

ANALISIS PENGARUH VARIASI DURASI *MIXING* METODE *WET PROCESS* ASPAL MODIFIKASI *CRUMB RUBBER* TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

LINLIN ASRI AYUNI



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Analisis Pengaruh Variasi Durasi *Mixing* Metode *Wet process* Aspal Modifikasi *Crumb rubber* Terhadap Karakteristik Marshall” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2026

Linlin Asri Ayuni
F4401221005



ABSTRAK

LINLIN ASRI AYUNI. Analisis Pengaruh Variasi Durasi *Mixing* Metode *Wet process* Aspal Modifikasi *Crumb rubber* Terhadap Karakteristik Marshall. Dibimbing oleh TRI SUDIBYO dan HERIANSYAH PUTRA.

Kerusakan jalan di Indonesia mencapai 14,25% rusak ringan dan 18,35% rusak berat, mendorong inovasi peningkatan perkerasan jalan. Salah satunya melalui modifikasi aspal dengan *Crumb Rubber* (CR) dari ban bekas melalui *wet process*, menghasilkan *Crumb Rubber Modified Bitumen* (CR-MB) yang berpotensi memperbaiki sifat fisik aspal dan karakteristik Marshall campuran AC-WC. Penelitian ini menganalisis pengaruh kadar CR (4, 6, 8%) dan durasi *mixing* (30, 45, 60 menit) terhadap karakteristik Marshall serta menentukan kondisi optimumnya, menggunakan aspal Pen 60/70 dimodifikasi CR Mesh-40 dengan *low shear mixer* 700 rpm, suhu 160-190°C, pada Kadar Aspal Optimum 6%. CR menurunkan penetrasi dan meningkatkan titik lembek dibanding kontrol, dengan berat jenis, titik nyala, VMA, VIM, dan VFA memenuhi spesifikasi SNI. Stabilitas, kelelahan, dan *Marshall Quotient* meningkat, tertinggi pada CR 6% sebelum menurun pada CR 8% akibat *over-modification*. ANOVA menunjukkan kadar CR dan durasi *mixing* berpengaruh signifikan terhadap stabilitas, namun interaksinya tidak signifikan pada seluruh parameter. Kondisi optimum adalah CR 6% dengan durasi *mixing* 45 menit.

Kata kunci: CR, CR-MB, karakteristik Marshall, *wet process*

ABSTRACT

LINLIN ASRI AYUNI. Analysis of the Effect of *Mixing* Duration Variations in *Wet process* Method of *Crumb rubber* Modified Asphalt on Marshall Characteristics. Supervised by TRI SUDIBYO and HERIANSYAH PUTRA.

Road damage in Indonesia reaches 14.25% light and 18.35% severe, driving pavement innovation, including asphalt modification with Crumb Rubber (CR) from waste tires via the wet process to produce Crumb Rubber Modified Bitumen (CR-MB), improving asphalt properties and Marshall characteristics of AC-WC mixtures. This study examines effects of CR content (4, 6, 8%) and mixing duration (30, 45, 60 minutes) on Marshall characteristics to determine the optimum condition, using Pen 60/70 asphalt modified with CR Mesh-40 (low shear mixer, 700 rpm, 160–190°C) at 6% Optimum Asphalt Content. CR lowered penetration and raised softening point versus control, while specific gravity, flash point, VMA, VIM, and VFA met SNI specifications. Stability, *flow*, and Marshall Quotient peaked at 6% CR before declining at 8% due to over-modification. ANOVA showed CR content and mixing duration significantly affected stability, though their interaction was insignificant. The optimum condition was 6% CR with 45 minutes mixing.

Keywords: CR, CR-MB, Marshall characteristics, wet process



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



ANALISIS PENGARUH VARIASI DURASI *MIXING* METODE *WET PROCESS* ASPAL MODIFIKASI *CRUMB RUBBER* TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

LINLIN ASRI AYUNI

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Ir. Sutoyo, S. TP., M.Si



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Variasi Durasi *Mixing Metode Wet process*
Aspal Modifikasi *Crumb rubber* Terhadap Karakteristik Marshall
Nama : Linlin Asri Ayuni
NIM : F4401221005

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Ir. Tri Sudibyo S.T., M.Sc., Ph.D., IPM



Pembimbing 2:

Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra S.Pd., M.Eng., IPM



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan
Ir. Tri Sudibyo S.T., M.Sc., Ph.D., IPM
NIP 19840530 201404 1 001



Tanggal Ujian: 11 Juni 2026

Tanggal Lulus: 22 JUN 2026

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Februari sampai bulan April 2026 ini ialah aspal modifikasi menggunakan bahan aditif, dengan judul Analisis Pengaruh Variasi Durasi *Mixing* Metode *Wet process* Aspal Modifikasi *Crumb rubber* Terhadap Karakteristik Marshall”.

Terima kasih secara khusus penulis sampaikan kepada pihak yang berkontribusi dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi, antara lain:

1. Ir. Tri Sudibyo S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku dosen pembimbing 1 serta Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra S.Pd., M.Eng., IPM selaku dosen pembimbing 2 atas arahan yang diberikan dalam penyusunan skripsi ini;
2. Seluruh dosen serta tenaga pendidik Program Studi Sarjana Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah memberikan ilmu serta bantuan selama perkuliahan.
3. Afnan Taqiyarrahman, S.Pd. selaku Laboran Laboratorium Kekuatan Bahan yang telah memfasilitasi selama proses penelitian;
4. Ayahanda Iing, Ibunda Yusi Mulyani, dan Adik saya Hilmia Nurani Putri, serta keluarga besar atas dukungan dan doa yang senantiasa diberikan.
5. Rekan-rekan satu bimbingan yaitu Inggar Fidela Anggraini, Karina Putri Wijaya, Revka Andima Saputro, dan Mhd.Naufal Ikhsan Desky atas bantuan dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
6. Citra Sari, Azmya Prasetyaningtyas, Ananda Azaria Khairunnisa, dan Muhammad Alfian Ibnu Munawar selaku teman dekat penulis yang telah membersamai dalam suka duka, membantu, dan mendukung penulis selama masa perkuliahan.
7. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil dan Lingkungan angkatan 59 (Zenikata Gatatirta) yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan..

Bogor, Juni 2026

Linlin Asri Ayuni

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Perkerasan Jalan	4
2.2 Aspal AC-WC	4
2.3 Aspal Modifikasi	5
2.4 <i>Crumb rubber</i>	5
2.5 Pencampuran Aspal Modifikasi <i>Wet process</i>	6
2.6 Marshall Test	6
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Kerja	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Karakteristik Agregat	14
4.2 Karakteristik Aspal	14
4.3 Pengujian Marshall	15
4.4 Karakteristik Fisik Aspal Modifikasi CR	16
V SIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Simpulan	37
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	46
RIWAYAT HIDUP	52



DAFTAR TABEL

1	Standar pengujian agregat	9
2	Syarat gradasi agregat gabungan	9
3	Data karakteristik aspal Pen 60-70	10
4	<i>Job mix desain Marshall</i>	11
5	Hasil pengujian karakteristik agregat	14
6	Hasil pengujian karakteristik aspal konvensional	15
7	Hasil pengujian Marshall aspal konvensional	16
8	Analisis ANOVA penetrasi aspal modifikasi CR	47
9	Analisis ANOVA berat jenis aspal modifikasi CR	47
10	Analisis ANOVA titik lembek aspal modifikasi CR	47
11	Analisis ANOVA titik nyala aspal modifikasi CR	47
12	Analisis ANOVA VMA aspal modifikasi CR	48
13	Analisis ANOVA VIM aspal modifikasi CR	48
14	Analisis ANOVA VFA aspal modifikasi CR	48
15	Analisis ANOVA stabilitas aspal modifikasi CR	48
16	Analisis ANOVA kelelahan aspal modifikasi CR	49
17	Analisis ANOVA MQ aspal modifikasi CR	49

DAFTAR GAMBAR

1	Diagram alir penelitian	8
2	Prosedur pencampuran aspal dengan <i>crumb rubber</i>	12
3	Tahapan uji Marshall	13
4	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai penetrasi aspal modifikasi CR	17
5	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai titik lembek aspal modifikasi CR	19
6	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai berat jenis aspal modifikasi CR	21
7	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai titik nyala aspal modifikasi CR	23
8	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai VMA	25
9	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai VIM	27
10	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai VFA	28
11	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai stabilitas Marshall	30
12	Pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai kelelahan (<i>flow</i>)	33
13	Hasil analisis pengaruh durasi <i>mixing</i> terhadap nilai <i>Marshall</i>	35

DAFTAR LAMPIRAN

1	Analisis ANOVA	47
2	Dokumentasi penelitian	50