

34/SKRIPSI/S.TR-TPJJ/2026

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF ZTA-RA TERHADAP STABILITAS
DINAMIS CAMPURAN BETON ASPAL HANGAT AC-WC**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh :

Nawang Wulan Yulfamaretha
NIM: 2201411005

Pembimbing :

Anni Susilowati, S.T, M.Eng
NIP 196506131990032002

**PROGRAM STUDI D-IV
TEKNIK PERANCANGAN JALAN DAN JEMBATAN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

**PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF ZTA-RA TERHADAP STABILITAS
DINAMIS CAMPURAN ASPAL HANGAT AC-WC** yang disusun oleh
Nawang Wulan Yulfamaretha (NIM 2201411005) telah disetujui dosen
pembimbing untuk dipertahankan dalam **Sidang Skripsi**

Pembimbing 1

Anni Susilowati, S.T, M.Eng
NIP 196506131990032002



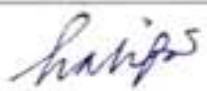
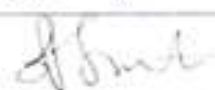
Hak Cipta :

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

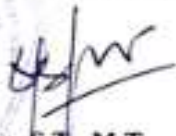
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul :

PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF ZTA-RA TERHADAP STABILITAS DINAMIS CAMPURAN ASPAL HANGAT AC-WC yang disusun oleh **Nawang Wulan Yulfamaretha (NIM 2201411005)** telah dipertahankan dalam **Sidang Skripsi** di depan Tim Penguji pada hari

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Nunung Martina, S.T., M.Si. NIP 196703081990032001	
Anggota	Eva Azhra Latifa, S.T., M.T. NIP 196205071986032003	
Anggota	Eka Sasmita Mulya, S.T., M.Si. NIP 196610021990031001	

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



Istiatun, S.T., M.T.
NIP. 196605181990102001



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Nawang Wulan Yulfamaretha
NIM : 2201411005
Program Studi : D-IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan
Alamat email : nawang.wulan.yulfamaretha.ts22@mhs.wpnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Penambahan Aditif ZTA-RA terhadap Stabilitas Dinamis Campuran Aspal Hangat AC-WC

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutkan dalam segala bentuk kegiatan akademis/perlombaan. Apabila di kemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Depok, 20 Juli 2026

Nawang Wulan Yulfamaretha
NIM 2201411005

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



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga tugas akhir berjudul “Pengaruh Penambahan Aditif ZTA-RA Terhadap Stabilitas Dinamis Campuran Aspal Hangat AC-WC” dapat diselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Diploma IV pada Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua individu yang telah membantu menyelesaikan tugas akhir ini secara langsung maupun tidak langsung, antara lain:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, berkat, dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan naskah skripsi ini dengan baik.
2. Orang tua serta keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan, baik secara moral maupun material, serta doa yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar.
3. Ibu Istiatun, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama proses pendidikan dan penyusunan skripsi.
4. Bapak Hendrian Budi Bagus Kuncoro, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, atas arahan dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
5. Ibu Anni Susilowati, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing skripsi, yang dengan penuh kesabaran dan dedikasi telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berarti sejak tahap awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Rahma Salsabila, Titis Fitria Maharani selaku teman yang senantiasa menemani dan mendukung selama proses penyusunan skripsi.

Depok, 20 Juli 2026

Nawang Wulan Yulfamaretha



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 State Of The Art	6
2.2 Penelitian Terdahulu	7
2.3 Perkerasan Lentur	9
2.4 Beton Aspal Campuran Hangat	11
2.5 Karakteristik AC-WC	12
2.6 Material Penyusun Campuran Aspal	14
2.6.1 Aspal	14
2.6.2 Agregat	15
2.7 ZTA-RA	17
2.8 Metode Dry Mix	18
2.9 Parameter Pengujian Campuran Aspal	18



Hak Cipta :

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

2.9.1 Analisis Marshall dan Sifat Volumetrik Beton Aspal	18
2.10 Stabilitas Statis.....	20
2.11 Stabilitas Dinamis	20
2.10 Deformasi Permanen.....	21
2.11 Analisis Deskriptif Kuantitatif.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Lokasi Pengujian.....	23
3.2 Peralatan Pengujian.....	23
3.2.1 Alat pengujian Agregat dan Filter	23
3.2.2 Alat Pengujian Aspal Keras	23
3.3.3 Alat Pembuatan Benda Uji.....	24
3.3.4 Alat Uji Karakteristik Campuran.....	24
3.3 Bahan Penelitian	24
3.4 Peralatan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)	25
3.5 Rancangan Penelitian.....	25
3.6 Teknik Pengumpulan Data.....	26
3.7 Metode Analisis Data.....	26
3.8 Tahapan Penelitian.....	27
3.8.1 Persiapan Alat dan Bahan	28
3.8.2 Pengujian Agregat dan Filler.....	28
3.8.3 Pengujian Aspal.....	38
3.8.4 Perencanaan Campuran Dengan Metode Marshall	44
3.8.5 Pembuatan Benda Uji Marshall	46
3.8.6 Pengujian Marshall.....	47
3.8.7 Pembuatan Benda Uji Hamburg Wheel Tracking (HWT)	51
3.8.8 Pengujian Hamburg Wheel Trecking (HWT)	52
3.8.9 Variasi Benda Uji	52
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN	55
4.1 Penelitian Pada Agregat Kasar.....	55
4.1.1 Pengujian Analisa Saringan	55
4.1.2 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air.....	56
4.1.3 Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Dalam Agregat	57
4.1.4 Pengujian Kadar Air.....	59



Hak Cipta :

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

4.1.5 Pengujian Kadar Lumpur	59
4.1.6 Pengujian Keausan	61
4.2 Pengujian Agregat Halus	62
4.2.1 Pengujian Analisa Saringan	62
4.2.2 Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air.....	63
4.2.3 Pengujian Bobot Isi Dan Rongga Dalam Agregat	64
4.2.4 Pengujian Kadar Air.....	66
4.2.5 Pengujian Kadar Lumpur	66
4.2.6 Pengujian Sand Equivalent.....	67
4.3 Pengujian Filler.....	68
4.4 Pengujian Aspal	69
4.4.1 Pengujian Penetrasi	69
4.4.2 Pengujian Titik Lembek.....	69
4.4.3 Pengujian Berat Jenis	70
4.4.4 Pengujian Daktilitas	70
4.4.5 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar	71
4.4.6 Pengujian Kelarutan dengan Tryclorotylen.....	71
4.5 Rancangan Campuran	72
4.5.1 Perhitungan Proposi Campuran Agregat.....	72
4.5.2 Perhitungan Kadar Aspal Perkiraan Ideal	76
4.5.3 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Marshall I	76
4.5.4 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Marshall II.....	77
4.5.5 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Hamburg Wheel-Track Testing	79
4.6 Data Dan Pembahasan Pengujian Aspal Beton	81
4.6.1 Pengujian Marshall I	81
4.6.2 Pengujian Marshall II.....	93
4.6.3 Pengujian Hamburg Wheel Tracking.....	104
4.7 Hasil Rekapitulasi	106
4.7.1 Pengujian pada Marshall I.....	106
4.7.2 Pengujian pada Marshall II	108
4.7.3 Pengujian HWT	109
BAB V PENUTUP.....	110



Hak Cipta :

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

5.1	Kesimpulan	110
5.2	Saran	111
DAFTAR PUSTAKA		112
LAMPIRAN		116





DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Research Gap	6
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2. 3 Persyaratan Karakteristik Campuran Laston.....	12
Tabel 2. 4 Persyaratan Aspal Keras dengan Penetrasi 60/70	15
Tabel 3. 1 Urutan Saringan Agregat.....	29
Tabel 3. 2 Urutan Saringan pada Agregat Halus.....	30
Tabel 3. 3 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	45
Tabel 3. 4 korelasi benda uji	50
Tabel 3. 5 Variasi Benda Uji Marshaal Tahap I.....	53
Tabel 3. 6 Variasi Benda Uji Marshaal Tahap II	53
Tabel 3. 7 Variasi Benda Uji Hamburg Wheel Tracking.....	54
Tabel 4. 1 Hasil Analisis Pengujian Analisis Gradasi pada Agregat Kasar.....	55
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Kasar..	56
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Kasar	57
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar.....	57
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Perhitungan Berat Isi Lepas pada Agregat Kasar.....	58
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Pengujian Berat Isi Padat pada Agregat Kasar.....	58
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Berat Isi Padat Agergat Kasar	58
Tabel 4. 8 Data Analisis Pengujian Kadar Air pada Agregat Kasar	59
Tabel 4. 9 Data Analisis Kadar Air pada Agregat Kasar	59
Tabel 4. 10 Data Analisis Kadar Lumpur pada Agregat Kasar.....	59
Tabel 4. 11 Data Analisis Nilai Kadar Lumpur Agregat Kasar	60
Tabel 4. 12 Hasil Analisis Ketahanan Aus Agregat Kasar Berdasarkan Pengujian Abrasi Los Angeles	61
Tabel 4. 13 Data Analisis Perhitungan Ketahanan Aus Agregat Kasar dengan Metode Abrasi Los Angeles	61
Tabel 4. 14 Data Hasil Analisis Saringan Agregat Halus	62
Tabel 4. 15 Data Analisis Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Halus.....	63
Tabel 4. 16 Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air pada Agregat Halus	63
Tabel 4. 17 Data Pengujian Berat Isi Lepas pada Agregat Halus	64

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

Tabel 4. 18 Data Analisis Hasil Perhitungan Berat Isi Lepas pada Agregat Halus ...	64
Tabel 4. 19 Data Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus	65
Tabel 4. 20 Data Analisis Nilai Berat Isi Padat Agregat Halus	65
Tabel 4. 21 Data Analisis Nilai Kadar Air pada Agregat Halus	66
Tabel 4. 22 Data Analisis Hasil Perhitungan Kadar Air pada Agregat Halus	66
Tabel 4. 23 Data Analisis Kadar Lumpur Agregat Halus	66
Tabel 4. 24 Data Analisis Kadar Lumpur pada Agregat Halus.....	67
Tabel 4. 25 Data Analisis Sand Equivalent pada Agregat Halus	67
Tabel 4. 26 Data Analisis Perhitungan Nilai Sand Equivalent pada Agregat Halus..	67
Tabel 4. 27 Data Analisis Pengujian Analisis pada Saringan Filler	68
Tabel 4. 28 Data Analisis Pengujian Penetrasi Aspal	69
Tabel 4. 29 Data Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal	69
Tabel 4. 30 Data Pengujian Berat Jenis Aspal	70
Tabel 4. 31 Data Hasil Analisis Berat Jenis Aspal.....	70
Tabel 4. 32 Data Analisis Pengujian Daktilitas pada Aspal.....	70
Tabel 4. 33 Data Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	71
Tabel 4. 34 Data Pengujian Kelarutan Aspal dalam Larutan Trichloroethylene	71
Tabel 4. 35 Data Analisis Kelarutan Aspal pada Larutan Trichloroethylene	72
Tabel 4. 36 Rancangan Komposisi Campuran Tiga Fraksi Agregat.....	73
Tabel 4. 37 Gradasi Agregat Gabungan.....	75
Tabel 4. 38 Perencanaan Kebutuhan Campuran untuk Benda Uji Marshall I	77
Tabel 4. 39 Hasil Analisis Kebutuhan Campuran pada Benda Uji Marshall II	78
Tabel 4. 40 Data analisis Kebutuhan Zat Tambah Aditif pada Benda Uji Marshall II	79
Tabel 4. 41 Data Analisis Kebutuhan Benda Uji pada Hamburg Wheel Tracking....	80
Tabel 4. 42 Data Kebutuhan Zat Tambah Aditif Benda Uji pada Hamburg Wheel Tracking	80
Tabel 4. 43 Hasil Analisis Pengujian Marshall I	81
Tabel 4. 44 Hasil Pengujian Marshall I.....	89
Tabel 4. 45 Analisis Karakteristik Marshall Berdasarkan Nilai Kadar Aspal Optimum	90
Tabel 4. 46 Perbandingan Hasil Marshall I HMA Dengan WMA.....	92
Tabel 4. 47 Pengujian Marshall II.....	93
Tabel 4. 48 Hasil Pengujian Marshall II	101



Hak Cipta :

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

Tabel 4. 49 Karakteristik Marshall pada Kadar Aditif Optimum	102
Tabel 4. 50 Perbandingan Hasil Marshall II HMA Dengan WMA	103
Tabel 4. 51 Hasil Pengujian Hamburg Wheel Trecking	104
Tabel 4. 52 Perbandingan Hasil Pengujian HWT	106
Tabel 4. 53 Rangkuman Data Hasil Pengujian Marshall I.....	106
Tabel 4. 54 Standar Deviasi Pengujian Marshall I.....	107
Tabel 4. 55 Karakteristik Marshall pada Kadar Aspal Optimum 5%	107
Tabel 4. 56 Ringkasan Data Hasil Pengujian Marshall II pada Kadar Aspal Optimum 5%	108
Tabel 4. 57 Standar Deviasi Pengujian Marshall II	108
Tabel 4. 58 Perbandingan Karakteristik Marshall pada KAO 5% dengan Nilai Kadar Aditif Optimum 0,425%	109
Tabel 4. 59 Hasil Pengujian Hamburg Wheel Tracking (HWT)	109





DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lapisan Perkererasan Lentur	11
Gambar 2. 2 Aditif ZTA-RA.....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	27
Gambar 4. 1 Diagram Rancangan Komposisi Tiga Fraksi Agregat	74
Gambar 4. 2 Grafik Gradasi pada Agregat Gabungan	76
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Aspal dengan (VMA)	83
Gambar 4. 4 Grafik Pengaruh Aspal dengan (VIM)	84
Gambar 4. 5 Grafik Pengaruh Aspal dengan (VFA).....	85
Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Aspal dengan Stabilitas.....	86
Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Aspal dengan (Flow).....	87
Gambar 4. 8 Grafik Pengaruh Aspal dengan (MQ)	88
Gambar 4. 9 Analisis Penetapan Kadar Aspal Optimum (KAO)	90
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Persentase ZTA-RA terhadap Rongga dalam Agregat	95
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Persentase ZTA-RA terhadap Rongga Campuran	96
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Persentase ZTA-RA terhadap Rongga Berisi Aspal	97
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Persentase ZTA-RA terhadap Stabilitas.....	98
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Persentase ZTA-RA terhadap Nilai Kelelahan (Flow)	99
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Persentase ZTA-RA terhadap Hasil Bagi Marshall (Marshall Quotient).....	100
Gambar 4. 16 Analisis Penentuan Kadar ZTA-RA Optimum	101
Gambar 4. 17 Hasil Pengujian Hamburg Wheel Tracking 0%	104
Gambar 4. 18 Hasil Pengujian Hamburg Wheel Tracking 0,425%	104
Gambar 4. 19 Diagram Batang Hasil Pengujian HWT	105

Hak Cipta :

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



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pernyataan Calon Pembimbing	117
Lampiran 2 Lembar Pengesahan	117
Lampiran 3 Lembar Asistensi	118
Lampiran 4 Lembar Asistensi Dosen Penguji 1	119
Lampiran 5 Lembar Asistensi Dosen Penguji 2	120
Lampiran 6 Lembar Asistensi Dosen Penguji 3	121
Lampiran 7 Lembar Persetujuan Pembimbing	122
Lampiran 8 Lembar Persetujuan Penguji 1	123
Lampiran 9 Lembar Persetujuan Penguji 2	124
Lampiran 10 Lembar Persetujuan Penguji 3	125
Lampiran 11 Lembar Bebas Pinjaman dan Urusan Administrasi	126
Lampiran 12 Dokumentasi	127

Hak Cipta :

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

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Infrastruktur jalan adalah elemen yang penting pada konektivitas nasional dalam mendukung perkembangan ekonomi, mobilitas masyarakat, dan distribusi logistik di seluruh wilayah Indonesia. Seiring dengan meningkatnya volume lalu lintas dan beban kendaraan berat, kebutuhan akan lapisan perkerasan jalan yang mampu bertahan terhadap tekanan dinamis secara berkelanjutan menjadi semakin mendesak. Namun demikian, permasalahan kerusakan dini pada perkerasan lentur masih menjadi tantangan besar dalam dunia konstruksi jalan di Indonesia.

Salah satu jenis kerusakan yang paling sering terjadi serta memberikan dampak yang signifikan pada perkerasan lentur adalah deformasi permanen berupa alur (rutting), yakni penurunan permukaan jalan yang terjadi pada lintasan roda kendaraan akibat akumulasi beban dinamis berulang (Agusmaniza et al., 2000). Rutting tidak hanya menurunkan kenyamanan berkendara, tetapi juga mengancam keselamatan pengguna jalan, terutama saat hujan ketika alur menjadi tempat genangan air. Fenomena ini erat kaitannya dengan rendahnya nilai stabilitas dinamis pada campuran aspal, yang menandakan bahwa kemampuan pada campuran dalam meminimalalkan deformasi akibat beban berulang selama masa layan jalan.

Lapisan AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) sebagai lapisan paling atas dari struktur perkerasan lentur memiliki fungsi yang sangat penting, yaitu langsung menerima beban lalu lintas, gesekan roda, serta pengaruh lingkungan seperti perubahan suhu dan air. Oleh karena itu, lapisan ini dituntut memiliki stabilitas tinggi, kekesatan permukaan yang baik, serta ketahanan optimal terhadap deformasi dan keausan (Hidayat et al., 2025). Kegagalan pada lapisan AC-WC akan berdampak langsung pada kinerja struktural keseluruhan perkerasan jalan.

Selama ini, Hot Mix Asphalt (HMA) masih menjadi teknologi produksi campuran aspal yang paling umum digunakan di Indonesia. Namun, proses produksi HMA pada lapisan AC-WC memerlukan suhu pencampuran antara 140°C–160°C, yang berdampak pada tingginya konsumsi energi, meningkatnya emisi gas rumah kaca (CO₂), serta kondisi kerja yang kurang ramah bagi pekerja di lapangan. Di tengah meningkatnya kesadaran global terhadap isu perubahan iklim dan keberlanjutan lingkungan, kondisi ini mendorong perlunya transformasi mendasar dalam teknologi



Hak Cipta :

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

produksi perkerasan jalan menuju pendekatan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Inovasi yang kini semakin mendapat perhatian luas dalam dunia rekayasa perkerasan adalah Warm Mix Asphalt (WMA) atau aspal beton campuran hangat. WMA memungkinkan proses produksi campuran pada suhu yang jauh lebih rendah, yakni berkisar antara 100°C–140°C, dibandingkan HMA (Meilani & Kurnia, 2019). Penurunan suhu produksi ini secara signifikan mengurangi konsumsi bahan bakar, menekan emisi gas berbahaya, serta membuka peluang pelaksanaan konstruksi di daerah dengan kondisi iklim yang lebih dingin. Meskipun demikian, pengurangan suhu pada WMA berpotensi memengaruhi viskositas aspal dan kinerja mekanis campuran, khususnya terhadap ketahanan deformasi dan nilai stabilitas dinamis, sehingga dibutuhkan upaya modifikasi tambahan untuk mempertahankan performa campuran.

Salah satu solusi untuk mengatasi keterbatasan tersebut adalah penggunaan aditif ZTA-RA sebagai bahan tambah pada campuran WMA AC-WC. ZTA-RA merupakan zat aditif yang secara spesifik diformulasikan untuk meningkatkan ketahanan deformasi terutama pada kondisi suhu tinggi yang rawan memicu terjadinya rutting (Tian et al., 2023a). Dengan karakteristik tersebut, penambahan ZTA-RA pada campuran WMA AC-WC diharapkan menghasilkan campuran yang lebih tahan terhadap deformasi permanen.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium menjadi nilai tambah penelitian ini, mengingat pemanfaatannya dalam studi lokal terkait penambahan ZTA-RA pada campuran AC-WC masih relatif jarang sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai karakteristik Marshall, dan nilai deformasi pada performa campuran secara menyeluruh, sehingga hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pertimbangan dalam penerapan teknologi aspal hangat yang lebih efisien, berkelanjutan, dan ramah lingkungan pada konstruksi jalan.



Hak Cipta :

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

1.2 Perumusan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah diidentifikasi, rumusan masalah penelitian dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan zat tambah aditif ZTA-RA terhadap karakteristik campuran Laston hangat (*Warm Mix Asphalt*).
2. Berapa persen persentase optimum dari ZTA-RA pada aspal beton campuran hangat lapisan AC-WC berdasarkan Karakteristik Marshall.
3. Bagaimana pengaruh Aditif ZTA-RA optimum terhadap kemampuan campuran aspal hangat (*Warm Mix Asphalt*) lapis AC-WC dalam menahan deformasi permanen dan mempertahankan stabilitas dinamis melalui pengujian *Hamburg Wheel Tracking* (HWT).

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian tetap berada dalam ruang lingkup yang telah ditentukan serta menghasilkan pembahasan yang lebih terarah dan spesifik, maka ditetapkan beberapa batasan penelitian sebagai berikut.

1. Campuran yang digunakan adalah Laston campuran hangat (*Warm Mix Asphalt*) jenis Asphalt Concrete Wearing Course
2. Material yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari:
 - a. Aspal penetrasi 60/70
 - b. Agregat kasar berupa batu pecah
 - c. Agregat halus berupa abu batu
 - d. Filler Semen Portland
3. Bahan tambah yang digunakan adalah zat aditif ZTA-RA pada kadar 0,0%, 0,3%; 0,5% dan 0,7%
4. Pengujian yang dilakukan pada bahan uji diantaranya:
 - a. Pengujian Agregat kasar berupa batu pecah
 - b. Pengujian Agregat halus berupa abu batu
 - c. Pengujian Filler berupa semen Portland
 - d. Pengujian Aspal pen 60/70
4. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan menggunakan variasi kadar aspal yang mengacu pada hasil pengujian Marshall.
5. Pencampuran aspal beton campuran hangat menggunakan metode (dry mix)



Hak Cipta :

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

6. Reaksi kimia tidak ditinjau
7. Pengujian yang dilakukan pada benda uji diantaranya:
 - a. Pengujian dengan alat uji Marshall
 - b. Pengujian dengan alat uji *Hambrug Wheel Tracking* (HWT) dengan metode kering.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dirumuskan, penelitian ini bertujuan untuk:

1. Memperoleh nilai karakteristik Marshall pada aspal beton campuran hangat lapisan AC-WC baik dengan penambahan aditif ZTA-RA ataupun tanpa aditif.
2. Menentukan persentase persen optimum dari aditif ZTA-RA yang menghasilkan hasil terbaik pada lapisan AC-WC berdasarkan hasil pengujian Marshall.
3. Mengkaji pengaruh bahan tambah ZTA-RA optimum terhadap kemampuan campuran aspal hangat (*Warm Mix Asphalt*) lapis AC-WC dalam menahan deformasi permanen dan mempertahankan stabilitas dinamis melalui pengujian *Hamburg Wheel Tracking* (HWT).

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran mengenai alur pembahasan pada setiap bab, sehingga memudahkan pembaca dalam memahami keseluruhan isi penelitian. Adapun susunan materi dan pembahasan dalam penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memaparkan fondasi awal penelitian, yang mencakup pokok-pokok latar belakang, identifikasi dan rumusan masalah, batasan ruang lingkup, tujuan yang ingin dicapai, hingga struktur penulisan laporan terkait eksperimen penambahan aditif ZTA-RA pada campuran aspal beton hangat lapisan AC-WC.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Segmen ini mengkaji landasan teoretis yang dirujuk dari berbagai literatur terpercaya, seperti Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Standar Nasional Indonesia (SNI), literatur buku, publikasi jurnal ke-tekniksipil-an, dan sumber digital otoritatif.



Hak Cipta :

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

Turut disertakan pula matriks penelitian-penelitian terdahulu yang berfungsi sebagai komparasi dan pijakan analitis dalam pengaruh penambahan aditif ZTA-RA pada campuran aspal beton hangat lapisan AC-WC.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini mendeskripsikan kerangka operasional eksperimen, mulai dari penetapan lokasi, inventarisasi material dan instrumen pengujian pada studi pengaruh penambahan zat aditif ZTA-RA, hingga desain riset dan prosedur pemrosesan data. Penjelasan tersebut turut divisualisasikan melalui diagram alir (flowchart), urutan tahapan uji laboratorium, dan linimasa pelaksanaan proyek.

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, seluruh data primer hasil observasi laboratorium direkapitulasi secara rinci. Pemaparan mencakup hasil uji properti material penyusun (agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi, dan aspal emulsi) beserta uji mekanis beton aspal dingin. Lebih lanjut, bab ini mengupas tuntas interpretasi analitik dari data pengujian terkait penambahan aditif ZTA-RA terhadap karakteristik aspal beton campuran hangat pada lapisan AC-WC.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bagian penutup ini merangkum intisari dan jawaban atas rumusan masalah mengenai penambahan zat aditif ZTA-RA pada campuran aspal beton hangat lapisan AC-WC.. Selain itu, bab ini juga memberikan rekomendasi konstruktif bagi pengembangan riset di masa mendatang serta potensi aplikasinya secara praktis pada industri infrastruktur perkerasan jalan.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya terkait pengaruh penambahan aditif ZTA-RA pada campuran beton aspal hangat dengan kadar aspal optimum 5%, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik Marshall pada campuran beton aspal hangat mengalami perubahan setelah adanya penambahan zat aditif ZTA-RA. Berdasarkan hasil pengujian pada kadar optimum parameter volumetrik telah memenuhi persyaratan spesifikasi umum bina marga dimana nilai Stabilitas, flow, VMA, VIM, VFA meningkat, sedangkan nilai MQ menurun dan belum mencapai batas minimum spesifikasi. Hasil ini menunjukkan bahwa campuran WMA memiliki tingkat fleksibilitas yang lebih tinggi, meskipun nilai MQ belum memenuhi standar. Kenirja campuran ini tetap memberikan pengaruh yang dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap beban maksimum pada pengujian marshall.
2. Berdasarkan analisa karakteristik marshall, didapatkan kadar optimum penambahan ZTA-RA adalah sebesar 0,425%
3. Penambahan bahan tambah ZTA-RA dapat meningkatkan ketahanan deformasi permanen campuran aspal hangat lapis AC-WC. Melalui pengujian *Hamburg Wheel Tracking* (HWT), diketahui bahwa pada kadar ZTA-RA sebesar 0,425% mampu mempertahankan stabilitas dinamis secara maksimal, yang dibuktikan dengan penurunan kedalaman deformasi dari 11,95 mm menjadi 8,37 mm.

Hak Cipta :

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



5.2 Saran

1. Penelitian selanjutnya dianjurkan untuk menggunakan pengujian WTM (*Wheel Tracking Machin*) hal ini karena lebih sesuai digunakan untuk menghitung stabilitas dinamis berdasarkan hubungan antara jumlah lintasan roda dan laju deformasi yang terjadi pada benda uji. Penggunaan WTM pada penelitian lanjutan diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih spesifik dan akurat dalam menilai stabilitas dinamis campuran beton aspal yang menggunakan aditif ZTA-RA.
2. Penelitian selanjutnya sebaiknya memperbanyak jumlah benda uji hambrug wheel tracking sebanyak minimal 3 benda uji agar semakin memperkuat validasi dan representasi hasil pengujian
3. Pada penelitian selanjutnya untuk menggunakan beton aspal campuran panas dengan proses pencampuran dan pemadatan yang lebih terkontrol. Hal ini bertujuan agar ikatan antara aspal, agregat, dan bahan aditif dapat terbentuk secara lebih optimal, sehingga nilai parameter pada pengujian Marshall dapat menunjukkan hasil yang lebih baik. Penggunaan campuran panas juga diharapkan mampu meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen pada pengujian Hamburg Wheel Tracking, sehingga nilai rut depth menjadi lebih kecil dan stabilitas dinamis campuran semakin meningkat.

Hak Cipta :

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



Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Agusmaniza, R., Fadilla, F. D., Pondasi, P. K., Jalan, P., Iskandar, J., Komplek, M., Alue, S., & Barat, M. A. (2000). *ANALISA TINGKAT KERUSAKAN JALAN DENGAN METODE BINA MARGA (Studi Kasus Jalan Ujung Beurasok STA 0 + ??? S / D STA 0 + ???)*. 23615, 1–9.
- Alifuddin, A., Badaron, S. F., Maricar, M. H., Nurfadhilah, J., & Mulyana, A. R. (2024). *Studi Deformasi Campuran Aspal Lapis Aus (AC-WC) Akibat Beban Statis Uji Indirect Tensile Strength dan Beban Berulang Uji Wheel Tracking Machine*. 9(3), 273–284.
- Ardianto Tri Pradityo. (2025). *PENGARUH PELAPISAN STEELGUARD TERHADAP DEFORMASI PERMANEN CAMPURAN ASPAL AC-WC*. 42(1). <https://doi.org/10.58499/jatan.v42i2.1393>
- Ariyanto, A. S., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., & Wiralodra, U. (2021). *Perbandingan perencanaan tebal lapisan perkerasan lentur dengan metode aashto dan mdp*. 7(November), 2–7.
- Badry, K. (2024). *Analisis Perbandingan Antara Kondisi Temperatur Perkerasan Aspal Maksimum Aktual Dengan Manual Desain Perkerasan Jalan di Provinsi Riau*. 2.
- Baharudin, A. S., & Susilo, H. (2024). *ANALISIS KONDISI KERUSAKAN PERKERASAN LENTUR PADA RUAS JALAN RAYA SLAMET – JALAN RAYA KEDUNGREJO KABUPATEN*. 5, 332–338.
- Bantul, J. K., Ibrahim, M. N., & Narendra, A. (2017). *BERDASARKAN BIAYA DAN UMUR RENCANA (STUDI KASUS LOT-3*. 73–89.
- Bina Marga, B. (2018). *DIREKTORAT JENDERAL*. (Revisi 2).
- Chairat, ndah H. D. P. K. A. S. N. (2021). *A NALISIS S TABILITAS D AN D URABILITAS C AMPURAN*. 12(1), 74–80.
- devangga, A. S. (2025). *PENAMBAHAN ZAT ADITIF ZTA-RA PADA BETON ASPAL CAMPURAN PANAS AC-WC PENAMBAHAN ZAT ADITIF ZTA-RA PADA BETON ASPAL CAMPURAN PANAS AC-WC*.
- Devangga, A. S. (2025). *PENAMBAHAN ZAT ADITIF ZTA-RA PADA BETON ASPAL CAMPURAN PANAS AC-WC PENAMBAHAN ZAT ADITIF ZTA-RA PADA BETON ASPAL CAMPURAN PANAS AC-WC*.



Hak Cipta :

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

Haswar, D. A. P. (2018). *Intensip*. 21.

Hidayat, M. N., Suparma, L. B., & Siswosukarto, S. (2025). Perancangan Laboratorium Campuran AC-WC Menggunakan Bahan Tambah Nano-Crumb Rubber dengan Metode Kering. *Simposium Nasional Teknologi Infrastruktur*, 1–10.

Iii, B. A. B., & Teori, L. (2003). *well graded*). 14–23.

Ilyas, A., Teknik, D., Universitas, S., Padang, N., Teknik, D., Universitas, S., Padang, N., Dingi, A., Angeles, L., Dingin, A., Aspal, C., & Marga, B. (2025). *ANALISIS KELAYAKAN PEMANFAATAN MATERIAL LOKAL AGREGAT KASAR DAN HALUS DARI QUARRY AIR DINGIN SEBAGAI*. 6.

Marina, B. C., Tambunan, H. F., Westi, Y., Tobing, L., & Sipayung, B. H. (2026). *Evaluasi Ketahanan dan Stabilitas Rutting Campuran AC-WC PG76 Menggunakan Filler Zeolit Alam pada Variasi Temperatur Pengujian*. 16(01), 143–158.

Meilani, M., & Kurnia, R. (2019). *Kajian Parameter Marshall Campuran Hangat Lataston (HRS-WC) Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*. 5(4), 120–131.

Rian, P. (2006). *KAJIAN LABORATORIUM SIFAT MARSHALL DAN DURABILITAS ASPHALT CONCRETE - WEARING COURSE (AC-WC) DENGAN MEMBANDINGKAN PENGGUNAAN ANTARA SEMEN PORTLAND DAN ABU BATU SEBAGAI FILLER*. 84.

Ruhaidani, E., Hardiani, D. P., Anggarini, E., Sipil, T., Banjarmasin, U. M., & Syarkawi, J. G. (2023). *Karakteristik Marshall Pada Campuran HRS-WC Menggunakan Pyrite Limbah PLTU Asam-Asam Kabupaten Tanah Laut Sebagai Pengganti Agregat Kasar panas 15*, 159–167.

Sengoz, B., Topal, A., Oner, J., Yilmaz, M., Dokandari, P. A., & Kok, B. V. (2017). *Performance Evaluation of Warm Mix Asphalt Mixtures with Recycled Asphalt Pavement*. 117–127.
<https://doi.org/10.3311/PPci.8498>

Suaryana, N. (2025a). *Evaluasi Stabilitas Dinamis Dan Flow Number Sebagai Parameter Ketahanan Campuran Beraspal Terhadap Deformasi Permanen (Evaluation Of Dynamic Stability And Flow*



Hak Cipta :

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

- Number As A Asphalt Mixture Parameter Againsts Permanent Deformation*). 156–170.
- Suaryana, N. (2025b). *Evaluasi Stabilitas Dinamis Dan Flow Number Sebagai Parameter Ketahanan Campuran Beraspal Terhadap Deformasi Permanen (Evaluation Of Dynamic Stability And Flow Number As A Asphalt Mixture Parameter Againsts Permanent Deformation)*. 156–170.
- Sukirman, S. (2016). *No Title*.
- Sulandari, E., Lestiyowati, Y., Sipil, J. T., Tanjungpura, U., Barat, K., Sipil, J. T., & Dipatiukur, J. (2024). *ANALISIS PENGARUH SIFAT VOLUMETRIK PADA CAMPURAN ASPAL AC-WC*. 5, 41–47.
- Sulandari, E., Sipil, J. T., Tanjungpura, U., Widodo, S., Sipil, J. T., Tanjungpura, U., Mayuni, S., Sipil, J. T., Tanjungpura, U., Sipil, J. T., Indonesia, U. K., Seluruh, A., & Teknik, T. (2025). *EVALUASI KARAKTERISTIK AGREGAT TERHADAP KERUSAKAN RUTTING PADA CAMPURAN SPLIT MASTIC ASPHALT HALUS*. 11(2), 139–148.
- Susilowati, A., Putri, D., & Wiyono, E. (2025). *Penggunaan Biji Plastik Polypropylene (PP) Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Hangat Lapisan AC-WC The Use of Polypropylene (PP) Plastic Seeds as an Additive to Warm Mix Asphalt in AC-WC*. 5(1).
- Susilowati, A., Wiyono, E., Sipil, J. T., & Jakarta, P. N. (2018). *Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Hangat Laston AC-WC dengan Penambahan Rediset LQ-1106*. 2(1), 213–222.
- 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), 223–230. <https://doi.org/10.5614/jts.2019.26.3.5>
- Tian, G., Chen, C., Zhang, T., Gao, Y., Wang, S., Jia, Y., Chen, Z., Li, Y., Zhou, Z., & Wei, Z. (2023a). Effect of high-elasticity anti-rutting additive on viscoelastic behavior of asphalt binder and its modification mechanism. *Case Studies in Construction Materials*, 19(June), 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02504>



Hak Cipta :

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

- Tian, G., Chen, C., Zhang, T., Gao, Y., Wang, S., Jia, Y., Chen, Z., Li, Y., Zhou, Z., & Wei, Z. (2023b). Effect of high-elasticity anti-rutting additive on viscoelastic behavior of asphalt binder and its modification mechanism. *Case Studies in Construction Materials*, 19(June), e02504. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02504>
- Tri Pradityo, A. (2025). *PENGARUH PELAPISAN STEELGUARD TERHADAP DEFORMASI PERMANEN CAMPURAN ASPAL AC-WC*. 42(1). <https://doi.org/10.58499/jatan.v42i2.1393>
- Yunus, I., Annisa, H., & Jayadi, A. (2022). *Analisis Kuat Tarik dan Deformasi Permanen Campuran AC-WC dengan Bahan Tambah Asbuton B50 / 30 dan Limbah Plastik LDPE*. 1(1), 1–10.

