

No. 21/SKRIPSI/S.Tr-TPJJ/2025

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN ADITIF ZTA-NM TERHADAP MODULUS
RESILIEN CAMPURAN BETON ASPAL PANAS AC-WC**



Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-1V

Politeknik Negeri Jakarta

Disusun Oleh :

Rizka Nur Rohimawati

NIM. 2101411005

Dosen Pembimbing :

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

NIP. 196506131990032002

Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T.

NIP. 199304302020121012

PROGRAM STUDI D-IV

TEKNIK PERANCANGAN JALAN DAN JEMBATAN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul :

Pengaruh Penambahan Aditif ZTA-NM terhadap Modulus Resilien Campuran Beton Aspal Panas AC-WC yang disusun oleh Rizka Nur Rohimawati (NIM 2101411005) telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam Sidang Skripsi Tahap 2 (Dua)

Pembimbing 1

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

Pembimbing 2

Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T.
NIP. 199304302020121012



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-NM TERHADAP MODULUS RESILIEN CAMPURAN BETON ASPAL PANAS AC-WC yang disusun oleh
Rizka Nur Rohimawati (2101411005) telah dipertahankan dalam Sidang
Skripsi di depan Tim Penguji pada hari Senin tanggal 23 Juni 2025

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Lilis Tiyani, S.T., M.Eng NIP 199504132020122025	
Anggota	Mitsaq Addina Nisa, S.T., M.Eng NIP 199412262022032010	

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta

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



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 menggunakan 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 : Rizka Nur Rohimawati

NIM : 2101411005

Prodi : DIV – Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan

Alamat email : rizka.nur.rohimawati.ts21@mhs.w.pnj.ac.id

Judul Naskah : Pengaruh Penambahan Aditif ZTA-NM Terhadap Modulus Resilien
Campuran Beton Aspal Panas AC-WC

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan yang saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2024/2025 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, 09 Juli 2025

Rizka Nur Rohimawati

NIM. 2101411005



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 dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang senantiasa memberi berkat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan naskah skripsi yang berjudul *“Pengaruh Penambahan Aditif ZTA-NM Terhadap Modulus Resilien Campuran Beton Aspal Panas AC-WC”* dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang teknologi beton dan material konstruksi.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, melibatkan berbagai pihak yang memberikan kontribusi yang begitu besar dan bermanfaat bagi penulis. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat, rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah Skripsi ini.
2. Orangtua serta keluarga yang senantiasa memberikan dukungan baik secara moral maupun material, serta tak henti-hentinya mendoakan penulis sehingga naskah skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Ibu Istiatun, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
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.
5. Ibu Anni Susilowati, S.T., M.Eng., dan Bapak Rikki Sofyan Rizal, S.Tr., M.T., selaku dosen pembimbing skripsi yang dengan sabar dan penuh dedikasi telah memberikan arahan, bimbingan, serta masukan berharga sejak awal penyusunan hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Bapak Kusno Wijayanto, A.Md., Pranata Laboratorium Uji Bahan, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama proses 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

7. Teruntuk Rizqina Nur Utami, terima kasih banyak atas cahaya yang begitu terang. Semoga tumbuhmu selalu dibersamai dengan kebahagiaan.
8. Teman-teman *Nepor Family* yang kehadirannya menjadi sumber semangat bagi penulis untuk terus melangkah, yaitu Amanda, Shifa, Salma, Ikrom, Gerald, Abiyyu, Prana, Renaldy, dan Arif. Terima kasih karena senantiasa merangkul dalam segala kondisi, serta terima kasih banyak atas kebersamaan dan kebahagiaan yang menjadi salah satu alasan penulis bertahan.
9. Teman-teman *Sunshine*, yaitu Mutiara, Wilda, Shafira, dan Shanggita. Terima kasih atas segala bentuk dukungan dan motivasi, serta atas pengingat bahwa semuanya akan baik-baik saja.
10. Teruntuk diri sendiri yang selama ini telah berjuang dan bertahan menghadapi berbagai rintangan, mulai dari awal perkuliahan hingga akhirnya berhasil menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, baik dari segi isi maupun penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan dan saran yang membangun demi kesempurnaan karya ini di masa mendatang.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 22 Juni 2025

Penulis



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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS KARYA	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penulisan	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perkerasan Lentur	5
2.2 Beton Aspal Campuran Panas	6
2.3 Karakteristik Beton Aspal	7
2.4 Bahan Pembentuk Beton Aspal Campuran Panas	8
2.4.1 Aspal	8
2.4.2 Agregat.....	9
2.5 ZTA-NM	11



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

2.6	Metode Dry Mix	13
2.7	Sifat Volumetrik Beton Aspal	13
2.8	Stabilitas Statis	15
2.9	Modulus Resilien.....	16
2.10	Penelitian Terdahulu	16
BAB III METODOLOGI.....		19
3.1	Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.2	Lokasi Penelitian	19
3.3	Rancangan Penelitian	19
3.4	Teknik Pengumpulan Data	21
3.5	Metode Analisis Data	21
3.6	Variasi Benda Uji	21
3.7	Tahapan Penelitian	22
3.7.1	Persiapan Alat	22
3.7.2	Persiapan Bahan	23
3.7.3	Pengujian Bahan Penelitian.....	25
3.7.4	Perencanaan Campuran di Laboratorium.....	40
3.7.5	Pembuatan Benda Uji.....	40
3.7.6	Pengujian Marshall.....	42
3.7.7	Pengujian UMATTA.....	44
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN.....		46
4.1	Pengujian Bahan Pembentuk Beton	46
4.1.1	Pengujian Agregat Kasar.....	46
4.1.2	Pengujian Agregat Halus.....	52
4.1.3	Pengujian Filler	59
4.1.4	Pengujian Aspal Pen 60/70	59
4.2	Rancangan Campuran.....	63



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

4.2.1	Perhitungan Proporsi Campuran Agregat	63
4.2.2	Perhitungan Kadar Aspal Perkiraan Ideal	66
4.2.3	Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Marshall I	67
4.2.4	Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Marshall II dan UMATTA.....	68
4.3	Data dan Pembahasan Pengujian Beton Aspal.....	70
4.3.1	Pengujian Marshall I	70
4.3.2	Pengujian Marshall II.....	80
4.3.3	Pengujian UMATTA.....	90
BAB V PENUTUP.....		95
5.1	Kesimpulan.....	95
5.2	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA		97
LAMPIRAN.....		99

**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 TABEL

Tabel 2. 1 Ketentuan sifat-sifat campuran Laston	6
Tabel 2. 2 Ketentuan aspal keras penetrasi 60/70	9
Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Kasar	10
Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Halus	11
Tabel 2. 5 Spesifikasi agen anti-rutting ZTA-NM	12
Tabel 3. 1 Penjadwalan penelitian.....	19
Tabel 3. 2 Benda uji variasi 1	21
Tabel 3. 3 Benda uji variasi 2	22
Tabel 3. 4 Benda uji variasi 3	22
Tabel 3. 5 Tabel Alat yang digunakan	22
Tabel 4. 1 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	46
Tabel 4. 2 Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar .	47
Tabel 4. 3 Data Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Kasar	47
Tabel 4. 4 Data Hasil Perhitungan Berat Isi Lepas Agregat Kasar	48
Tabel 4. 5 Data Pengujian Berat Isi Padat Agregat Kasar.....	48
Tabel 4. 6 Data Hasil Perhitungan Berat Isi Padat Agregat Kasar.....	48
Tabel 4. 7 Data Pengujian Kadar Air Agregat Kasar	49
Tabel 4. 8 Data Hasil Perhitungan Kadar Air Agregat Kasar	49
Tabel 4. 9 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	50
Tabel 4. 10 Data Hasil Perhitungan Kadar Lumpur Agregat Kasar.....	50
Tabel 4. 11 Data Pengujian Keausan Agregat Kasar Menggunakan Mesin Abrasi Los Angeles.....	51
Tabel 4. 12 Data Hasil Perhitungan Keausan Agregat Kasar Menggunakan Mesin Abrasi Los Angeles	51
Tabel 4. 13 Data Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar	52
Tabel 4. 14 Data Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	52
Tabel 4. 15 Data Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus	53
Tabel 4. 16 Data Pengujian Berat Isi Lepas Agregat Halus	54
Tabel 4. 17 Data Hasil Perhitungan Berat Isi Lepas Agregat Halus	54
Tabel 4. 18 Data Pengujian Berat Isi Padat Agregat Halus.....	55



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. 19 Data Hasil Perhitungan Berat Isi Padat Agregat Halus	55
Tabel 4. 20 Data Pengujian Kadar Air Agregat Halus	56
Tabel 4. 21 Data Hasil Perhitungan Kadar Air Agregat Halus	56
Tabel 4. 22 Data Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....	56
Tabel 4. 23 Data Hasil Perhitungan Kadar Lumpur Agregat Halus.....	57
Tabel 4. 24 Data Pengujian Sand Equivalent Agregat Halus	57
Tabel 4. 25 Data Hasil Perhitungan Nilai Sand Equivalent Agregat Halus	58
Tabel 4. 26 Data Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus	58
Tabel 4. 27 Data Hasil Pengujian Analisa Saringan Semen Portland	59
Tabel 4. 28 Data Hasil Pengujian Penetrasi Aspal	59
Tabel 4. 29 Data Pengujian Berat Jenis Aspal	60
Tabel 4. 30 Data Hasil Perhitungan Berat Jenis Aspal.....	61
Tabel 4. 31 Data Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal.....	60
Tabel 4. 32 Data Hasil Pengujian Daktilitas Aspal	61
Tabel 4. 33 Data Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	62
Tabel 4. 34 Data Pengujian Kelarutan Aspal	62
Tabel 4. 35 Data Hasil Perhitungan Kelarutan Aspal dalam Larutan Trichloroethylene	63
Tabel 4. 36 Rancangan Campuran 3 Fraksi Agregat.....	64
Tabel 4. 37 Gradasi Agregat Gabungan	65
Tabel 4. 38 Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Marshall.....	67
Tabel 4. 39 Data Perhitungan Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji Marshall II..	69
Tabel 4. 40 Data Kebutuhan Zat Aditif Benda Uji Marshall II.....	69
Tabel 4. 41 Data Kebutuhan Bahan Penyusun Benda Uji UMATTA.....	69
Tabel 4. 42 Pengujian <i>Marshall I</i>	70
Tabel 4. 43 Rekapitulasi hasil pengujian Marshall I	78
Tabel 4. 44 Karakteristik Marshall dengan Nilai Kadar Aspal Optimum	79
Tabel 4. 45 Pengujian <i>Marshall II</i>	80
Tabel 4. 46 Rekapitulasi hasil pengujian Marshall II.....	88
Tabel 4. 47 Karakteristik Marshall dengan Nilai Kadar Aditif Optimum.....	89
Tabel 4. 48 Data Hasil Pengujian UMATTA	90
Tabel 4. 49 Data Nilai Modulus Resilien	90



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 jalan lentur	5
Gambar 2. 2 Skematis berbagai jenis volume beton aspal padat.....	14
Gambar 2. 3 Ilustrasi pengertian tentang VIM.....	15
Gambar 3. 1 Flowchart penelitian	20
Gambar 4. 1 Grafik Rancangan 3 Fraksi Agregat dari Tabel 4.38	64
Gambar 4. 2 Grafik Gradasi Agregat Gabungan	66
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Voids In Mineral Aggregates (VMA).....	72
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Voids In Mix (VIM)	73
Gambar 4. 5 Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Voids Filled With Asphalt (VFA).....	74
Gambar 4. 6 Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Stabilitas	75
Gambar 4. 7 Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Kelelehan (Flow)	76
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan antara % Aspal dengan Marshall Quotient (MQ)...	77
Gambar 4. 9 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	78
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Antara % ZTA-NM dengan Rongga terhadap Agregat.....	82
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan antara % ZTA-NM dengan Rongga terhadap Campuran.....	83
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan antara % ZTA-NM dengan Rongga Berisi Aspal.	84
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan antara % ZTA-NM dengan Stabilitas	85
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan antara % ZTA-NM dengan Kelelehan (Flow).....	86
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan antar % ZTA-NM dengan Hasil Bagi Marshall....	87
Gambar 4. 16 Penentuan Kadar ZTA-NM Optimum.....	88
Gambar 4. 17 Modulus Resilien Terhadap Kadar ZTA-NM (25°C).....	91
Gambar 4. 18 Modulus Resilien Terhadap Kadar ZTA-NM (40°C).....	92
Gambar 4. 19 Modulus Resilien Terhadap Kadar ZTA-NM pada Suhu 25°C dan 40°C	93



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 UMATTA Aditif 0% dengan Suhu 25°C	100
Lampiran 2 Data Hasil Pengujian UMATTA Aditif 0% dengan Suhu 40°C	101
Lampiran 3 Data Hasil Pengujian UMATTA Aditif 0.3% dengan Suhu 25°C	102
Lampiran 4 Data Hasil Pengujian UMATTA Aditif 0.3% dengan Suhu 40°C	103
Lampiran 5 Data Hasil Pengujian UMATTA Aditif 0.35% dengan Suhu 25°C	104
Lampiran 6 Data Hasil Pengujian UMATTA Aditif 0.35% dengan Suhu 40°C	105
Lampiran 7 Data Hasil Pengujian UMATTA Aditif 0.4% dengan Suhu 25°C	106
Lampiran 8 Data Hasil Pengujian UMATTA Aditif 0.4% dengan Suhu 40°C	107
Lampiran 9 Dokumentasi Penelitian.....	108
Lampiran 10 Dokumentasi Pengujian UMATTA.....	109
Lampiran 11 Formulir Pernyataan Calon Pembimbing	110
Lampiran 12 Formulir Lembar Pengesahan.....	112
Lampiran 13 Lembar Asistensi Pembimbing.....	113
Lampiran 14 Formulir Persetujuan Pembimbing.....	115
Lampiran 15 Lembar Asistensi Penguji.....	119
Lampiran 16 Formulir Persetujuan Penguji	121

**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

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkerasan jalan dituntut agar dapat memberikan rasa aman dan juga nyaman bagi pengendara dan kelancaran lalu lintas kendaraan. Di Indonesia, lapisan perkerasan lentur, khususnya lapisan aspal beton *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) sering kali mengalami berbagai jenis kerusakan selama masa pelayanannya (Pomantow, Jansen, and Waani 2019). Kerusakan tersebut umumnya berhubungan dengan modulus resilien yang dipicu oleh suhu tinggi dan intensitas lalu lintas yang padat, ditambah dengan pengaruh kondisi iklim tropis di Indonesia yang turut mendukung situasi tersebut (Permata, Subagio, and Ayuningtyas 2022). Oleh karena itu, diperlukan peningkatan kualitas jalan agar dapat memenuhi kebutuhan masyarakat.

Dalam upaya meningkatkan kualitas dan daya tahan lapisan perkerasan, saat ini penambahan aditif anti-rutting telah menjadi fokus penelitian (Yilou and Ning 2020). Aditif ini diharapkan dapat meningkatkan *modulus resilien* campuran aspal, yang merupakan indikator penting dari kekuatan dan ketahanan material terhadap deformasi permanen. Daniel et al. (2023) pada penelitiannya mengkaji terkait penerapan polimer Ethylene-Vinyl Acetate (EVA) dalam metode campuran kering terhadap sifat-sifat komponen aspal dan campuran beton aspal. Pada penelitian ini, membuktikan bahwa aditif EVA menghasilkan sampel dengan kekakuan tinggi dan meningkatkan kekuatan serta energi fraktur, sehingga tahan terhadap deformasi alur (rutting) pada temperatur tinggi.

Saat ini, Indonesia telah memperkenalkan aditif terbaru, adapun salah satunya adalah agen anti rutting ZTA-NM. Aditif ini merupakan produk berbasis polimer plastik yang dikembangkan oleh Beijing Zhongtian Road-Tech. Dijelaskan bahwa, penambahan bahan aditif ini dapat meningkatkan stabilitas serta durabilitas campuran (Zhongtian Road Tech 2022). Namun sampai saat ini di Indonesia belum ada penelitian terkait zat aditif tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, perlu dilakukan kajian nilai *modulus resilien* pada campuran beton aspal panas AC-WC dengan penambahan ZTA-NM. Maka dari itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul



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

“Pengaruh Penambahan Aditif ZTA-NM terhadap Modulus Resilien Campuran Beton Aspal Panas AC-WC”. Melalui beberapa pengujian yang dilakukan di laboratorium, penambahan ZTA-NM pada campuran beraspal panas AC-WC diharapkan dapat meningkatkan nilai modulus resilien campuran beton aspal panas yang sering terjadi akibat beban lalu lintas yang berat dan perubahan kondisi lingkungan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka perumusan permasalahan dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai karakteristik Marshall campuran beton panas AC-WC dengan penambahan zat aditif ZTA-NM.
2. Bagaimana hasil kadar optimum ZTA-NM pada beton aspal campuran panas AC-WC dengan penambahan zat aditif ZTA-NM.
3. Bagaimana nilai modulus resilien pada beton aspal campuran panas AC-WC dengan penambahan zat aditif ZTA-NM.
4. Bagaimana pengaruh penambahan ZTA-NM terhadap modulus resilien pada beton aspal campuran panas AC-WC dengan penambahan zat aditif ZTA-NM.

1.3 Pembatasan Masalah

Untuk menghindari munculnya penyimpangan terhadap permasalahan maka diberikan suatu batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Campuran beraspal yang diuji adalah campuran beraspal panas (*hot mix*) lapis aus (AC-WC)
2. Material yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari :
 1. Agregat kasar berupa batu pecah
 2. Agregat halus berupa abu batu
 3. Aspal penetrasi 60/70 Esso.ex BBT
 4. Filler berupa semen portland
3. Zat aditif yang digunakan adalah Anti Rutting ZTA-NM dengan dosis 0.3%, 0.35%, 0.4%
4. Penambahan zat aditif menggunakan metode drymix.
5. Hanya meneliti berdasarkan sifat-sifat fisik tanpa melakukan penelitian terhadap reaksi kimia.



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

6. Sampel benda uji, diuji menggunakan alat Marshall dan UMATTA di laboratorium.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh nilai karakteristik *marshall* campuran beton aspal panas AC-WC dengan penambahan zat aditif ZTA-NM.
2. Memperoleh nilai kadar optimum ZTA-NM pada beton aspal campuran panas AC-WC dengan penambahan zat aditif ZTA-NM.
3. Memperoleh nilai modulus resilien beton aspal campuran panas dengan penambahan zat aditif ZTA-NM.
4. Menganalisa pengaruh penambahan ZTA-NM terhadap modulus resilien pada beton aspal campuran panas AC-WC dengan penambahan zat aditif ZTA-NM.

1.5 Manfaat Penulisan

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan mempunyai manfaat bagi berbagai pihak baik penulis, pemerintah, maupun masyarakat. Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini memberikan kesempatan bagi penulis untuk mengembangkan pemahaman mendalam mengenai teknologi bahan jalan, khususnya tentang campuran beton aspal panas ACWC.
2. Memberikan informasi kepada instansi konstruksi khususnya di Indonesia terkait penggunaan bahan tambah *anti rutting* ZTA-NM pada campuran beraspal panas, sehingga tercipta standar kualitas jalan yang lebih baik.
3. Menjadi referensi ilmiah bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan campuran beraspal panas, khususnya ACWC dan penambahan ZTA-NM.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari lima bab, masing-masing dengan fokus dan tujuan yang berbeda sebagai berikut :

BAB I: PENDAHULUAN



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

Berisikan informasi terkait latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penulisan serta sistematika penulisan dari penelitian yang akan dilakukan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini, menyajikan dasar-dasar teori yang akan digunakan sebagai landasan dalam membahas dan menganalisis topik yang diangkat. Teori yang digunakan bersumber dari studi literatur yang relevan dan penelitian terdahulu.

BAB III: METODOLOGI

Bab ini membahas mengenai metode, lokasi serta waktu pelaksanaan, tahapan penelitian, material dan peralatan yang digunakan, dasar perhitungan serta pengujian yang dilakukan pada penelitian ini.

BAB IV: DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menyajikan data primer hasil pengujian langsung di laboratorium, meliputi data pengujian agregat kasar, agregat halus, aspal, filler dan beton aspal yang selanjutnya data akan dianalisis untuk mendapatkan suatu kesimpulan.

BAB V: PENUTUP

Bagian ini menyampaikan output analisis penelitian. Berisikan kesimpulan yang merupakan jawaban dari tujuan penyusunan penelitian ini serta saran untuk penelitian selanjutnya.

LAMPIRAN

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini, berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dijabarkan pada bab sebelumnya, terkait dengan penambahan aditif ZTA-NM terhadap nilai modulus resilien pada campuran beton aspal panas dengan kadar aspal optimum sebesar 5.6%, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Karakteristik Marshall pada campuran beton aspal panas AC-WC oleh penambahan zat aditif ZTA-NM memberikan dampak perubahan pada nilai-nilai parameter Marshall. Nilai Stabilitas tertinggi diperoleh pada penambahan aditif sebesar 0.35% dengan kenaikan sebesar 4.52%, selain itu parameter yang juga mengalami kenaikan adalah VFB dan MQ dengan kenaikan masing masing sebesar 2.49% dan 46.44%. Sedangkan nilai VMA, VIM, dan flow mengalami penurunan masing-masing sebesar 1.94%, 13.17%, dan 28.33%.
2. Berdasarkan pengujian Marshall dengan menggunakan kadar aspal optimum sebesar 5.6%, kadar optimum aditif yang diperoleh dalam penelitian ini adalah sebesar 0.27%.
3. Diperoleh nilai modulus resilien pada suhu 25°C pada kadar aditif 0%, 0.3%, 0.35% dan 0.4% sebesar 4447 Mpa, 4498 Mpa, 3069 Mpa, dan 5342 Mpa. Sedangkan pada suhu 40°C didapatkan nilai modulus resilien sebesar 976 Mpa, 915 Mpa, 1607 Mpa, dan 1332 Mpa.
4. Penambahan zat aditif ZTA-NM meningkatkan nilai modulus resilien pada campuran beton aspal AC-WC, namun tidak bersifat linear baik pada suhu 25°C maupun 40°C jika dibandingkan dengan campuran tanpa aditif 0%. Pada suhu 25°C kenaikan mencapai 20.13% pada penggunaan kadar aditif sebesar 0.4% sedangkan pada suhu 40°C kenaikan nilai modulus resilien mencapai 64.65% pada kadar aditif 0.35%.

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

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. Untuk melengkapi dan memperkaya pemahaman kita, disarankan agar penelitian di masa mendatang menguji juga sifat-sifat kimianya guna mendapatkan pemahaman yang lebih dalam dan menyeluruh mengenai mekanisme di balik perubahan sifat fisik yang diamati.
2. Guna semakin memperkuat validitas dan representasi hasil, direkomendasikan agar penelitian selanjutnya meningkatkan jumlah benda uji UMATTA. Penambahan sampel ini sebaiknya diterapkan untuk setiap variasi kadar aditif dan pada kedua rentang suhu pengujian.
3. Untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pengaruh ZTA-NM, sangat disarankan agar penelitian selanjutnya mengeksplorasi rentang dosis aditif yang lebih luas, baik di bawah 0.3% maupun di atas 0.4%. Sehingga hubungan antara jumlah aditif dan dampaknya terhadap material dapat tergambar lebih presisi.
4. Guna memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai kinerja campuran aspal di berbagai kondisi iklim, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan pengujian pada rentang suhu yang lebih luas, seperti suhu rendah (10°C atau 15°C) maupun suhu tinggi ekstrem (50°C atau 60°C).
5. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan pengujian tambahan seperti Wheel Tracking Test untuk mengamati ketahanan campuran terhadap deformasi permanen. Hal ini akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinerja jangka panjang dari campuran aspal yang ditambahkan aditif ZTA-NM.



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

DAFTAR PUSTAKA

- Balqis, T. A. 2020. "Analisis Modulus Resilien Campuran Lapis Aus Aspal Modifikasi Dengan Serbuk Ban Bekas Menggunakan Alat UMATTA." *Pilar Jurnal Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya* 15(02):51–57.
- Bethary, Rindu Twidi, and Dwi Esti Intari. 2021. "Modulus Resilien Campuran Beraspal Modifikasi Polimer AC-WC Menggunakan Filler Gypsum." *Jurnal Transportasi* 21(3):165–72.
- Bueno, Isabella M., and Jamilla E. S. L. Teixeira. 2024. "Waste Plastic in Asphalt Mixtures via the Dry Method: A Bibliometric Analysis." *Sustainability (Switzerland)* 16(11). doi:10.3390/su16114675.
- Daniel, Christian Gerald, M. Rifqon, Fadhil M. Firdaus, and Khairina A. Canny. 2023. "Perbandingan Dampak Lingkungan Produksi Skala Laboratorium Campuran Aspal Modifikasi Polimer Dengan Metode Campuran Basah Dan Kering Menggunakan Life Cycle Assessment (Lca)." *Jurnal Jalan Jembatan* 40(1):17–31. doi:10.58499/jatan.v40i1.1188.
- Daniel, Christian Gerald, Jack Widjajakusuma, Valencio Stephen Widjaya, Edricnes, and Clairine Saputan. 2023. "Investigasi Eksperimental Terhadap Sifat Mekanis Campuran Aspal Modifikasi Polimer Etilen-Vinil Asetat Dengan Metode Campuran Kering." *Jurnal Jalan Jembatan* 40(2):89–103. doi:10.58499/jatan.v40i2.1189.
- Dina, Fara, Selviana Walsen, Abraham Tuanakotta, Jurusan Teknik Sipil, and Politeknik Negeri Ambon. 2022. "Journal Agregate Vol 1, No. 1, September 2022." 1(1):84–88.
- Ginting, Benyamin, Daniel P. Sembiring, and Semangat M. T. Debataraja. 2023. "ANALISIS PERENCANAAN PERKERASAN LENTUR PEMBANGUNAN RUAS JALAN KUTABANGUN-KUTAKENDIT LIANG MELAS DATAS KABUPATEN KARO." 11(1):1–17.
- Hamzah, Rizky Aynin, Oscar H. Kaseke, and Mecky M. Manopo. 2019. "Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton – Lapis Aus Gradasi Senjang." *Jurnal Sipil Statik* 4(7):447–52.
- Hikmayani, Waroatul, Titik Wahyuningsih, Anwar Efendy, Aulia Mutaqqin, Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, and Universitas Muhammadiyah Mataram. 2023. "KAJIAN PENAMBAHAN SERBUK LIMBAH PLASTIK PADA CAMPURAN ASPAL PANAS TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK." 3(2):62–67.
- Muharraran, Muharraran, Rahmawati Rahmawati, Hendro Widarto, Prodi Teknik Sipil, and Universitas Muhammadiyah Parepare. 2024. "Studi Karakteristik Evaluasi Volumetrik Marshall Campuran AC-BC Studi Kasus Material Agregat Di Lawawoi Kab . Sidrap." 2(4).
- Nur, Nur Khaerat, Mahyuddin, Erniati Bachtiar, Miswar Tumpu, Muhammad Ihsan



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

Mukrim, Irianto, Yuliyanti Kadir, Triana Sharly P. Arifin, Siti Nurjanah Ahmad, Masdiana, Hasmar Halim, and Syukuriah. 2021. *Perancangan Perkerasan Jalan*. edited by Abdul Karim & Janner Simarmata. Yayasan Kita Menulis.

Pane, Yunita, Suhelmi, and Desi Sri Pasca Sari. 2021. "Analisa Semen Portand Dan Abu Batu Sebagai Filler Dengan Marshall Dan Durabilitas Aspal Hotmix (AC – WC)." *Jurnal Ekonomi,Bisnis Dan Teknologi* 1(2):86–95.

Permata, Debby Yulinar, Bambang Sugeng Subagio, and Kardina Nawassa Setyo Ayuningtyas. 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." *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 12(2):655–60. doi:10.18517/ijaseit.12.2.13719.

Pomantow, Schwarz Y., Freddy Jansen, and Joice E. Waani. 2019. "Kinerja Campuran AC-WC Dengan Menggunakan Agregat Dari Batu Kapur." *Jurnal Sipil Statik* 7(2):219–28.

Salim, Muchtar, and Hadi Gunawan. 2021. "VARIASI PERSENTASE ABU BATU TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DALAM CAMPURAN HRS BASE." 5:1–23.

Sciej. 2024. "Sultra." 5(2):384–97.

Situngkir, Kristian, Salonten, and Mohamad Amin. 2020. "Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Ldpe Sebagai Bahan Substitusi Aspal Pada Perkerasan Lentur Landas Pacu." *Jurnal Teknika: Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Keteknikan* 4(1):56–62. doi:10.52868/jt.v4i1.2648.

Sukirman, Silvia. 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*.

Susilowati, Anni, Eko Wiyono, and Pratikno. 2021. "Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Pada Beton Aspal Campuran Panas [Utilization of Plastic Waste as an Additive in Hot Mixed Asphalt Concrete]." *Bangun Rekaprima* 7(2):15–23.

Tan, Yiqiu. 2021. *Functional Pavement Design*. Cetakan 1. edited by A. K. & J. Simarmata. Yayasan Kita Menulis.

Tasrifuddin, Rizal, and Firdaus. 2025. "ANALISIS PENGARUH KEHALUSAN ABU SEKAM PADI PADA ASPAL KARET SIR 20 LAPIS AUS (AC-WCNR) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL." 8(1):124–36.

Tech, Zhongtian Road. n.d. "ZTA-NM Anti-Rutting Asphalt Additive BEIJING ZHONGTIAN ROAD-TECH CO ., LTD." 2–4.

Yilou, Zhang, and Li Ning. 2020. "Research on Applicability of Anti-Rutting Agent Ly to Different Asphalt Mixtures." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 587(1). doi:10.1088/1755-1315/587/1/012029.