

No.24/SKRIPSI/S.Tr-TPJJ/2026

SKRIPSI

**PENGARUH ADITIF SUPERPLAST TERHADAP DEFORMASI
PERMANEN BETON ASPAL CAMPURAN HANGAT AC-WC**



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

Disusun Oleh :

Titis Fitria Maharani

NIM. 2201411026

Dosen 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 ADITIF SUPERPLAST TERHADAP DEFORMASI PERMANEN BETON ASPAL CAMPURAN HANGAT AC-WC yang disusun oleh Titis Fitria Maharani (NIM 2201411026) telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Skripsi.

Pembimbing

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



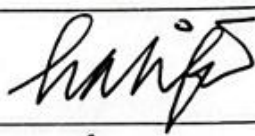
Hak Cipta :

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 ADITIF SUPERPLAST TERHADAP DEFORMASI PERMANEN BETON ASPAL CAMPURAN HANGAT AC-WC yang disusun oleh Titis Fitria Maharani (NIM 2201411026) telah dipertahankan dalam Sidang Skripsi di depan Tim Penguji pada hari Senin, 22 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Eva Azhra Latifa, S.T., M.T. NIP 196205071986032003	
Anggota	Mitsaq Addina Nisa, S.T., M.Eng. NIP 199412262022032010	
Anggota	Nunung Martina, S.T., M.Si. NIP 196703081990032001	

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



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



© Hak Cipta milik 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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Titis Fitria Maharani
NIM : 2201411026
Program Studi : D-IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan
Alamat email : titis.fitria.maharani.ts22@mhs.wpnj.ac.id
Judul Naskah : Pengaruh Aditif Superplast terhadap Deformasi Permanen Beton Aspal Campuran 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.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 15 Juni 2026

Titis Fitria Maharani

NIM 2201411026



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Pengaruh Aditif SUPERPLAST terhadap Deformasi Permanen Beton Aspal Campuran Hangat AC-WC”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian ini dilaksanakan sebagai bentuk kontribusi akademik dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknologi perkerasan jalan dan material konstruksi.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, dukungan, dan bimbingan dari berbagai pihak, penyusunan laporan ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

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. Bapak Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T., selaku dosen pendukung, atas saran, masukan, dan bantuan yang diberikan selama proses penyusunan skripsi.

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 milik 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

7. Rahma Salsabila, Nawang Wulan Yulfamaretha, dan Muhamad Fadly Suhariyanto selaku teman yang senantiasa memberikan dukungan, semangat, serta bantuan selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Kusno Wijayanto, A.Md., selaku Pranata Laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, atas bantuan dan dukungan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.
9. Teruntuk diri sendiri yang telah berjuang dengan penuh kesabaran dan keteguhan hati, mampu bertahan dalam setiap proses dan tantangan sejak awal perkuliahan hingga akhirnya berhasil menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi penyempurnaan penelitian ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang perkerasan jalan.

Depok, 16 Maret 2026

Titis Fitria Maharani

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
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.....	10
2.5 Karakteristik Beton Aspal AC-WC.....	12
2.6 Bahan Penyusun Campuran Beton Aspal.....	12
2.6.1 Aspal.....	13
2.6.2 Agregat.....	14
2.7 Aditif Superplast.....	16
2.8 Metode Pencampuran <i>Dry Mix</i>	17
2.9 Parameter Pengujian Campuran Beton Aspal.....	18
2.9.1 Sifat Volumetrik Beton Aspal.....	18
2.9.2 Stabilitas Statis.....	20
2.9.3 Deformasi Permanen.....	20

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

2.10	Statistik Deskriptif	22
BAB III METODOLOGI		23
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.2	Teknik Pengumpulan Data	23
3.3	Metode Analisis Data	23
3.4	Rancangan Penelitian	23
3.5	Perlengkapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)	24
3.6	Variasi Benda Uji	25
3.7	Tahapan Penelitian	26
3.7.1	Persiapan Alat	26
3.7.2	Persiapan Bahan	27
3.7.3	Pengujian Bahan Penelitian	29
3.7.4	Perencanaan Campuran di Laboratorium	44
3.7.5	Pembuatan Benda Uji	46
3.7.6	Pengujian Marshall	48
3.7.7	Pengujian Hamburg Wheel Tracking (HWT)	50
3.8	Teknik Analisis Data	52
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Pengujian Material Penyusun Beton Aspal	54
4.1.1	Pengujian Agregat Kasar	54
4.1.2	Pengujian Agregat Halus	59
4.1.3	Pengujian Bahan Pengisi (Filler)	64
4.1.4	Pengujian Aspal Penetrasi 60/70	65
4.2	Perancangan Proporsi Campuran	68
4.2.1	Perhitungan Proporsi Agregat	68
4.2.2	Perhitungan Kadar Aspal Perkiraan	71
4.2.3	Perhitungan Kebutuhan Material Penyusun Benda Uji Marshall I	71
4.2.4	Perhitungan Kebutuhan Material Penyusun Benda Uji Marshall II ...	72
4.2.5	Perhitungan Kebutuhan Material Penyusun Benda Uji HWT	73
4.3	Hasil dan Pembahasan Pengujian Beton Aspal	75
4.3.1	Pengujian Marshall I	75
4.3.2	Pengujian Marshall II	85
4.3.3	Pengujian HWT	93



© Hak Cipta milik 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

4.4	Rekapitulasi Hasil Pengujian	97
4.4.1	Pengujian Marshall I	97
4.4.2	Pengujian Marshall II	97
4.4.3	Pengujian HWT	98
BAB V PENUTUP		99
5.1	Kesimpulan	99
5.2	Saran	100
DAFTAR PUSTAKA		101
LAMPIRAN		104





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 GAMBAR

Gambar 2. 1	Lapisan Perkerasan Lentur	10
Gambar 2. 2	Skematis berbagai jenis volume beton aspal padat.....	19
Gambar 3. 1	Flowchart tahapan penelitian	24
Gambar 4. 1	Grafik Rancangan 3 Fraksi Agregat dari Tabel 4.36.....	69
Gambar 4. 2	Grafik Gradasi Agregat Gabungan	71
Gambar 4. 3	Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Voids In Mineral Aggregate	77
Gambar 4. 4	Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Voids In Mix (VIM)	78
Gambar 4. 5	Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Voids Filled With Asphalt (VFA)	79
Gambar 4. 6	Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Stabilitas.....	80
Gambar 4. 7	Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Kelelehan (Flow)	81
Gambar 4. 8	Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Marshall Quotient (MQ) ...	81
Gambar 4. 9	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	83
Gambar 4. 10	Grafik Hubungan Antara % Superplast dengan Rongga terhadap Agregat.....	87
Gambar 4. 11	Grafik Hubungan antara % Superplast dengan Rongga terhadap Campuran	87
Gambar 4. 12	Grafik Hubungan antara % Superplast dengan Rongga Berisi Aspal ..	88
Gambar 4. 13	Grafik Hubungan antara % Superplast dengan Stabilitas.....	89
Gambar 4. 14	Grafik Hubungan antara % Superplast dengan Kelelehan (Flow).....	89
Gambar 4. 15	Grafik Hubungan antar % Superplast dengan Hasil Bagi Marshall .	90
Gambar 4. 16	Penentuan Kadar Superplast Optimum.....	92
Gambar 4. 17	Grafik Hubungan Jumlah Lintasan terhadap Rut Depth Campuran Tanpa Aditif.....	94
Gambar 4. 18	Grafik Hubungan Jumlah Lintasan terhadap Rut Depth Campuran dengan Aditif Superplast 0,56%.....	95
Gambar 4. 19	Grafik Perbandingan Nilai Rut Depth Akhir	95



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 TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2. 2 Ketentuan Sifat - Sifat Campuran Laston	11
Tabel 2. 3 Ketentuan Aspal Keras Penetrasi 60/70.....	14
Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Kasar	15
Tabel 2. 5 Ketentuan Agregat Halus	15
Tabel 3. 2 Benda Uji Marshall Tahap 1	25
Tabel 3. 3 Benda Uji Marshall Tahap 2	25
Tabel 3. 4 Benda Uji Hamburg Wheel Tracking	26
Tabel 3. 5 daftar gradasi dan berat benda uji	36
Tabel 3. 6 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	45
Tabel 4. 1 Data Berat Jenis dan Penyerapan Air.....	54
Tabel 4. 2 Data Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Air	55
Tabel 4. 3 Data Berat Isi Lepas.....	55
Tabel 4. 4 Data Hasil Berat Isi Lepas	55
Tabel 4. 5 Data Berat Isi Padat	55
Tabel 4. 6 Data Hasil Berat Isi Padat.....	56
Tabel 4. 7 Data Kadar Air	56
Tabel 4. 8 Data Hasil Kadar Air	57
Tabel 4. 9 Data Kadar Lumpur	57
Tabel 4. 10 Data Hasil Kadar Lumpur.....	57
Tabel 4. 11 Data Hasil Analisa Ayak	58
Tabel 4. 12 Data Keausan Agregat Kasar Menggunakan Mesin Abrasi Los Angeles	58
Tabel 4. 13 Data Hasil Keausan Agregat Kasar Menggunakan Mesin Abrasi Los Angeles.....	59
Tabel 4. 14 Data Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	59
Tabel 4. 15 Data Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat	60
Tabel 4. 16 Data Berat Isi Lepas.....	60
Tabel 4. 17 Data Hasil Berat Isi Lepas	61
Tabel 4. 18 Data Berat Isi Padat	61
Tabel 4. 19 Data Hasil Berat Isi Padat.....	61
Tabel 4. 20 Data Kadar Air	61
Tabel 4. 21 Data Hasil Kadar Air	62
Tabel 4. 22 Data Kadar Lumpur	62
Tabel 4. 23 Data Hasil Kadar Lumpur.....	62
Tabel 4. 24 Data Analisa Ayak.....	63
Tabel 4. 25 Data Sand Equivalent	63
Tabel 4. 26 Data Hasil Sand Equivalent.....	64
Tabel 4. 27 Data Hasil Analisa Saringan Semen Portland.....	64
Tabel 4. 28 Data Hasil Penetrasi Aspal.....	65
Tabel 4. 29 Data Hasil Titik Lembek Aspal.....	65



© Hak Cipta milik 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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4. 30 Data Berat Jenis Aspal	66
Tabel 4. 31 Data Hasil Berat Jenis Aspal.....	66
Tabel 4. 32 Data Hasil Daktilitas Aspal.....	66
Tabel 4. 33 Data Hasil Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	67
Tabel 4. 34 Data Kelarutan Aspal dalam Larutan Trichloroethylene	67
Tabel 4. 35 Data Hasil Kelarutan Aspal dalam Larutan Trichloroethylene.....	68
Tabel 4. 36 Rancangan Campuran 3 Fraksi Agregat	68
Tabel 4. 37 Gradasi Agregat Gabungan.....	70
Tabel 4. 38 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Marshall I.....	72
Tabel 4. 39 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Marshall II	73
Tabel 4. 40 Perhitungan Kebutuhan Zat Aditif Benda Uji Marshall II.....	73
Tabel 4. 41 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Hamburg Wheel Tracking	75
Tabel 4. 42 Perhitungan Kebutuhan Zat Aditif Benda Uji Hamburg Wheel Tracking	75
Tabel 4. 43 Hasil Pengujian Marshall I	76
Tabel 4. 44 Rekapitulasi hasil pengujian Marshall I	82
Tabel 4. 45 Standar Deviasi Pengujian Marshall I	82
Tabel 4. 46 Karakteristik Marshall dengan Nilai Kadar Aspal Optimum	83
Tabel 4. 47 Perbandingan Karakteristik Marshall Warm Mix Asphalt (WMA) dan Hot Mix Asphalt (HMA).....	84
Tabel 4. 48 Hasil Pengujian Marshall II	86
Tabel 4. 49 Rekapitulasi hasil pengujian Marshall II	91
Tabel 4. 50 Standar Deviasi Pengujian Marshall II	91
Tabel 4. 51 Karakteristik Marshall dengan Nilai Kadar Aspal Optimum	92
Tabel 4. 52 Perbandingan Karakteristik Marshall WMA + Aditif Superplast dan HMA + Aditif Superplast	93
Tabel 4. 53 Hasil Pengujian Hamburg Wheel Tracking (HWT)	94
Tabel 4. 54 Perbandingan Hasil Pengujian HWT dengan Penelitian Terdahulu	96
Tabel 4. 55 Rekapitulasi hasil pengujian Marshall I	97
Tabel 4. 56 Standar Deviasi Pengujian Marshall I	97
Tabel 4. 57 Karakteristik Marshall dengan Nilai Kadar Aspal Optimum	97
Tabel 4. 58 Rekapitulasi hasil pengujian Marshall II	97
Tabel 4. 59 Standar Deviasi Pengujian Marshall II	98
Tabel 4. 60 Karakteristik Marshall dengan Nilai Kadar Aspal Optimum	98
Tabel 4. 61 Hasil Pengujian Hamburg Wheel Tracking (HWT)	98



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 LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengujian Hamburg Wheel Tracking dengan Kadar Aditif 0%	105
Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Hamburg Wheel Tracking dengan Kadar Aditif 0.56%	106
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian	107
Lampiran 4 Pernyataan Calon Pembimbing	109
Lampiran 5 Lembar Pengesahan	109
Lampiran 6 Lembar Asistensi	110
Lampiran 7 Lembar Persetujuan	114
Lampiran 8 Lembar Bebas Pinjaman dan Urusan Administrasi	118





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

Kerusakan pada perkerasan jalan di Indonesia kerap terjadi sebelum umur rencananya tercapai. Merujuk Laporan Kondisi Jalan Nasional Semester 1 Tahun 2025 dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, dari total panjang jalan nasional 47.604,34 km, sebanyak 3.021,49 km (6,35%) ruas jalan masih berada dalam kondisi tidak mantap. Secara rinci, kerusakan tersebut terbagi menjadi jalan rusak ringan sepanjang 2.337,92 km (4,91%) dan rusak berat sepanjang 683,58 km (1,44%). Penurunan kualitas infrastruktur ini sebagian besar dipicu oleh kombinasi suhu lingkungan yang tinggi dan beban lalu lintas kendaraan berat yang terus bertambah. Kondisi ini mempercepat munculnya kerusakan struktural seperti deformasi permanen (rutting) dan retak yang berdampak pada menurunnya kenyamanan serta keamanan berkendara (Permata et al., 2022). Salah satu penyebab utama deformasi permanen adalah ketidakmampuan campuran aspal menahan beban berulang pada suhu tinggi, yang sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan mekanik material penyusunnya, terutama jenis dan kadar bitumen serta pemakaian bahan tambah (Ungureanu et al., 2021). Oleh sebab itu, dibutuhkan upaya peningkatan kualitas campuran aspal agar memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap deformasi permanen.

Upaya peningkatan kualitas tersebut menjadi sangat penting khususnya pada lapisan Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC), yakni lapisan paling atas pada struktur perkerasan lentur yang berhubungan langsung dengan beban lalu lintas sehingga paling rentan mengalami deformasi permanen. Campuran AC-WC dituntut memiliki stabilitas tinggi sekaligus ketahanan deformasi yang baik agar kinerjanya tetap terjaga terhadap beban berulang (Magfirah et al., 2023). Seiring perkembangan teknologi, penggunaan Warm Mix Asphalt (WMA) mulai dikembangkan sebagai alternatif Hot Mix Asphalt (HMA) karena dapat diproduksi dan dipadatkan pada suhu yang lebih rendah, sekitar 20–40°C di bawah suhu HMA konvensional. Teknologi ini memberi keuntungan berupa penghematan energi, penurunan emisi gas buang (Mulya et al., 2022), serta pengurangan penuaan dini pada bitumen akibat paparan suhu tinggi yang berkepanjangan (Milad et al., 2022).

Meskipun demikian, suhu produksi WMA yang lebih rendah juga berisiko menurunkan kekakuan dan daya lekat (adhesi) antara agregat dan bitumen. Kondisi



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

ini dapat meningkatkan potensi deformasi permanen serta kerusakan akibat pengaruh air (moisture damage) pada campuran aspal (Moussa et al., 2021). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengembalikan kinerja mekanik campuran WMA, khususnya dalam menahan deformasi permanen. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah dengan menambahkan bahan aditif polimer. Polimer plastomerik diketahui mampu meningkatkan kekakuan (stiffness), stabilitas, serta ketahanan terhadap deformasi permanen akibat beban berulang (Ungureanu et al., 2021). Salah satu aditif polimer plastomerik yang relevan untuk diterapkan adalah Superplast, yaitu produk berbentuk granula yang terdiri dari campuran Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) dan Low-Density Polyethylene (LDPE), diproduksi oleh Iterchemica dan ditambahkan melalui metode kering dalam proses pencampuran.

Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan Superplast dapat meningkatkan kekakuan, ketahanan terhadap kerusakan akibat air, serta kapasitas deformasi pada campuran WMA, bahkan kinerjanya mampu melampaui HMA tanpa modifikasi (Moussa et al., 2021). Akan tetapi, penelitian tersebut belum mengevaluasi ketahanan deformasi permanen pada campuran WMA AC-WC dengan memakai pengujian Hamburg Wheel Tracking (HWT), yang mampu mensimulasikan pengaruh beban berulang pada suhu tinggi secara lebih representatif terhadap kondisi lapangan. Selain itu, pemahaman mengenai respons campuran WMA AC-WC terhadap variasi kadar aditif Superplast dalam menahan deformasi permanen masih perlu didalami lebih jauh. Karena itu, penelitian ini dilaksanakan melalui evaluasi karakteristik Marshall dan ketahanan deformasi permanen menggunakan pengujian Hamburg Wheel Tracking (HWT) pada campuran WMA AC-WC yang dimodifikasi dengan aditif Superplast.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik Marshall pada campuran beton aspal hangat (AC-WC) yang menggunakan bahan tambah Superplast.
2. Berapakah kadar optimum bahan tambah Superplast pada campuran beton aspal hangat (AC-WC).
3. Bagaimana pengaruh penggunaan bahan tambah Superplast terhadap ketahanan deformasi permanen pada campuran beton aspal hangat (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

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian tetap terarah dan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan, ruang lingkup penelitian dibatasi pada beberapa aspek berikut:

1. Penelitian dilakukan pada campuran beton aspal hangat (*Warm Mix Asphalt/WMA*) untuk lapisan aus AC-WC.
2. Material penyusun campuran terdiri atas agregat kasar berupa batu pecah, agregat halus berupa abu batu, aspal penetrasi 60/70 sebagai bahan pengikat, serta semen Portland sebagai bahan pengisi (*filler*).
3. Bahan tambah yang digunakan adalah Superplast dengan variasi kadar sebesar 0,4%, 0,6%, dan 0,8%.
4. Pencampuran bahan tambah Superplast dilakukan menggunakan metode pencampuran kering (*dry mix*).
5. Penelitian difokuskan pada pengujian sifat fisik dan mekanis campuran, tanpa melakukan analisis terhadap reaksi kimia yang mungkin terjadi.
6. Seluruh pengujian laboratorium dilakukan menggunakan alat Marshall dan Hamburg Wheel Tracking (HWT).

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Menganalisis karakteristik Marshall pada campuran beton aspal hangat (AC-WC) yang diberi bahan tambah Superplast.
2. Menentukan kadar optimum penggunaan bahan tambah Superplast pada campuran beton aspal hangat (AC-WC).
3. Menganalisis pengaruh penambahan Superplast terhadap ketahanan deformasi permanen pada campuran beton aspal hangat lapisan AC-WC.

1.5 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan penelitian ini disusun secara sistematis agar alur pembahasan mudah diikuti. Secara garis besar, isi penelitian dibagi ke dalam lima bab sebagai berikut:



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

Bab ini memberikan gambaran awal mengenai penelitian yang dilakukan. Uraian pada bab ini mencakup latar belakang penelitian, rumusan dan pembatasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan skripsi. Selain itu, dijelaskan pula ruang lingkup penelitian yang berfokus pada penggunaan bahan tambah Superplast dalam campuran beton aspal hangat (AC-WC).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi kajian teori yang digunakan sebagai landasan dalam pelaksanaan penelitian. Referensi yang digunakan berasal dari Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, Standar Nasional Indonesia (SNI), buku-buku ilmiah, serta berbagai hasil penelitian terdahulu yang relevan. Kajian tersebut membahas sifat dan karakteristik material penyusun campuran beraspal, konsep *Warm Mix Asphalt* (WMA), serta pemanfaatan bahan tambah Superplast untuk meningkatkan performa campuran AC-WC.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyampaikan hasil pengujian laboratorium terhadap material penyusun dan campuran beton aspal yang telah dibuat. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengkaji pengaruh penggunaan bahan tambah Superplast terhadap karakteristik Marshall dan ketahanan deformasi permanen pada campuran AC-WC. Selanjutnya, hasil analisis dibandingkan dengan persyaratan yang berlaku serta didukung oleh hasil penelitian terdahulu yang relevan.

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian laboratorium terhadap material dan campuran beton aspal. Selanjutnya dilakukan pembahasan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan Superplast terhadap karakteristik Marshall dan ketahanan deformasi permanen campuran AC-WC.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat simpulan yang disusun berdasarkan hasil analisis pada penelitian sehingga dapat menjawab tujuan yang telah dirumuskan sebelumnya. Selain itu, bab ini juga menyampaikan beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi



© Hak Cipta milik 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

masukannya bagi penelitian lanjutan maupun sebagai bahan pertimbangan dalam penerapan campuran beton aspal hangat pada pekerjaan konstruksi perkerasan jalan.

LAMPIRAN

Bagian lampiran berisi dokumen pendukung penelitian, seperti data hasil pengujian laboratorium, dokumentasi kegiatan penelitian, serta tabel maupun perhitungan yang melengkapi isi laporan penelitian.



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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai pengaruh aditif Superplast terhadap deformasi permanen beton aspal campuran hangat (Warm Mix Asphalt) AC-WC, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan aditif Superplast memberikan pengaruh terhadap kinerja campuran AC-WC. Pada kadar optimum, nilai-nilai karakteristik Marshall telah memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2), yaitu VMA 17,62%, VIM 4,82%, VFA 72,74%, stabilitas 810,82 kg, dan flow 3,83 mm. Namun, nilai Marshall Quotient (MQ) yang diperoleh sebesar 213,28 kg/mm masih berada di bawah persyaratan minimum sebesar 250 kg/mm. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa campuran hangat memiliki tingkat kelenturan yang lebih tinggi dibandingkan campuran panas. Meskipun demikian, hasil pengujian Hamburg Wheel Tracking menunjukkan bahwa campuran tetap memiliki kemampuan yang baik dalam mengurangi deformasi permanen saat menerima beban berulang.
2. Kadar Optimum Aspal (KAO) campuran dengan aditif Superplast ditetapkan sebesar 0,56% berdasarkan hasil evaluasi seluruh parameter Marshall yang telah memenuhi kriteria spesifikasi. Kadar tersebut dipilih karena menghasilkan keseimbangan terbaik antara stabilitas dan flow sesuai batas yang dipersyaratkan. Pada penggunaan aditif di bawah 0,56%, nilai stabilitas masih belum memenuhi batas minimum, sedangkan penambahan aditif melebihi 0,56% menyebabkan nilai flow melampaui batas maksimum yang diizinkan.
3. Penambahan aditif Superplast berpengaruh terhadap ketahanan deformasi permanen campuran. Berdasarkan hasil pengujian Hamburg Wheel Tracking (HWT) yang dilakukan pada suhu 50°C hingga 5000 lintasan, nilai rut depth berkurang dari 11,95 mm pada campuran tanpa aditif menjadi 6,58 mm pada campuran yang menggunakan aditif Superplast sebesar 0,56%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penambahan Superplast mampu meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dibandingkan campuran tanpa penambahan aditif.



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. Disarankan untuk menggunakan minimal 3 (tiga) benda uji pada setiap variasi kadar aditif, terutama untuk pengujian Hamburg Wheel Tracking (HWT). Penambahan jumlah sampel ini bertujuan agar data yang dihasilkan lebih akurat dan dapat meminimalkan kesalahan apabila terjadi kegagalan pada saat proses pemadatan benda uji di laboratorium.
2. Mengingat nilai Marshall Quotient (MQ) campuran belum memenuhi standar minimum, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan penyesuaian gradasi (misalnya memperbanyak porsi agregat kasar) atau menyesuaikan kadar filler. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kuncian antar batuan, sehingga campuran aspal menjadi lebih kaku dan syarat nilai MQ dapat terpenuhi.
3. Untuk melengkapi hasil pengujian Marshall dan HWT, disarankan melakukan pengujian modulus resilien menggunakan alat Universal Material Testing Apparatus (UMATTA). Pengujian ini penting dilakukan untuk mengetahui respons campuran aspal terhadap beban kendaraan yang berulang, sehingga hasilnya bisa lebih mendekati kondisi beban lalu lintas di lapangan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR PUSTAKA

- Ananta, F. M. (2025). Pengaruh Metode Pencampuran (Wet Vs Dry) Serbuk Karet Alam Terhadap Karakteristik Binder dan Performa AC-WC. *Pendidikan Indonesia*, 6(12), 5634–5649.
- Daniel, C. G., Widjajakusuma, J., Otto, I., & Saputan, C. (2022). The Evaluation of Physical and Mechanical Properties of Synthetic Polymer Modified Hot and Warm Mix Asphalt The Evaluation of Physical and Mechanical Properties of Synthetic Polymer Modified Hot and Warm Mix Asphalt. *4th International Conference on Civil and Environmental Engineering*, 1117(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1117/1/012002>
- Hakzah, Sulfanita, A., & Yulianti. (2021). *Studi Kelayakan Sifat Fisik Agregat Untuk Struktur Perkerasan Jalan (Quarry Gunung Lakera Bum, Gunung Lompong, Dan Gunung Benderae Kab. Pinrang)*. 1(1), 1–6.
- 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.
- Kurniawan, H., & Djunaidi. (2020). *Studi Perbandingan Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement) Dan Perkerasan Rigid (Rigid Pavement) Ditinjau Dari Biaya Studi Kasus : Peningkatan Kualitas Jalan Sungai Pinang-Pantai Mempanak*. 3(1), 72–81.
- Magfirah, P. W., Ainul, A., Yusuf, M., Massara, A., & Alifuddin, A. (2023). Analisis Penggunaan Serbuk Pelepeh Batang Pisang pada Campuran (Ac-Wc) dengan Menggunakan Pengujian Marshall Test dan Indirect Tensile Strength. *Ilmiah Teknik Sipil*, 5, 23–33.
- Marlina, E., Frans, J. H., & Nasjono, J. K. (2023). *ANALISIS TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE BINA MARGA 2017 DAN PROGRAM KENPAVE*. 12(2), 173–184.
- Masri, Y., Siahaya, V. T. C., & Istia, P. T. (2022). Pengaruh Penambahan Aspal Terhadap Stabilitas Marshall Pada Material Reclaimed Asphalt Pavement (Rap) Di Ruas Jalan Jenderal Sudirman – Rijali Kota Ambon. *JURNAL SIMETRIK*, 13(1), 683–689.
- Milad, A., Babalghaith, A. M., Al-sabaeei, A. M., Dulaimi, A., Ali, A., Reddy, S. S., Bilema, M., & Yusoff, N. I. (2022). *A Comparative Review of Hot and Warm Mix Asphalt Technologies from Environmental and Economic Perspectives : Towards a Sustainable Asphalt Pavement*. 1–23.
- Moussa, G. S., Sallam, I., & Younis, H. (2021). Performance Investigation Of Hot-and Warm- Asphalt Mixtures Modified With SUPERPLAST. *Engineering Sciences Assiut University*, 49(5), 679–703.
- Muldiyanto, A. (2011). Uji Stabilitas Terhadap Flow Campuran Aspal Dengan Marshall Test (Kadar Aspal 5 % , Penetrasi 60/70). *J. PENGEMB. REK & TEK*, 13(1), 11–18.

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



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

- Mulya, T., Marisha, A., Syafier, S., & Sudarsono, I. (2022). *LAPIS PERKERASAN AC-BC MENGGUNAKAN CAMPURAN BERASPAL HANGAT (WARM MIX) DAN BAHAN TAMBAH ZEOLITE ECOPAL*. 2(11), 1008–1016.
- Nur, D. H., & Sandekala, A. (2023). *ANALISIS PERBANDINGAN TEBAL PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN BINA MARGA 2017 DAN METODE AASHTO 1993 PADA JALAN SIMPANG GEDANGAN SIDOARJO*. 22(1), 15–23.
- Oner, J., Topal, A., Sengoz, B., & Dokandari, P. A. (2016). *Permanent deformation characteristics of warm mix asphalt*. June.
- Perdana, M. G., & Rahmani, H. (2018). *Perbandingan Penetrasi Aspal Sebelum Dan Sesudah Mengalami Pemanasan Di Amp*. 303–316.
- Permata, D. Y., Subagio, B. S., & Ayuningtyas, K. N. S. (2022). *Performance of Resilient Modulus ($SMix$) and Dynamic Modulus ($|E^*|$) on Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC) Using Pen 60 / 70 Asphalt and Styrene-Butadiene-Styrene (SBS) Polymer*. 12(2), 655–660.
- Purnomo, A. T., Cahyono, A. D., Widyatmoko, D., & Hasbi, M. N. Al. (2024). *Peningkatan Stabilitas Aspal Dalam Konstruksi Jalan : Pengaruh Komposisi, Faktor Lingkungan, Dan Metode Pengujian Untuk Keberlanjutan Infrastruktur Jalan*. 25(1), 29–36.
- Rohman, M. F., Hasanuddin, A., & Wicaksono, L. A. (2020). *Penggunaan Filler Arang Kayu Pada Aspal Hrs – Wc Dan Aspal Ac - Wc*. 10(2), 368–371.
- Suherman. (2012). *Kinerja Modulus Resilien Dan Deformasi Permanen Dari Campuran Lapis Antara (Ac-Bc) Yang Menggunakan Material Hasil Daur Ulang (Rap)*. *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, 10(1), 50–58.
- Sulandari, E., Lestyowati, Y., Felderika, & Sutarno. (2024). *Analisis Pengaruh Sifat Volumetrik Pada Campuran Aspal Ac-Wc*. 5, 41–47.
- Sulandari, E., Widodo, S., Mayuni, S., Falderika, & Sutarno. (2025). *Evaluasi Karakteristik Agregat Terhadap Kerusakan Rutting Pada Campuran Split Mastic Asphalt Halus*. *Jurnal HPJI (Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia)*, 11(2), 139–148.
- Susanto, H. A., Yuda, D., & Nugroho, D. (2022). *Seminar Nasional TREN D Kinerja Marshall Warm Mix Asphalt sebagai Konstruksi Jalan Ramah Lingkungan*. 104–114.
- Susilowati, A., Putri, D., & Wiyono, E. (2025). *Penggunaan Biji Plastik Polypropylene (PP) Sebagai Bahan Tambah Pada Campuran Aspal Hangat Lapisan AC-WC*. *Applied Civil and Environmental Engineering*, 5(1), 11–24.
- 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*. *SEMINAR NASIONAL INOVASI VOKASI*, 2(1), 213–222.
- Tuwanakotta, E., Allo, A. L., & Ola, J. E. (2023). *Pengujian Sifat – Sifat Fisik Laboratorium Agregat Kasar Dan Agregat Halus Quarry Baingketi , Distrik Makbon Sebagai Material Beton*. 9(2), 24–29.



© Hak Cipta milik 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

Ungureanu, R. D., Toma, M. G., & Dicu, M. (2021). *Effect of bitumen type and polymer on physico- mechanical properties of asphalt pavement* *Effect of bitumen type and polymer on physico-mechanical properties of asphalt pavement*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/664/1/012104>

Widyantara, I. G. N., Suparma, L. B., & Muthohar, I. (2018). *Stabilitas Marshall Dan Ketahanan Deformasi Warm Mix Asphalt Menggunakan Aditif Zycotherm. XIV(1)*.

Yuniarti, R., & Widianty, D. (2018). *Tinjauan terhadap sifat volumetrik campuran beton aspal berdasarkan distribusi ukuran agregat. 5(2)*, 99–107.

