ANALISIS PENGGUNAAN KARET PRAVULKANISASI DALAM CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)*

TESIS

Karya Tulis Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Magister Teknik

Oleh:

EVAN
NIM D2071231002
(Program Studi Magister Teknik Sipil)

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
2026

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Evan

NIM : D2071231002

Program Studi : Teknik Sipil

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang berjudul **"Analisis Penggunaan Karet Pravulkanisasi Dalam Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*"** merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri. Seluruh proses penelitian, mulai dari perumusan masalah, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, hingga penulisan tesis ini dilakukan secara mandiri tanpa melakukan penjiplakan, pengambilan karya, data, maupun gagasan orang lain yang tidak dinyatakan secara jelas sebagai sumber acuan sesuai kaidah penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan dan dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh isi tesis ini merupakan hasil plagiasi atau melanggar etika akademik, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku di lingkungan perguruan tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 06 Januari 2026



Evan
NIM D2071231002

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email : ft@untan.ac.id Website : http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGGUNAAN KARET PRAVULKANISASI DALAM CAMPURAN *ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)*

Jurusan Teknik Sipil
Program Studi Magister Teknik Sipil

Oleh:

EVAN
NIM D2071231002

Telah dipertahankan di depan Penguji Tesis pada 06 Januari 2026
dan diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik

Susunan Penguji Tesis

Dosen Pembimbing Utama	: Dr. Ir. Eti Sulandari, S.T., M.T. NIP. 197107201998022001
Dosen Pembimbing Kedua	: Dr. Ir. Siti Mayuni, M.T., IPM NIP. 196805181993032002
Dosen Penguji Utama	: Dr.- Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM NIP. 196712231992031002
Dosen Penguji Kedua	: Dr. Said, S.T., M.T. NIP. 197201092005011004

Pontianak, 06 Januari 2026

Dekan,

Dr.-Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM
NIP. 196712231992031002

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Eti Sulandari, S.T., M.T.
NIP. 197107201998022001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga tesis berjudul **"Analisis Penggunaan Karet Pravulkanisasi dalam Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)*"** dapat diselesaikan. Tesis ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Magister Teknik Sipil pada Program Magister Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura.

Penulis menyadari bahwa tersusunnya tesis ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, motivasi, dan semangat tanpa henti selama penulis menempuh studi hingga penyusunan tesis ini dapat diselesaikan.
2. Ibu Dr. Ir. Eti Sulandari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing utama, atas bimbingan, arahan, ketelatenan, serta masukan yang sangat berarti selama proses penelitian dan penulisan tesis.
3. Ibu Dr. Ir. Siti Mayuni, M.T., IPM., selaku dosen pembimbing kedua, atas saran, koreksi, dan dukungan yang membantu penyempurnaan tesis ini.
4. Bapak Dr. Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM., selaku dosen penguji utama, atas kritik, saran, dan masukan yang membangun demi perbaikan kualitas tesis ini.
5. Bapak Dr. Said, S.T., M.T., selaku dosen penguji kedua, atas evaluasi, arahan, serta rekomendasi yang bermanfaat dalam penyempurnaan tesis.
6. Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, beserta jajaran pengelola program studi, atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan.
7. Seluruh dosen Program Magister Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, atas ilmu, pengalaman, dan wawasan yang telah diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Staf administrasi dan tenaga kependidikan di lingkungan Program Magister Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, atas bantuan pelayanan administrasi dan dukungan kelancaran kegiatan akademik.

9. Pihak laboratorium/teknisi laboratorium yang membantu dalam pelaksanaan pengujian dan penyediaan sarana pendukung penelitian sehingga proses penelitian dapat berjalan dengan baik.
10. Rekan-rekan mahasiswa Program Magister Teknik Sipil Universitas Tanjungpura, atas kebersamaan, diskusi, dukungan, semangat, serta masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan dan penelitian.
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyelesaian tesis ini.

Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik sipil serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya. Penulis menyadari adanya keterbatasan dalam penyusunan tesis ini, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang.

Pontianak, 06 Januari 2026

Penulis,

EVAN

NIM D2071231002

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE USE OF PRE-VULCANIZED RUBBER IN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) MIXTURES

The increasing volume and traffic load require asphalt mixtures to possess adequate stability, durability, and deformation resistance to prevent early damage. One of the efforts to improve the performance of mixtures is the use of rubber-based additives, including pre-vulcanized rubber (Vulatex). This study aims to analyze the effect of adding Vulatex to Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixtures using 60/70 penetration grade asphalt on the physical properties of asphalt, Marshall characteristics, as well as the stiffness modulus of bitumen (Sbit) and mixture (Smix), while also determining the most optimal Vulatex content. The study was conducted using laboratory experimental methods with variations of Vulatex content at 0%, 1%, 3%, 5%, 7%, and 9%. The determination of the Optimum Asphalt Content (OAC) was carried out using the Marshall method, followed by the analysis of volumetric parameters and mixture performance parameters, including stability, flow, and Marshall Quotient. The bitumen stiffness modulus (Sbit) was determined using the Van der Poel approach, while the mixture stiffness modulus (Smix) was calculated using the Nottingham method based on Sbit values and mixture parameters. The results showed that the addition of Vulatex tended to increase the stiffness of both the bitumen and the mixture, as indicated by the increase in Sbit and Smix values up to a certain Vulatex content, and enhanced the mixture's resistance to immersion. However, at high Vulatex contents, the fulfillment of mixture parameters became limiting, so the 9% Vulatex variation did not meet specifications, and the OAC could not be determined. Based on the fulfillment of specifications and mixture performance (stability, flow, durability, and stiffness), the 3% Vulatex content was considered the most optimal, with an OAC of 6.30%, stability of 921.36 kg, Marshall Quotient of 291.02 kg/mm, retained stability of 94.07%, Sbit of 9 MPa, and Smix of 2455.62 MPa. Thus, Vulatex has the potential to be used as an additive in AC-WC mixtures to improve the performance of mixtures under the material and testing procedure conditions used in this study.

Keywords: AC-WC**,** *Marshall*, Vulatex, Sbit, Smix, *Van der Poel, Nottingham.*

ABSTRAK

ANALISIS PENGGUNAAN KARET PRAVULKANISASI DALAM CAMPURAN ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)

Peningkatan volume dan beban lalu lintas menuntut campuran beraspal yang memiliki stabilitas, durabilitas, serta ketahanan deformasi yang memadai guna mencegah kerusakan dini. Salah satu upaya peningkatan kinerja campuran adalah penggunaan bahan tambah berbasis karet, termasuk karet pravulkanisasi (Vulatex). Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan Vulatex pada campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC)* menggunakan aspal penetrasi 60/70 terhadap sifat fisik aspal, karakteristik *Marshall*, serta modulus kekakuan bitumen (Sbit) dan modulus kekakuan campuran (Smix), sekaligus menentukan kadar Vulatex yang paling optimal. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen laboratorium dengan variasi kadar Vulatex sebesar 0%, 1%, 3%, 5%, 7%, dan 9%. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dilakukan menggunakan metode *Marshall,* kemudian menganalisis parameter volumetrik dan parameter kinerja campuran meliputi stabilitas, *flow,* dan *Marshall Quotient.* Nilai modulus kekakuan bitumen (Sbit) ditentukan menggunakan pendekatan *Van der Poel*, sedangkan modulus kekakuan campuran (Smix) dihitung menggunakan metode *Nottingham* berdasarkan nilai Sbit dan parameter campuran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan Vulatex cenderung meningkatkan kekakuan bitumen dan campuran yang ditunjukkan oleh kenaikan nilai Sbit dan Smix hingga kadar tertentu, serta meningkatkan ketahanan campuran terhadap perendaman. Namun, pada kadar Vulatex yang tinggi, pemenuhan parameter campuran menjadi pembatas, sehingga variasi Vulatex 9% tidak memenuhi spesifikasi dan KAO tidak dapat ditentukan. Berdasarkan pemenuhan spesifikasi serta kinerja campuran (stabilitas, *flow*, durabilitas, dan kekakuan), kadar Vulatex 3% dinilai paling optimal dengan KAO 6,30%, stabilitas 921,36 kg, *Marshall Quotient* 291,02 kg/mm, stabilitas sisa 94,07%, Sbit 9 MPa, dan Smix 2455,62 MPa. Dengan demikian, Vulatex berpotensi digunakan sebagai bahan tambah pada campuran *AC-WC* untuk meningkatkan kinerja campuran pada kondisi material dan prosedur pengujian yang digunakan dalam penelitian ini.

Kata kunci: AC-WC, *Marshall*, Vulatex, Sbit, Smix, *Van der Poel*, *Nottingham*.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Batasan Masalah 4
1.5. Manfaat Penelitian 4
1.6. Hipotesis 5
1.7. Sistematika Penulisan 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1. Perkerasan Jalan 6
2.2. Bitumen (Aspal) 13
2.2.1 Aspal Alam 17
2.2.2 Aspal Minyak 17
2.2.3 Aspal Modifikasi 18
2.3. Lateks Prvulkanisasi 19
2.4. Bahan Penyusun Perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* 21
2.4.1 Agregat 21
2.4.2 Bahan Aspal 24
2.5. Pengujian *Marshall* 25
2.6. Modulus Kekakuan 27
2.6.1 Modulus Kekakuan Aspal (S_{bit}) 28
2.6.2 Modulus Kekakuan Campuran Beraspal (S_{mix}) 32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 33
3.1. Metode Penelitian 33
3.2. Lokasi Penelitian 33
3.3. Teknik Pengumpulan Data 33

3.4. Bagan Alir Penelitian (*Flow Chart*) 34
3.5. Bahan dan Peralatan 37
3.5.1 Bahan-Bahan Penelitian 37
3.5.2 Peralatan 38
3.6. Tahap-Tahap Penelitian 47
3.7. Persiapan Bahan 47
3.7.1 Bahan Aspal 48
3.7.2 Bahan Agregat 48
3.8. Pengujian Karakteristik Bahan 48
3.8.1 Pengujian Karakteristik Aspal 48
3.8.2 Pengujian Karakteristik Agregat 56
3.9. Rancangan Proporsi Agregat 63
3.10. Kadar Aspal Rencana 64
3.11. Pengujian Marshall 64
3.12. Analisis Modulus Kekakuan Bitumen *(Stiffness Bitumen)* 65
3.13. Analisis Modulus Kekakuan Campuran *(Stiffness Mixture)* 65
3.14. Pengaruh Modulus Kekakuan Bitumen terhadap Modulus Kekakuan Campuran 66
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 67
4.1 Pengujian Karakteristik Bahan 67
4.1.1 Pengujian Karakteristik Aspal 67
4.1.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar 76
4.1.3 Hasil Pengujian Agregat Halus 77
4.2 Perencanaan Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* 77
4.2.1 Perhitungan Kadar Aspal Rencana 81
4.3 Hasil dan Analisis Pengujian *Marshall* 82
4.3.1 Analisis Hasil Pengujian *Marshall* Aspal Pertamina Pen 60/70 82
4.3.1.1 Analisis Grafik dan Interpretasi Aspal Pertamina Pen 60/70 87
4.3.2 Analisis Hasil Pengujian *Marshall* Campuran Antara Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Vulatex 95

4.3.2.1 Analisis Grafik dan Interpretasi Campuran Antara Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Vulatex 103
4.4 Analisis Kadar Aspal Optimum Campuran 108
4.5 Rangkuman Nilai *Marshall Test* Campuran Kadar Aspal Optimum 114
4.5.1 Analisis Diagram dan Interpretasi Rangkuman Parameter *Marshall Test* 115
4.6 Analisis Modulus Kekakuan Aspal dan Kekakuan Campuran..... 124
4.6.1 Modulus Kekakuan Aspal *(Sbit)*..... 124
4.6.2 Modulus Kekakuan Campuran Aspal *(Smix)* 127
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 131
5.1 Kesimpulan..... 131
5.2 Saran 134
DAFTAR PUSTAKA 135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konstruksi perkerasan romawi, (Nur et al., 2021) 7
Gambar 2. 2 Struktur lapis perkerasan lentur (Saodang, 2005) 9
Gambar 2. 3 Susunan lapisan perkerasan kaku (Nur et al., 2021) 11
Gambar 2. 4 Konstruksi perkerasan komposit (Nur et al., 2021)..... 12
Gambar 2. 5 Proses Pengolahan Minyak Bumi (Sukirman, 2016) 15
Gambar 2. 6 Nomogram untuk menentukan modulus kekakuan bitumen 29
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian 36
Gambar 3. 2 Aspal Penentrasi 60/70 37
Gambar 3. 3 Karet Pravulkanisasi Vulatex 38
Gambar 4. 1 (a) Alat Penetrasi (b) Bitumen/Aspal 69
Gambar 4. 2 (a) Proses Pengujian (b) Alat cincin dan bola *(Ring and Ball Apparatus)* 69
Gambar 4. 3 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar dengan alat *Cleveland Open Cup* 70
Gambar 4. 4 (a) Sampel Bitumen/Aspal (b) Mesin Daktilitas 70
Gambar 4. 5 (a) Sampel Bitumen/Aspal (b) Uji Kehilangan Berat Aspal 71
Gambar 4. 6 Grafik Gradasi Campuran (Amplop) Untuk Perkerasan *AC-WC* 79
Gambar 4. 7 Grafik Hasil *Marshall* Test Dengan Aspal Pertamina Pen 60/70 87
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Kadar Aspal vs Stabilitas pada Perkerasan Dengan Aspal Pertamina pen 60/70 88
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Kadar Aspal vs *Flow* Pada Perkerasan Dengan Aspal Pertamina pen 60/70 89
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Kadar Aspal Vs *Marshall Quotient (MQ)* Pada Perkerasan Dengan Aspal Pertamina pen 60/70 90
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Kadar Aspal vs *Void In Mixture (VIM)* Pada Perkerasan Dengan Aspal Pertamina pen 60/70 91
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Kadar Aspal vs *Void In Mineral Aggregat (VMA)*Pada Perkerasan Dengan Aspal Pertamina pen 60/70 92
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Kadar Aspal vs *Voids Filled with Bitumen (VFB)* Pada Perkerasan Dengan Aspal Pertamina pen 60/70 93

Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Kadar Aspal vs *Density* Pada Perkerasan Dengan Aspal Pertamina pen 60/70 94
Gambar 4. 15 Diagram Batang Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Pada Perkerasan Dengan Aspal Pertamina pen 60/70 95
Gambar 4. 16 Grafik Hasil Marshall Test Dengan Campuran Aspal Vulatex 1% (W1) 103
Gambar 4. 17 Grafik Hasil *Marshall Test* Dengan Campuran Aspal Vulatex 3% (W2) 104
Gambar 4. 18 Grafik Hasil *Marshall Test* Dengan Campuran Aspal Vulatex 5% (W3) 105
Gambar 4. 19 Grafik Hasil *Marshall Test* Dengan Campuran Aspal Vulatex 7% (W4) 106
Gambar 4. 20 Grafik Hasil *Marshall Test* Dengan Campuran Aspal Vulatex 9% (W5) 107
Gambar 4. 21 Diagram Kadar Aspal Optimum (KAO) Untuk Semua Variasi Campuran 116
Gambar 4. 22 Diagram Nilai Stabilitas Untuk Semua Variasi Campuran 117
Gambar 4. 23 Diagram Nilai *Marshall Quotient (MQ)* Untuk Semua Variasi Campuran 118
Gambar 4. 24 Diagram Nilai *Void In The Mixture (VIM)* Untuk Semua Variasi Campuran 119
Gambar 4. 25 Diagram Nilai *Void In Mineral Aggregate (VMA)* Untuk Semua Variasi Campuran 120
Gambar 4. 26 Diagram Nilai *Void Filled with Bitumen (VFB)* Untuk Semua Variasi Campuran 121
Gambar 4. 27 Diagram Nilai *Flow* Untuk Semua Variasi Campuran 122
Gambar 4. 28 Diagram Nilai Stabilitas Sisa Untuk Semua Variasi Campuran 123
Gambar 4. 29 Nomogram *Van der Poel* 125
Gambar 4. 30 Diagram Batang Modulus kekakuas Aspal Dengan *Metode Van der Poel* Pada Semua Variasi Campuran Vulatex 127
Gambar 4. 31 Diagram Batang Modulus kekakuan Campuran Dengan *Metode Nottingham* Pada Semua Variasi Campuran Vulatex 129

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tebal Minimum Campuran Beraspal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020) 10

Tabel 2. 2 Ketentuan Persyaratan Karet Alam Cair (Lateks) Pravulkanisasi (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018)... 20

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Kasar (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020) 22

Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Halus (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020) 23

Tabel 2. 5 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020)... 24

Tabel 2. 6 Ketentuan Untuk Aspal Keras (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2020) 24

Tabel 3. 1 Termometer 42

Tabel 4. 1 Rangkuman Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal/Bitumen..... 72

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Kasar 76

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat Halus 77

Tabel 4. 4 Amplop Gradasi Gabungan Untuk Campuran *AC-WC*..... 78

Tabel 4. 5 Perhitungan Berat Masing–Masing Bahan Dalam Campuran 80

Tabel 4. 6 Tabel Hasil *Marshall* Test Campuran Dengan Aspal Pertamina 60/70 85

Tabel 4. 7 Tabel Hasil *Marshall Test* Campuran Aspal Pertamina 60/70 Campuran 1% Vulatex (W1)..... 96

Tabel 4. 8 Tabel Hasil *Marshall Test* Campuran Aspal Pertamina 60/70 Campuran 3% Vulatex (W2)..... 97

Tabel 4. 9 Tabel Hasil *Marshall Test* Campuran Aspal Pertamina 60/70 Campuran 5% Vulatex (W3)..... 99

Tabel 4. 10 Tabel Hasil *Marshall Test* Campuran Aspal Pertamina 60/70 Campuran 7% Vulatex (W4)..... 100

Tabel 4. 11 Tabel Hasil *Marshall Test* Campuran Aspal Pertamina 60/70 Campuran 9% Vulatex (W5)..... 101

Tabel 4. 12 Hasil Uji *Marshall* Kadar Aspal Optimum (KAO) Aspal Pen 60/70 109
Tabel 4. 13 Hasil Uji *Marshall* Kadar Aspal Optimum (KAO) Aspal Pen 60/70 Dengan Campuran Aspal Vulatex 1% 110
Tabel 4. 14 Hasil Uji *Marshall* Kadar Aspal Optimum (KAO) Aspal Pen 60/70 Dengan Campuran Aspal Vulatex 3% 111
Tabel 4. 15 Hasil Uji *Marshal*l Kadar Aspal Optimum (KAO) Aspal Pen 60/70 Dengan Campuran Aspal Vulatex 5% 112
Tabel 4. 16 Hasil Uji *Marshall* Kadar Aspal Optimum (KAO) Aspal Pen 60/70 Dengan Campuran Aspal Vulatex 7% 113
Tabel 4. 17 Rangkuman Nilai Parameter *Marshall* 114
Tabel 4. 18 Nilai Modulus Kekakuan Bitumen/Stiffness Bitumen *(Sbit)* Dengan Metode Nomogram *Van der Poel* 126
Tabel 4. 19 Modulus Kekakuan Campuran *(Smix)* Dengan Metode *Nottingham (1984)* 128

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkerasan jalan lentur merupakan bagian infrastruktur yang sangat penting dalam menunjang aktivitas sosial ekonomi masyarakat. Namun, dewasa ini, perkerasan lentur menghadapi berbagai tantangan yang semakin kompleks, terutama disebabkan oleh meningkatnya volume lalu lintas kendaraan, perubahan konfigurasi kendaraan yang sering melebihi batas muatan yang diizinkan *(overload)*, serta kondisi cuaca ekstrem yang tidak menentu. Menghadapi fenomena tersebut, inovasi material menjadi kebutuhan yang cukup penting dalam rekayasa perkerasan jalan lentur. Salah satu inovasi yang sedang dikembangkan adalah penggunaan bahan modifikasi berupa karet pravulkanisasi dalam campuran aspal. Karet pravulkanisasi merupakan hasil pengolahan lateks karet alam yang telah melalui proses vulkanisasi parsial, di mana molekul karet mengalami ikatan silang awal menggunakan agen vulkanisasi seperti sulfur. Proses ini memberikan karet karakteristik unggul berupa elastisitas tinggi dan stabilitas termal yang lebih baik, sehingga lebih tahan terhadap deformasi permanen yang disebabkan oleh beban dari kendaraan.

Menurut (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018) tentang Spesifikasi Khusus Interim Aspal Karet Pra-Campur (SKh-1.6.26), Karet alam cair (lateks) pravulkanisasi merupakan hasil pencampuran lateks pekat KKK-60 dengan bahan kimia vulkanisasi. Lateks pekat KKK-60 adalah lateks yang dipekatkan dengan konsentrasi minimum 60% berat karet kering yang distabilkan dengan amonia dan bahan kimia lain. Proses pembuatan karet pravulkanisasi dimulai dengan pengumpulan lateks diambil dari pohon karet. Selanjutnya, lateks tersebut mengalami proses pemekatan, yaitu diperkaya dengan bahan kimia dan dipanaskan secara rendah dan lembut dalam proses pravulkanisasi. Setelah itu, lateks dipekatkan hingga mencapai konsentrasi minimum 60% berat karet kering (KKK-60) dengan penambahan amonia dan bahan kimia lain. Pada tahap berikutnya, lateks pekat dicampur dengan bahan kimia vulkanisasi untuk mempersiapkan lateks pravulkanisasi.

Terakhir, lateks pravulkanisasi yang telah siap dapat langsung digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk karet, seperti aspal karet, atau dapat dipolimerisasi lebih lanjut. Proses ini menjadikan karet pravulkanisasi memiliki kualitas yang unggul dan stabil, sesuai kebutuhan aplikasi teknis di lapangan. Menurut (Nasution et al., 2024), aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan Lateks KKK60 Pravulkanisasi, menunjukkan peningkatan terhadap sifat-sifat fisis aspal berdasarkan pengujian penetrasi dan titik lembek yaitu mampu menurunkan nilai penetrasi dan meningkatkan nilai titik lembek aspal.

Berdasarkan studi literatur tentang penelitian aspal karet yang menggunakan jenis karet pravulkanisasi diantaranya seperti yang dilakukan oleh (Nasution et al., 2024) dan (Prastanto et al., 2018), dalam penelitian terdahulu ini menunjukkan bahwa penambahan karet pravulkanisasi mampu meningkatkan sifat aspal dan memperbaiki beberapa sifat fisik campuran beraspal. Namun demikian, studi-studi tersebut masih terbatas pada evaluasi karakteristik fisik dan uji *Marshall* standar tanpa mengeksplorasi secara mendalam terkait karakteristik campuran beraspal yang lain seperti, modulus kekakuan bitumen *(Stiffness Bitumen)* dan modulus kekakuan campuran *(Stiffness Mixture)*. Kedua parameter ini merupakan indikator penting dalam mengevaluasi respons material terhadap beban lalu lintas serta perubahan suhu lingkungan. Menurut (Adibroto & Siswosoebrotho, 2010), modulus kekakuan didefinisikan sebagai perbandingan antara tegangan dan regangan pada kondisi temperatur serta waktu pembebanan tertentu, dan nilainya sangat menentukan kemampuan campuran untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Modulus kekakuan aspal dapat diperkirakan dengan menggunakan nomogram *Van der Poel*. Input parameter yang digunakan untuk memperkirakan modulus kekakuan aspal dengan menggunakan nomogram ini adalah temperatur (T), titik lembek (SPr) dari ring and ball test, waktu pembebanan (t), dan indeks penetrasi (PIr) yang merupakan ukuran dari temperatur (Faroz, 2017). Metode untuk menetapkan kekakuan *(stiffness)* campuran aspal yang terbaik adalah dengan menggunakan tes laboratorium yang sesuai, tetapi jika hal ini tidak memungkinkan dapat menggunakan beberapa pendekatan seperti menggunakan nomogram ataupun formula dalam penelitian ini digunakan metode *Nottingham*. Oleh karena itu, terdapat celah penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut terkait dengan pengaruh karet

pravulkanisasi terhadap karakteristik bitumen, karakteristik campuran beraspal, modulus kekakuan bitumen dan modulus kekakuan campuran dengan jenis perkerasan *Hotmix* atau campuran aspal panas *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC).*

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, rumusan masalah yang dapat diambil pada penelitian ini adalah bagaimana karakteristik campuran, dan campuran yang paling optimal dengan uji *Marshall* pada aspal pen 60/70 yang kemudian dicampur dan divariasikan dengan karet pravulkanisasi terhadap campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC).*

Perumusan masalah dari penelitian:

1. Bagaimana pengaruh penambahan karet pravulkanisasi terhadap sifat aspal penetrasi 60/70?
2. Bagaimana pengaruh penambahan karet pravulkanisasi terhadap modulus kekakuan aspal *(Stiffness bitumen)?*
3. Bagaimana pengaruh penambahan karet pravulkanisasi terhadap modulus kekakuan campuran beraspal *(Stiffness mixture)?*
4. Bagaimana pengaruh penambahan karet pravulkanisasi terhadap karakteristik campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)?*
5. Berapa proporsi optimal karet pravulkanisasi yang harus ditambahkan dalam campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC)* untuk memperoleh kinerja terbaik?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penilitan ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis pengaruh karet pravulkanisasi terhadap sifat aspal penetrasi 60/70.
2. Menganalisis pengaruh karet pravulkanisasi terhadap modulus kekakuan aspal *(Stiffness bitumen)*
3. Menganalisis pengaruh karet pravulkanisasi terhadap modulus kekakuan campuran beraspal *(Stiffness mixture)*
4. Menganalisis pengaruh karet pravulkanisasi terhadap karakteristik campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC).*

5. Menganalisis Proporsi Optimal Karet Pravulkanisasi dalam Campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC).*

1.4. Batasan Masalah

Agar dalam penulisan ini lebih terarah dan tidak terlalu luas untuk dibahas, maka dibuat pembatasan masalah pada hal-hal berikut :

1. Karet pravulkanisasi yang dipakai adalah merk Vulatex yaitu merupakan produk inovasi dari Pusat Penelitian Karet Puslitbang Jalan dan Jembatan PT. Mastik Utama Sarana
2. Bahan agregat halus dan agregat kasar yang digunakan berasal dari Peniraman.
3. Tidak menganalisis kandungan (kimia) didalam aspal pen 60/70 dan karet pravulkanisasi.
4. Pengujian yang dilakukan hanya terbatas pada karakteristik fisik campuran aspal dan tidak mencakup uji ketahanan jangka panjang.
5. Variasi kadar karet pravulkanisasi yang digunakan hanya dalam rentang tertentu yang telah ditentukan.
6. Penelitian ini tidak mempertimbangkan aspek ekonomi atau analisis biaya dalam penggunaan karet pravulkanisasi pada campuran aspal.
7. Ketentuan teknis penelitian ini mengacu pada Surat Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Jalan Dan Jembatan (Revisi 2).

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan, dengan mengeksplorasi penggunaan karet pravulkanisasi dalam campuran perkerasan jalan jenis *Asphalt Concrete – Wearing Course (AC-WC).* Selain itu, penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi proporsi karet pravulkanisasi dalam campuran AC-WC, yang berpotensi menjadi bahan rujukan untuk penelitian lanjutan di bidang perkerasan jalan.
2. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan konstruksi jalan yang lebih tahan lama dan berkualitas tinggi, sehingga membuat kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan akan meningkat.

1.6. Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Karet pravulkanisasi (Vulatex) dapat meningkatkan karakteristik bitumen/aspal
2. Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)* yang mengandung karet pravulkanisasi dapat meningkatkan kinerja karakteristik campuran aspal

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dimaksudkan untuk membagi inti dari isi penulisan dalam beberapa bab, penjelasan dari masing-masing bab adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang teori-teori yang melandasi penulisan tentang material campuran aspal dan teori yang akan digunakan pada penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan metode atau tata cara pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan analisa hasil pelaksanaan dan penelitian dilaboratorium serta pengerjaan untuk mendapatkan karakteristik dari benda uji.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan, serta saran-saran dari peneliti yang mungkin dapat dilakukan atau diterapkan oleh penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi tentang buku–buku atau referensi yang digunakan dalam penulisan.

LAMPIRAN

Berisi data–data pendukung dan gambar–gambar yang berfungsi sebagai pelengkap dalam penulisan.