

# **PENGARUH DURASI PENUAAN ALAMI MULSA *LOW-DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) TERHADAP KINERJA FISIS DAN REOLOGI ASPAL PENGIKAT MODIFIKASI**

**NATASHA ARFIANI**



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Pengaruh Durasi Penuaan Alami Mulsa *Low-Density Polyethylene* (LDPE) terhadap Kinerja Fisis dan Reologi Aspal Pengikat Modifikasi” 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 tesis ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Natasha Arfiani  
F0507251020



## RINGKASAN

NATASHA ARFIANI. Pengaruh Durasi Penuaan Alami Mulsa *Low-Density Polyethylene* (LDPE) terhadap Kinerja Fisis dan Reologi Aspal Pengikat Modifikasi. Dibimbing oleh HERIANSYAH PUTRA, TRI SUDIBYO, dan VALLERINA ARMETHA.

Aspal sebagai material utama perkerasan jalan lentur rentan mengalami deformasi permanen pada temperatur tinggi sehingga diperlukan upaya peningkatan performa melalui aspal modifikasi. Pemanfaatan limbah mulsa *Low-Density Polyethylene* (LDPE) sebagai *modifier* menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan karakteristik fisis dan reologi aspal sekaligus mendukung pemanfaatan kembali limbah plastik pertanian. Berbagai penelitian telah menunjukkan efektivitas LDPE sebagai *modifier* aspal, sedangkan pengaruh variasi durasi penuaan alami pada mulsa LDPE terhadap karakteristik fisis dan reologi mekanistik aspal modifikasi masih belum banyak dilaporkan. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan tingkat oksidasi mulsa LDPE berdasarkan nilai *Carbonyl Index* (CI) dan *Hydroxyl Index* (HI), serta menganalisis pengaruh penambahan mulsa LDPE yang mengalami variasi durasi penuaan alami pada berbagai konsentrasi terhadap karakteristik fisis dan reologi mekanistik aspal modifikasi.

Penelitian dilakukan menggunakan mulsa LDPE yang mengalami *natural ageing* selama 0, 1, 2, 3, dan 4 bulan. Karakterisasi material meliputi *Differential Scanning Calorimetry* (DSC), *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), kuat tarik, sedangkan aspal modifikasi dengan penambahan mulsa LDPE 6% dan 8% dievaluasi melalui pengujian karakteristik fisis dan reologi mekanistik. Hasil pengujian DSC mengonfirmasi bahwa material yang digunakan merupakan LDPE. Variasi durasi *ageing* meningkatkan nilai CI dari 0,55 menjadi 0,89 dan HI dari 1,64 menjadi 8,99, disertai penurunan kuat tarik dari 98,26 MPa menjadi 8,03 MPa serta *elongation at break* dari 175,55% menjadi 32,17% yang menunjukkan terjadinya degradasi fotooksidatif pada mulsa LDPE. Penambahan mulsa LDPE yang mengalami variasi *ageing* menurunkan nilai penetrasi hingga 73,2% serta meningkatkan nilai titik lembek hingga 76,52% pada aspal modifikasi dengan kadar mulsa LDPE 8% setelah penuaan selama empat bulan. Selain itu, penambahan mulsa LDPE meningkatkan nilai *complex shear modulus* ( $G^*$ ), menurunkan *phase angle* ( $\delta$ ), dan menggeser kurva *Black Diagram* menuju perilaku yang lebih kaku dan elastis sehingga meningkatkan ketahanan terhadap deformasi permanen pada temperatur tinggi. Variasi durasi *ageing* hingga empat bulan belum menunjukkan pengaruh yang konsisten terhadap karakteristik reologi mekanistik aspal modifikasi.

Kata kunci: *Ageing*, Aspal Modifikasi, *Low-Density Polyethylene* (LDPE), Oksidasi, Reologi Aspal

## SUMMARY

NATASHA ARFIANI. Effect of Natural Ageing of Low-Density Polyethylene (LDPE) Mulch on the Physical and Rheological Properties of Modified Asphalt Binder. Supervised by HERIANSYAH PUTRA, TRI SUDIBYO, and VALLERINA ARMETHA.

Asphalt, the primary material used in flexible pavement construction, is susceptible to permanent deformation at high temperatures, necessitating performance enhancement through modification. Utilizing waste low-density polyethylene (LDPE) mulch as an asphalt modifier offers a promising approach to improve the physical and rheological properties of asphalt while promoting the recycling of agricultural plastic waste. Although numerous studies have demonstrated the effectiveness of LDPE as an asphalt modifier, the influence of natural weathering duration on the performance of LDPE-modified asphalt has been limited. This study aimed to analyze the oxidation level of naturally weathered LDPE mulch based on the Carbonyl Index (CI) and Hydroxyl Index (HI) and to evaluate the effects of weathered LDPE mulch at different concentrations on the physical and mechanistic rheological properties of modified asphalt.

LDPE mulch naturally weathered for 0, 1, 2, 3, and 4 months was used in this study. Material characterization included Differential Scanning Calorimetry (DSC), Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and tensile testing, while the physical and mechanistic rheological properties of asphalt modified with 6% and 8% LDPE mulch were evaluated. DSC analysis confirmed that the material was LDPE. Increasing weathering duration increased the CI from 0.55 to 0.89 and the HI from 1.64 to 8.99, accompanied by reductions in tensile strength from 98.26 MPa to 8.03 MPa and elongation at break from 175.55% to 32.17%, indicating the occurrence of photo-oxidative degradation in the LDPE mulch. The incorporation of weathered LDPE mulch reduced penetration by up to 73.2% and increased the softening point by up to 76.52% for asphalt modified with 8% LDPE mulch after four months of natural weathering. Furthermore, LDPE modification increased the complex shear modulus ( $G^*$ ), reduced the phase angle ( $\delta$ ), and shifted the Black diagram toward a stiffer and more elastic behavior, indicating improved resistance to permanent deformation at high temperatures. Weathering durations of up to four months did not exhibit a consistent influence on the mechanistic rheological properties of the modified asphalt.

**Keywords:** Asphalt Rheology, Low-Density Polyethylene (LDPE), Modified Asphalt, Natural Ageing, Oxidation



@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 2026<sup>1</sup>  
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.*



# **PENGARUH DURASI PENUAAN ALAMI MULSA *LOW-DENSITY POLYETHYLENE* (LDPE) TERHADAP KINERJA FISIS DAN REOLOGI ASPAL PENGIKAT MODIFIKASI**

**NATASHA ARFIANI**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister pada  
Program Studi Magister Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
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.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

- 1 Prof. Dr. Ir. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.



Judul Tesis

: Pengaruh Durasi Penuaan Alami Mulsa *Low-Density Polyethylene* (LDPE) terhadap Kinerja Fisis dan Reologi Aspal Pengikat Modifikasi

Nama  
NIM

: Natasha Arfiani  
: F0507251020

@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:

Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng.  
NIP. 9900209 201803 1 001

Pembimbing 2:

Ir. Tri Sudibyo, S.T., M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19840530 201404 1 001

Pembimbing 3:

Dr. Vallerina Armetha, M.Si.  
NIP. 19930224 202406 2002



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil dan Lingkungan:

Prof. Dr. Ir. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.  
NIP. 19730411 200501 1 002

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.  
NIP. 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian: 06 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

10 AUG 2026



@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



## 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 Oktober 2025 sampai bulan Mei 2026 ini ialah aspal modifikasi plastik, dengan judul “Pengaruh Durasi Penuaan Alami Mulsa *Low-Density Polyethylene* (LDPE) terhadap Kinerja Fisis dan Reologi Aspal Pengikat Modifikasi”. Terima kasih penulis ucapkan kepada:

1. Ayahanda Muhammad Arief, Ibunda Efiani, Kakak Ruffina Ariefiani, dan Adik Ghaniya Ariefiani yang senantiasa memberikan do'a, cinta, kasih sayang, dukungan, serta motivasi.
2. Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. selaku ketua komisi pembimbing yang senantiasa memberikan dukungan, arahan, kritik, serta saran dalam proses penelitian tesis.
3. Ir. Tri Sudiby, S.T., M.Sc., Ph.D. dan Dr. Vallerina Armetha, M.Si. selaku anggota komisi pembimbing yang senantiasa memberikan arahan, kritik, serta saran dalam proses penelitian tesis.
4. Prof. Dr. Ir. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si. selaku dosen penguji yang telah memberikan saran perbaikan dalam penyempurnaan tesis.
5. Aura, Yunan, Pipi dan Thasya selaku sahabat dan teman baik yang telah kebersamaian penulis sejak proses perkuliahan, penelitian dan penyusunan tesis.
6. Rekan-rekan SINERGI SIL 58 yang senantiasa kebersamaian dan memberi semangat selama proses penelitian tesis.

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

Bogor, Agustus 2026

*Natasha Arfiani*



## @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.



## DAFTAR ISI

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| DAFTAR ISI                                                             | xi  |
| DAFTAR TABEL                                                           | xii |
| DAFTAR GAMBAR                                                          | xii |
| DAFTAR LAMPIRAN                                                        | xii |
| I PENDAHULUAN                                                          | 1   |
| 1.1 Latar Belakang                                                     | 1   |
| 1.2 Rumusan Masalah                                                    | 5   |
| 1.3 Tujuan                                                             | 5   |
| 1.4 Manfaat                                                            | 5   |
| 1.5 Ruang Lingkup                                                      | 5   |
| II TINJAUAN PUSTAKA                                                    | 7   |
| 2.1 Aspal Modifikasi dengan Polimer                                    | 7   |
| 2.2 Penuaan <i>Low-Density Polyethylene</i> (LDPE)                     | 8   |
| 2.3 <i>Differential Scanning Calorimetry</i> (DSC)                     | 9   |
| 2.4 Karakterisasi Kimia Akibat Penuaan                                 | 10  |
| 2.5 Pengujian Sifat Aspal                                              | 10  |
| III METODE                                                             | 14  |
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian                                        | 14  |
| 3.2 Alat dan Bahan                                                     | 14  |
| 3.3 Prosedur Kerja                                                     | 14  |
| IV HASIL DAN PEMBAHASAN                                                | 23  |
| 4.1 Identifikasi Jenis Plastik Mulsa                                   | 23  |
| 4.2 Karakteristik Kimia Mulsa <i>Low-Density Polyethylene</i> (LDPE)   | 24  |
| 4.3 Karakteristik Mekanik Mulsa <i>Low-Density Polyethylene</i> (LDPE) | 31  |
| 4.4 Karakteristik Fisis Aspal                                          | 34  |
| 4.5 Karakteristik Fisis Aspal Modifikasi                               | 34  |
| 4.6 Analisis Reologi Mekanistik Aspal Modifikasi                       | 38  |
| V SIMPULAN DAN SARAN                                                   | 49  |
| 5.1 Simpulan                                                           | 49  |
| 5.2 Saran                                                              | 49  |
| DAFTAR PUSTAKA                                                         | 50  |
| LAMPIRAN                                                               | 57  |
| RIWAYAT HIDUP                                                          | 62  |





## DAFTAR TABEL

|   |                                                         |    |
|---|---------------------------------------------------------|----|
| 1 | Persyaratan aspal keras pen 60/70 berdasarkan penetrasi | 19 |
| 2 | Desain eksperimental penelitian aspal modifikasi        | 20 |
| 3 | Nilai entalpi hasil pengujian DSC plastik mulsa         | 23 |
| 4 | Hasil pengujian karakteristik aspal pen 60/70           | 34 |

## DAFTAR GAMBAR

|    |                                                                                                                                   |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1  | Diagram alir penelitian                                                                                                           | 15 |
| 2  | Alat uji DSC                                                                                                                      | 16 |
| 3  | Skema proses pengujian FTIR-ATR                                                                                                   | 17 |
| 4  | Alat uji kuat Tarik                                                                                                               | 18 |
| 5  | Skema pencampuran aspal modifikasi                                                                                                | 20 |
| 6  | Skema proses pengujian aspal modifikasi menggunakan MCR                                                                           | 21 |
| 7  | Hasil termogram DSC plastik mulsa                                                                                                 | 23 |
| 8  | Spektrum FTIR mulsa LDPE pada berbagai durasi <i>ageing</i>                                                                       | 25 |
| 9  | Hubungan indeks penuaan mulsa LDPE pada berbagai durasi <i>Ageing</i>                                                             | 28 |
| 10 | Hubungan kuat tarik dan <i>elongation at break</i> terhadap durasi <i>ageing</i> mulsa LDPE                                       | 31 |
| 11 | Hubungan penetrasi dengan kadar mulsa LDPE                                                                                        | 35 |
| 12 | Hubungan titik lembek dengan kadar mulsa LDPE                                                                                     | 36 |
| 13 | Hubungan <i>complex shear modulus</i> ( $G^*$ ) <i>master curve</i> aspal modifikasi mulsa LDPE                                   | 39 |
| 14 | Hubungan <i>complex shear modulus</i> ( $G^*$ ) <i>master curve</i> pada kadar mulsa LDPE 6% dengan berbagai durasi <i>ageing</i> | 41 |
| 15 | Hubungan <i>complex shear modulus</i> ( $G^*$ ) <i>master curve</i> pada kadar mulsa LDPE 8% dengan berbagai durasi <i>ageing</i> | 41 |
| 16 | Hubungan <i>phase angle</i> ( $\delta$ ) <i>master curve</i> aspal modifikasi mulsa LDPE                                          | 43 |
| 17 | Hubungan <i>phase angle</i> ( $\delta$ ) <i>master curve</i> pada kadar mulsa LDPE 6% dengan berbagai durasi <i>ageing</i>        | 44 |
| 18 | Hubungan <i>phase angle</i> ( $\delta$ ) <i>master curve</i> pada kadar mulsa LDPE 8% dengan berbagai durasi <i>ageing</i>        | 45 |
| 19 | Hubungan <i>black diagram</i> aspal modifikasi mulsa LDPE                                                                         | 46 |
| 20 | Hubungan <i>black diagram</i> pada kadar mulsa LDPE 6% dengan berbagai durasi <i>ageing</i>                                       | 47 |
| 21 | Hubungan <i>black diagram</i> pada kadar mulsa LDPE 8% dengan berbagai durasi <i>ageing</i>                                       | 47 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |                                      |    |
|---|--------------------------------------|----|
| 1 | Lampiran 1 Hasil uji statistik ANOVA | 58 |
| 2 | Lampiran 2 Hasil uji statistik Tukey | 59 |