain itu, campuran dengan aspal polimer EVA juga menghasilkan nilai modulus resilien yang lebih besar. Total deformasi terkecil, yaitu 0,75 mm pada suhu 45°C, juga tercatat pada campuran yang dimodifikasi dengan polimer EVA. Oleh karena itu, secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa penggunaan aspal modifikasi polimer EVA mampu meningkatkan kinerja campuran, terutama dalam mengurangi deformasi.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Suparma (2015) berjudul “Pengaruh Penggunaan Aspal Modifikasi EVA (EVA-MA) pada Perancangan Campuran Beton Aspal”, tujuan utamanya adalah untuk mengkaji karakteristik aspal yang dimodifikasi dengan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA-MA) serta dampaknya terhadap campuran AC-WC dan AC-BC, dengan variasi penggunaan EVA sebesar 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Hasil penelitian menunjukkan semakin besar kadar EVA dalam

aspal akan menurunkan nilai penetrasi dan menaikkan titik lembek, sehingga menurunkan kepekaan terhadap perubahan suhu. Pengaruh penggunaan EVA-MA pada campuran aspal beton menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar EVA yang ditambahkan, maka kadar aspal optimum dalam campuran juga meningkat.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Lizar (2017) membahas tentang pemanfaatan perbedaan sumber *Fly ash* dan *Bottom ash* sebagai *filler* dalam campuran perkerasan lentur. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa karakteristik material dasar yang digunakan memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI). Penambahan *filler* dari *Fly ash* dan *Bottom ash* secara umum mampu meningkatkan stabilitas benda uji, dengan rata-rata peningkatan stabilitas sebesar 25% dibandingkan dengan benda uji yang menggunakan *filler* dari abu batu.

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Syarkawi (2019) menunjukkan bahwa limbah marmer yang digunakan sebagai *filler* mampu meningkatkan ketahanan deformasi campuran beraspal, sebagaimana dibuktikan melalui pengujian menggunakan alat *Wheel Tracking Machine*. Dengan penambahan limbah marmer, campuran aspal menjadi lebih kuat dalam menahan beban lalu lintas. Untuk mengetahui tingkat perubahan bentuk tersebut di lapangan, dilakukan pengujian menggunakan metode *Wheel Tracking Test*, atau sering disebut *Dynamic Stability Test*. Metode ini bertujuan mengukur seberapa besar deformasi yang terjadi pada sampel beton aspal dengan cara melintasi roda besi bermuatan tertentu secara berulang di atas permukaan sampel. Hasil pengujian ini dinyatakan dalam jumlah lintasan yang dibutuhkan untuk menghasilkan alur sedalam satu milimeter.

Dari hasil studi literatur, untuk meningkatkan kualitas aspal dalam penelitian ini akan digunakan bahan polimer *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) dan bahan substitusi pada agregat berupa limbah *Fly ash* dan *Bottom ash* (FABA). Salah satu bentuk kerusakan yang umum dijumpai adalah deformasi permanen (*rutting*) yang dapat menurunkan kenyamanan dan keselamatan berkendara. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dibutuhkan inovasi dalam desain campuran aspal, salah satunya dengan modifikasi menggunakan bahan tambahan aditif seperti EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*) dan FABA (*Fly Ash Bottom Ash*). Penggunaan bahan ini

bertujuan untuk meningkatkan performa mekanik campuran, khususnya dalam menurunkan resiko deformasi permanen dan meningkatkan nilai stabilitas, durabilitas, sekaligus salah satu langkah untuk penanganan pengurangan limbah dengan peningkatan nilai fungsinya. Analisa campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) modifikasi menggunakan pengujian *Wheel Tracking Machine* dipilih karena mampu merepresentasikan kondisi nyata di lapangan, terutama dalam mensimulasikan beban roda kendaraan dan suhu tinggi secara berulang. Hal ini membuat pengujian WTM lebih akurat dalam mengevaluasi ketahanan terhadap deformasi. Dengan kombinasi modifikasi campuran AC-WC dan pengujian menggunakan WTM, diharapkan diperoleh hasil yang lebih representatif dalam menilai kinerja campuran aspal, sehingga dapat menjadi referensi penting dalam pembangunan perkerasan jalan yang lebih tahan lama dan efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada uraian latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan kadar aspal optimum (KAO) antara campuran AC-WC konvensional dan campuran AC-WC yang dimodifikasi dengan polimer EVA, menggunakan limbah *Fly ash* sebagai *filler* dan *Bottom ash* sebagai agregat halus?
2. Bagaimana perbedaan nilai stabilitas dinamis pada campuran AC-WC standar dibandingkan dengan campuran AC-WC modifikasi EVA yang menggunakan limbah *Fly ash* dan *bottom ash* berdasarkan pengujian dengan *Wheel Tracking Machine* (WTM)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengevaluasi perbedaan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) antara campuran aspal beton AC-WC standar dan campuran AC-WC yang dimodifikasi dengan *Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) serta menggunakan limbah *Fly ash* sebagai *filler* dan *Bottom ash* sebagai agregat halus.
2. Menganalisis perbandingan nilai stabilitas dinamis melalui pengujian menggunakan alat *Wheel Tracking Machine* (WTM) antara campuran AC-

WC standar dan campuran AC-WC yang dimodifikasi menggunakan polimer EVA, *fly ash*, dan *bottom ash*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Mengacu pada tujuan yang telah ditetapkan, ruang lingkup dari penelitian ini mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan dalam kondisi laboratorium skala terbatas.
2. Jenis aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat adalah aspal penetrasi 60/70 pada campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC).
3. Bahan tambahan polimer yang digunakan untuk aspal penetrasi 60/70 adalah EVA (*Ethylene Vinyl Acetate*)
4. Limbah yang digunakan adalah *Fly ash* yang dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (*filler*), sedangkan *Bottom ash* digunakan sebagai substitusi agregat halus.
5. Rangkaian pengujian dan pelaksanaan penelitian ini merujuk pada ketentuan yang tercantum dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, khususnya pada Seksi 6.3 yang dijadikan acuan standar teknis.
6. Metode pengujian yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengujian *Marshall* serta *Wheel Tracking Machine* (WTM) untuk menilai karakteristik campuran
7. Pada lokasi yang terjadi deformasi permanen, untuk pengujian LPA dan Tanah CBM sudah memenuhi spesifikasi dengan hasil yang baik. (Data terlampir)

DAFTAR PUSTAKA

- Ali M. (2018). *INTERNATIONAL MASTER COURSE IN CIVIL ENGINEERING STUDY OF THE BITUMEN AGING EFFECTS ON THE RHEOLOGICAL PROPERTIES AND FATIGUE BEHAVIOR*.
- Bina Marga. (2017). *Spesifikasi Bina Marga 2017*.
- Bina Marga. (2018). *SPESIFIKASI UMUM BINA MARGA 2018*.
- Hardiyatmo. (2015). *Perancangan Perkerasan Jalan & Penyelidikan Tanah*.
- I Gusti Ngurah Widyantra. (2018). *STABILITAS MARSHALL DAN KETAHANAN DEFORMASI WARM MIX ASPHALT MENGGUNAKAN ADITIF ZYCOTHERM*. Universitas Gadjah Mada.
- Kashem, M. A. (2012). *USE OF WASTE PLASTIC BLENDED BITUMEN FOR ROAD CONSTRUCTION AND MAINTENANCE*.
- Latif Budi Suparna. (2015). *PENGARUH PENGGUNAAN ASPAL MODIFIKASI EVA (EVA-MA) PADA PERANCANGAN CAMPURAN BETON ASPAL*. Universitas Lampung.
- Mukhtar Thahir Syarkawi, A. J. G. S. R. R. (2019). *Analisa Deformasi Penggunaan Limbah Marmer sebagai Filler pada Campuran Aspal Beton*. Universitas Muslim Indonesia.
- Rahman, H., & Zega, R. T. (2018). Analisis Kesesuaian Model Modulus Aspal dan Campuran Laston Lapis Aus untuk Aspal Modifikasi Asbuton Murni. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(1), 71. <https://doi.org/10.5614/jts.2018.25.1.9>
- Ranieri, M., & Celauro Mario Di Paola, C. (2017). *Asphalt mixtures improved with plastic additives: mix design and case study in an airport*.
- Saowarot Hasita. (2019). *MECHANICAL PROPERTY AND PERFORMANCE OF ASPHALT CONCRETE USING LIMESTONE, GRANITE AND STEEL SLAG AS AGGREGATE*.
- Skronka, G. (2021). *New Method for Analyzing Asphalt Binders*.
- Suhendra, D. (2014). *PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PADA PROSES PENCAMPURAN TERHADAP CAMPURAN ASPAL PANAS (ASPHALT HOTMIX)*. FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS LAMPUNG. Universitas Lampung.
- Suherman. (2012). Kinerja Modulus Resilien dan Deformasi Permanen dari Campuran Lapis antara (AC-BC) yang Menggunakan Material Hasil Daur Ulang (RAP). Dalam *Universitas Islam Negeri Syarif Kasim*,

- Jurnal Sains Teknologi dan Industri*. Universitas Islam Negeri Syarif Kasim, Jurnal Sains Teknologi dan Industri.
- Suherman. (2013). *PENGARUH POLIMER EVA (ETHYLENE VINYL ACETATE) TERHADAP KINERJA CAMPURAN LAPIS ANTARA (AC-BC)*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim .
- Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*.
- Suparyanto. (2008). *Pengaruh Penggunaan Aspal Pertamina AC 60/70 dan Aspal Shell AC 60/70 Terhadap Deformasi Permanen Campuran Beton Aspal (Spesifikasi Bina Marga 2007) Dikaitkan Dengan Temperatur Pemadatan Menggunakan Alat Uji Wheel Tracking*. Universitas Gadjah Mada.
- Suseno. (2012). *Pengaruh Penggunaan Bottom Ash Sebagai Pengganti Tanah Liat Pada Campuran Bata Terhadap Kuat Tekan Bata*. Universitas Brawijaya.
- Syahputra, D., Subagio, B. S., & Hariyadi, E. S. (2020). Asphalt Concrete – Wearing Course (Ac-Wc) With Crumb Rubber Mixture Performance Evaluation. *Jurnal Teknik Sipil*, 26(3), 223. <https://doi.org/10.5614/jts.2019.26.3.5>
- Umboh. (2014). *PENGARUH PEMANFAATAN ABU TERBANG (FLY ASH) DARI PLTU II SULAWESI UTARA SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN TERHADAP KUAT TEKAN BETON*. Universitas Sam Ratulangi.