

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan penyertaan yang telah diberikan-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Tugas Akhir dengan judul “PENGARUH PENAMBAHAN *ANTI-STRIPPING AGENT* PADA KETAHANAN CAMPURAN ASPAL HANGAT TERHADAP KERETAKAN AKIBAT EFEK PERENDAMAN AIR (*MOISTURE EFFECT*)” ini ditujukan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Universitas Pelita Harapan.

Laporan skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dari bulan Maret 2021 hingga Mei 2021. Skripsi merupakan persyaratan terakhir bagi mahasiswa yang wajib ditempuh sesuai dengan kurikulum Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pelita Harapan. Skripsi ini juga bermanfaat bagi penulis untuk lebih mengenal *anti-stripping* pada aspal hangat campuran beton aspal (AC-WC).

Dalam penyusunan laporan skripsi ini, penulis mendapat bimbingan, dukungan, dan doa dari banyak pihak. Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan bisa diselesaikan dengan baik dan tepat waktu tanpa kehadiran mereka. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu menyertai, menuntun, dan mendukung kehidupan penulis, khususnya pada masa perkuliahan dari awal hingga penulisan skripsi ini selesai.
2. Orang tua dan kakak penulis, yang selalu mendoakan serta mendukung penulis terlebih sejak duduk di bangku perkuliahan.
3. Bapak Christian Gerald Daniel, S.T., M.Sc selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan masukan serta arahan selama penulisan skripsi ini.
4. Ibu Sunie Rahardja, M.S.C.E., selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah mengajarkan serta selalu memberikan saran-saran kepada penulis.
5. Bapak Sadvent M. Purba, S.T., M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah membimbing dan membantu dalam kelancaran studi penulis.

6. Bapak Dr.-Ing. Jack Widjajakusuma, selaku dosen pembimbing akademik 2016 yang telah membimbing dan mengarahkan penulis selama perkuliahan.
7. Bapak Eric Jobiliong, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
8. Ibu Dr. Nuri Arum Anugrahati, selaku Wakil Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
9. Bapak Laurence, M.T., selaku Direktur Administrasi dan Kemahasiswaan Fakultas Sains dan Teknologi.
10. Prof. Dr. Manlian Ronald A. Simanjuntak, D.Min, Prof. Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, M.T., Minawaty Tanudjaja, M.T, Johannes T. A. Gerung, M.Agr., Christian Gerald Daniel, S.T., M.Sc, Gino Pranata Ng, S.T., M.Sc, selaku dosen yang menuntun penulis selama masa perkuliahan dalam bidang ilmu yang diajarkan.
11. Para dosen dan asisten dosen yang telah mengajar penulis selama perkuliahan sehingga menambah wawasan mengenai Teknik Sipil secara menyeluruh.
12. Bapak Yusuf, Bapak Pana Hutapea, dan Bapak Stefanus selaku para laboran yang telah sabar mengajarkan, membimbing serta mengarahkan dalam melakukan prosedur pengujian laboratorium sejak awal perkuliahan hingga Tugas Akhir.
13. Miranda Nadya Alisya Patty, Luciana Pricilia, El Grace Purnama Rosaulina Manihuruk, sebagai teman dekat yang selalu mendukung dan menjadi tempat berkeluh kesah penulis sejak awal perkuliahan hingga Tugas Akhir ini.
14. Metta Katharina dan Salsabila Naifah Andini sebagai teman seperjuangan skripsi yang selalu mendukung dan saling memecahkan masalah di dalam penulisan Tugas Akhir ini.
15. Ester Idha Devin Zebua, Ghevereth Shelah Sumampouw, Nur Christala Jura, Saprina Vania, dan Tiffany Salim, sebagai teman seperjuangan Teknik Sipil yang selalu mendukung satu sama lain selama perkuliahan.
16. Teman-teman angkatan 2016, senior, dan junior program studi Teknik Sipil UPH yang telah mendukung penulis selama perkuliahan.

17. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis yang telah membantu, mendukung, serta membimbing penulis.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih sangat jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka akan kritik dan saran dari pembaca yang dapat membuat laporan skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Tangerang, 30 Juli 2021

(Vemma Gustvenia Limbong)



## DAFTAR ISI

halaman

HALAMAN JUDUL.....	
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN UNGGAH TUGAS AKHIR .....	
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI .....	
PERSETUJUAN TIM PENGUJI SKRIPSI.....	
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang .....	1
1.2.Rumusan Masalah.....	4
1.3.Batasan Masalah .....	4
1.4.Tujuan Penelitian .....	5
1.5.Manfaat Penelitian .....	5
1.6.Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1.Umum .....	7
2.2.Perkerasan Jalan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> ).....	7
2.3.Material Campuran Perkerasan Jalan Lentur .....	8
2.3.1. Bitumen .....	8
2.3.2. Agregat .....	9
2.3.2.1. Agregat Kasar .....	9
2.3.2.2. Agregat Halus .....	10
2.3.2.3. Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> ).....	11
2.3.3. Bahan Tambahan ( <i>Additive</i> ).....	11
2.3.3.1. Zeolit .....	11
2.4.Jenis Campuran Aspal.....	12
2.4.1. Campuran Aspal Panas ( <i>Hot Mix Asphalt</i> ).....	12
2.4.2. Campuran Aspal Hangat ( <i>Warm Mix Asphalt</i> ).....	13
2.4.3. Campuran Aspal Dingin ( <i>Cold Mix Asphalt</i> ).....	14
2.5.Karakteristik Campuran Aspal Modifikasi .....	14
2.6.Jenis Kerusakan/ <i>Distress</i> .....	16

2.6.1. <i>Crack</i> .....	16
2.6.2. <i>Rutting</i> .....	17
2.6.3. <i>Ravelling</i> .....	18
2.6.4. <i>Moisture Damage</i> .....	19
2.6.4.1. Pengelupasan ( <i>Stripping</i> ) .....	19
2.7. <i>Anti-Stripping Agent</i> .....	23
2.7.1. Bahan <i>Anti-Stripping Wetfix-BXE</i> .....	25
2.8. Gradasi Agregat .....	25
2.9. Kadar Aspal Optimum .....	27
2.10. Volumetrik Campuran Aspal Beton .....	27
2.11. Pengujian Marshall ( <i>Marshall Test</i> ) .....	29
2.11.1. Parameter Pengujian <i>Marshall</i> .....	29
2.12. <i>Direct Tension Test (DTT)</i> .....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	35
3.1. Skematik Penelitian .....	35
3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	36
3.3. Persiapan Material .....	36
3.3.1. Aspal .....	36
3.3.2. Agregat Kasar .....	36
3.3.3. Agregat Halus .....	37
3.3.4. <i>Filler</i> .....	37
3.3.5. Zeolit .....	37
3.3.6. <i>Anti-Stripping Agent</i> .....	38
3.4. Peralatan .....	38
3.4.1. Timbangan .....	38
3.4.2. Oven .....	39
3.4.3. Ayakan dan Mesin Ayakan .....	39
3.4.4. <i>Los Angeles</i> untuk menghaluskan zeolit .....	40
3.4.5. Alat Kompaksi Otomatis / <i>Automatic Asphalt Compactor</i> ....	40
3.4.6. Bak Perendam / <i>Waterbath</i> .....	41
3.4.7. <i>Ring</i> Benda Uji DTT .....	41
3.4.8. <i>Silicone</i> Cetakan Benda Uji DTT .....	41
3.4.9. <i>Freezer</i> .....	42
3.4.10. <i>Hydraulic Pump</i> .....	42
3.4.11. Alat uji <i>Marshall</i> .....	42
3.4.12. <i>Universal Testing Machine (UTM)</i> .....	43
3.5. Pengujian Karakteristik Material untuk Campuran Aspal .....	44
3.5.1. Agregat Kasar .....	44
3.5.2. Agregat Halus dan <i>Filler</i> .....	44

3.5.3. Aspal.....	46
3.5.4. <i>Anti-stripping Wetfix-BXE</i> .....	48
3.6. <i>Marshall Test</i> .....	48
3.6.1. Pembuatan Benda Uji <i>Marshall</i> .....	48
3.6.2. Pengujian Nilai-Nilai Rongga Benda Uji.....	48
3.6.3. Pengujian <i>Marshall</i> .....	49
3.6.4. Pembuatan Benda Uji DTT .....	49
3.6.5. Pengujian Benda Uji DTT .....	50
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	51
4.1. Pendahuluan.....	51
4.2. Hasil dan Analisa Pengujian Karakteristik Material.....	51
4.2.1. Agregat Kasar .....	51
4.2.2. Agregat Halus dan <i>Filler</i> .....	52
4.2.3. Zeolit .....	54
4.2.4. <i>Anti-stripping Wetfix BXE</i> .....	54
4.2.5. Aspal.....	55
4.3. Perhitungan Desain Campuran Benda Uji <i>Marshall</i> .....	56
4.4. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dalam Campuran Aspal Hangat .....	57
4.4.1. Analisa Hasil Uji <i>Marshall</i> dalam Campuran Aspal Hangat .....	58
4.5. Hasil Pengujian <i>Direct Tension</i> .....	63
4.5.1. Benda Uji DTT Terendam.....	64
4.5.2. Benda Uji DTT Tidak Terendam .....	66
4.5.3. Perbandingan Benda Uji Terendam dan Tidak Terendam .....	70
4.5.4. Rasio Benda Uji Terendam dan Tidak Terendam .....	71
4.6. Analisis Hasil Pengujian <i>Direct Tension</i> .....	73
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
5.1. Umum .....	75
5.2. Kesimpulan .....	75
5.3. Saran .....	76

DAFTAR PUSTAKA

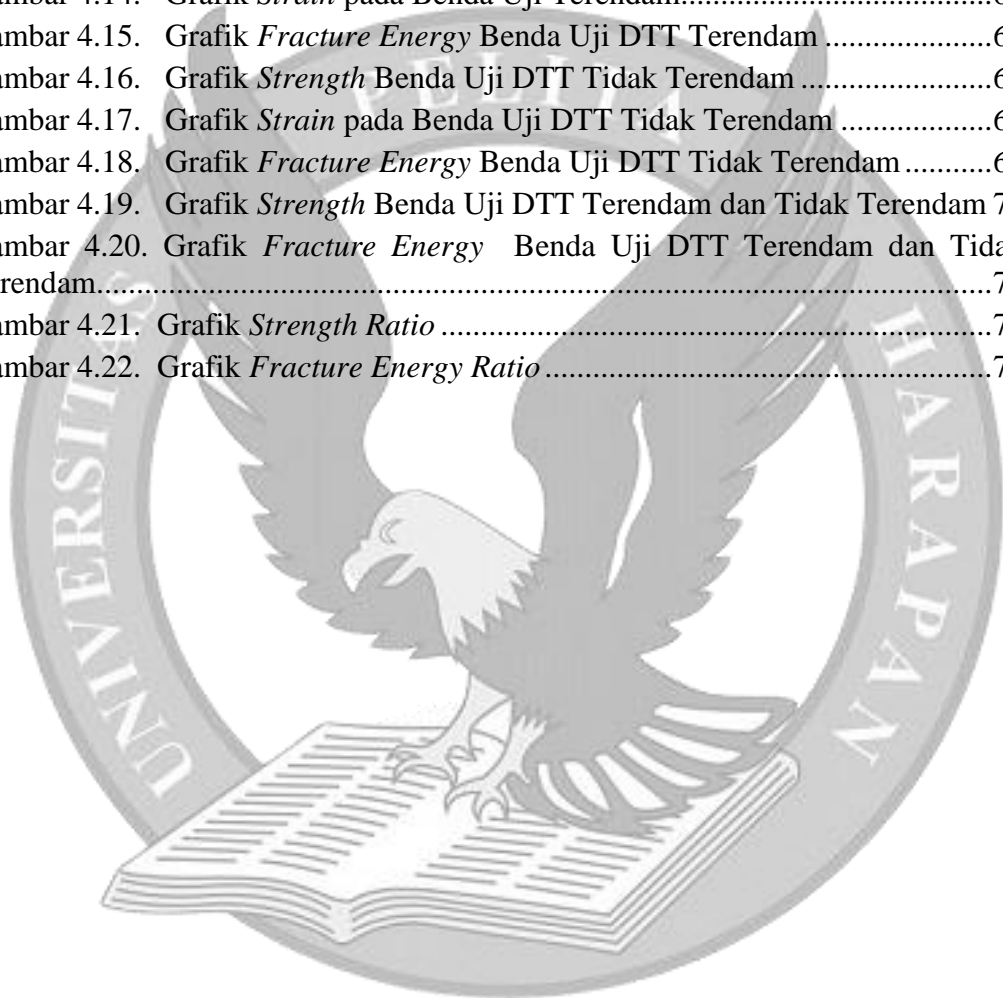
LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

halaman

Gambar 1.1.	Agregat yang telah mengalami <i>stripping</i> .....	2
Gambar 2.1.	Struktur Perkerasan Lentur.....	8
Gambar 2.2.	<i>Thermal Cracking</i> .....	17
Gambar 2.3.	Sketsa rutting dalam <i>flexible pavement</i> .....	18
Gambar 2.4.	<i>Ravelling</i> .....	19
Gambar 2.5.	Struktur Rantai Hidrokarbon Panjang dan Gugus Amine .....	24
Gambar 2.6.	Skematik Volume Campuran Beton Aspal .....	27
Gambar 2.7.	Bentuk spesimen .....	33
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian .....	35
Gambar 3.2.	Aspal Pen 60/70 .....	36
Gambar 3.3.	Semen Portland sebagai Filler.....	37
Gambar 3.4.	Zeolit .....	38
Gambar 3.5.	<i>Anti-Stripping Agent Wetfix-BXE</i> .....	38
Gambar 3.6.	Timbangan Ketelitian 0,001 gram dan 0,1 gram.....	39
Gambar 3.7.	Oven .....	39
Gambar 3.8.	Ayakan dan Mesin Ayakan (ilustrasi).....	40
Gambar 3.9.	Los Angeles.....	40
Gambar 3.10.	Alat Kompaksi Otomatis.....	41
Gambar 3.11.	<i>Ring</i> Benda Uji DTT .....	41
Gambar 3.12.	<i>Silicone</i> Cetakan Benda Uji DTT.....	42
Gambar 3.13.	<i>Hydraulic pump</i> .....	42
Gambar 3.14.	Alat Marshall.....	43
Gambar 3.15.	Pengujian DTT dengan UTM.....	43
Gambar 3.16.	Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar .....	44
Gambar 3.17.	Agregat Halus dalam kondisi SSD.....	45
Gambar 3.18.	Pengujian Kadar Lumpur dengan gelas ukur .....	45
Gambar 3.19.	Pengujian Berat Jenis <i>Filler</i> .....	46
Gambar 3.20.	Pemeriksaan Penetrasi Bitumen .....	46
Gambar 3.21.	Pemeriksaan Berat Jenis Aspal .....	47
Gambar 3.22.	Pengujian Titik Lembek Bitumen .....	47
Gambar 3.23.	Pencampuran zeolit ke dalam aspal .....	49
Gambar 3.24.	Pengujian DTT .....	50
Gambar 4.1.	Gradasi Rata-Rata Agregat Kasar .....	52
Gambar 4.2.	Grafik Gradasi Rata-rata Agregat Halus .....	53
Gambar 4.3.	Grafik Titik Nyala <i>Anti-Stripping Agent</i> .....	54
Gambar 4.4.	Grafik Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal.....	55
Gambar 4.5.	Grafik Titik Lembek Aspal .....	56

Gambar 4.6.	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Density</i> .....	59
Gambar 4.7.	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM .....	59
Gambar 4.8.	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA.....	60
Gambar 4.9.	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFA .....	61
Gambar 4.10.	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas .....	61
Gambar 4.11.	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Flow</i> .....	62
Gambar 4.12.	Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan MQ.....	63
Gambar 4.13.	Grafik <i>Strength</i> Benda Uji DTT Terendam.....	64
Gambar 4.14.	Grafik <i>Strain</i> pada Benda Uji Terendam.....	65
Gambar 4.15.	Grafik <i>Fracture Energy</i> Benda Uji DTT Terendam .....	66
Gambar 4.16.	Grafik <i>Strength</i> Benda Uji DTT Tidak Terendam .....	67
Gambar 4.17.	Grafik <i>Strain</i> pada Benda Uji DTT Tidak Terendam .....	68
Gambar 4.18.	Grafik <i>Fracture Energy</i> Benda Uji DTT Tidak Terendam .....	69
Gambar 4.19.	Grafik <i>Strength</i> Benda Uji DTT Terendam dan Tidak Terendam	70
Gambar 4.20.	Grafik <i>Fracture Energy</i> Benda Uji DTT Terendam dan Tidak Terendam.....	71
Gambar 4.21.	Grafik <i>Strength Ratio</i> .....	72
Gambar 4.22.	Grafik <i>Fracture Energy Ratio</i> .....	72

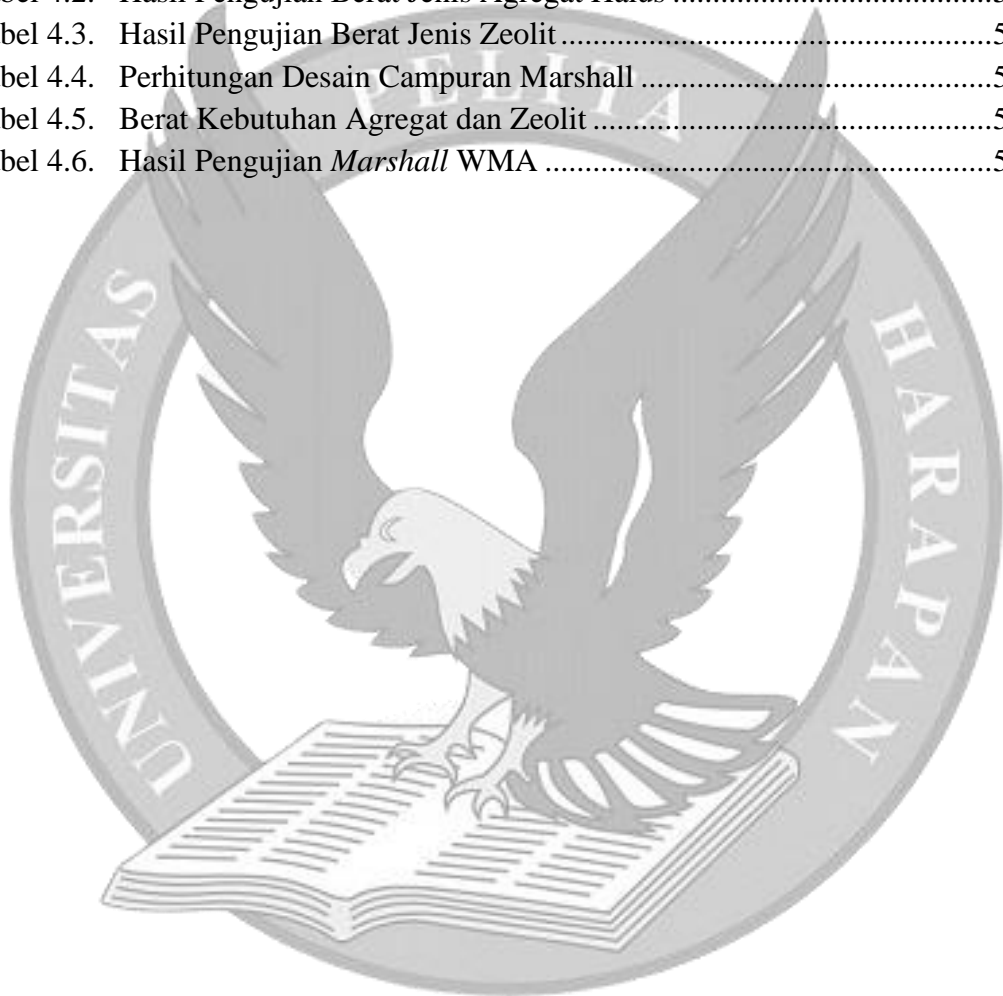




## DAFTAR TABEL

halaman

Tabel 2.1.	Ketentuan Agregat Halus .....	10
Tabel 2.2.	Ketentuan untuk Aspal Keras .....	13
Tabel 2.3.	Ketentuan Bahan <i>Anti-Stripping</i> .....	24
Tabel 2.4.	Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal .....	26
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar .....	51
Tabel 4.2.	Hasil Pengujian Berat Jenis Agregat Halus .....	52
Tabel 4.3.	Hasil Pengujian Berat Jenis Zeolit .....	54
Tabel 4.4.	Perhitungan Desain Campuran Marshall .....	56
Tabel 4.5.	Berat Kebutuhan Agregat dan Zeolit .....	57
Tabel 4.6.	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> WMA .....	58



## DAFTAR LAMPIRAN

halaman

Lampiran A	
Perhitungan <i>Mix Design Marshall</i> dan Benda Uji <i>Direct Tension Test</i> .....	A-1
Perhitungan <i>Mix Design Marshall</i> dan Benda Uji <i>Direct Tension Test</i> .....	A-2
Perhitungan <i>Mix Design Marshall</i> dan Benda Uji <i>Direct Tension Test</i> .....	A-3
Perhitungan <i>Mix Design Marshall</i> dan Benda Uji <i>Direct Tension Test</i> .....	A-4
Lampiran B	
Perhitungan Volumetrik Campuran Aspal Beton .....	B-1
Perhitungan Volumetrik Campuran Aspal Beton .....	B-2
Perhitungan Volumetrik Campuran Aspal Beton .....	B-3
Lampiran C	
Hasil Pengujian Karakteristik Material .....	C-1
Hasil Pengujian Karakteristik Material .....	C-2

