



ANALISIS NILAI KADAR ASPAL OPTIMUM DALAM PENGUNAAN GETAH DAMAR (*AGATHIS DAMMARA*) SEBAGAI SUBSTITUSI TERHADAP CAMPURAN ASPAL AC-WC

¹Muhammad Nazib Tuhulele, ²Juliet G. Metekohy, ³S. G. M. Amaheka

^{1,2,3}Progran Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Nazibtuhulele8@gmail.com¹, Julietmetekohy@gmail.com², amahekasammy@gmail.com³

ARTICLE HISTORY

Received:

April 30, 2026

Revised

June 1, 2026

Accepted:

June 03, 2026

Online available:

June 27, 2026

Keywords:

AC-WC mixture; damar resin;

Marshall characteristics; optimum

asphalt content; volumetric stability.

*Correspondence:

Name: Muhammad Nazib Tuhulele

E-mail: Nazibtuhulele8@gmail.com

Kantor Editorial

Politeknik Negeri Ambon

Pusat Penelitian dan Pengabdian

Masyarakat

Jalan Ir. M. Putuhena, Wailela-

Rumahtiga, Ambon Maluku,

Indonesia

ABSTRACT

*The performance of Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) mixtures is influenced not only by mechanical strength but also by volumetric stability. The utilization of locally available natural materials as asphalt modifiers has attracted increasing attention due to sustainability considerations and the need to reduce dependence on petroleum-based resources. Damar resin (*Agathis dammara*), which is widely available in Indonesia and possesses adhesive and thermoplastic characteristics, has the potential to be used as a partial asphalt substitute. However, its influence on the volumetric performance of AC-WC mixtures remains insufficiently understood. This study aimed to evaluate the effect of 4% damar resin substitution on the Marshall characteristics of AC-WC mixtures and to determine the asphalt content range that satisfies the Marshall design criteria. An experimental approach based on the Marshall method was employed by testing asphalt contents ranging from 5.0% to 7.0%. The evaluated parameters included stability, flow, voids in mix (VIM), voids in mineral aggregate (VMA), and voids filled with bitumen (VFB) in accordance with the 2018 General Specifications for Road and Bridge Construction issued by the Directorate General of Highways (Bina Marga). The results indicate that conventional AC-WC mixtures satisfied all Marshall specification requirements within the asphalt content range of 6.0%–7.0%. The addition of 4% damar resin increased Marshall stability, with the highest stability value reaching 1344.01 kg. Nevertheless, deviations in VIM and VFB were observed at several asphalt contents, indicating an imbalance in the internal void structure of the mixture. These findings reveal that although damar resin can improve mechanical performance, it does not necessarily enhance the overall quality of AC-WC mixtures due to its adverse effects on volumetric stability. Therefore, volumetric parameters should be considered critical indicators in evaluating the feasibility and long-term performance of damar-modified asphalt mixtures.*

Keywords: AC-WC mixture; damar resin; Marshall characteristics; optimum asphalt content; volumetric stability.

1. PENDAHULUAN

Perkerasan jalan merupakan komponen utama dalam sistem transportasi darat yang berperan penting

dalam menjamin konektivitas wilayah, mendukung distribusi barang dan jasa, serta mendorong pertumbuhan ekonomi. Namun demikian, kinerja



perkerasan jalan di Indonesia masih menghadapi berbagai permasalahan, seperti kerusakan dini akibat beban lalu lintas berulang, kondisi iklim tropis, serta keterbatasan kualitas material penyusun campuran beraspal. Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan material alternatif yang tidak hanya mampu meningkatkan kinerja perkerasan, tetapi juga mendukung pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan.

Aspal merupakan bahan pengikat utama dalam perkerasan lentur yang berfungsi memberikan kohesi antar agregat serta menentukan karakteristik mekanik dan durabilitas campuran. Akan tetapi, ketergantungan terhadap aspal berbasis minyak bumi serta meningkatnya kebutuhan akan material yang lebih ramah lingkungan mendorong berbagai upaya modifikasi aspal melalui penggunaan bahan alami maupun limbah industri. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan substitusi seperti fly ash, limbah plastik, serbuk karet, dan bahan polimer lainnya dapat mempengaruhi karakteristik Marshall campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC), baik dari aspek stabilitas, kelelahan (*flow*), maupun parameter volumetrik campuran.

Salah satu material alami yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan modifikasi aspal adalah getah damar (*Agathis dammara*). Getah damar merupakan hasil hutan bukan kayu yang banyak ditemukan di wilayah Maluku dan beberapa daerah lain di Indonesia. Material ini memiliki sifat adhesif yang baik, viskositas relatif tinggi, serta karakter termoplastis yang memungkinkan penggunaannya sebagai bahan pengikat dalam campuran beraspal. Karakteristik tersebut menjadikan getah damar berpotensi meningkatkan daya ikat antara agregat dan aspal sehingga dapat mempengaruhi kinerja campuran perkerasan jalan. Namun demikian, perbedaan sifat fisik dan kimia antara getah damar dan aspal konvensional berpotensi memengaruhi karakteristik mekanik maupun volumetrik campuran, sehingga diperlukan evaluasi lebih lanjut terhadap kesesuaiannya dengan spesifikasi teknis yang berlaku.

Penelitian mengenai pemanfaatan getah damar sebagai bahan modifikasi aspal telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Rusadi dkk. (2017) melaporkan bahwa penggunaan getah damar yang dikombinasikan dengan fly ash dan minyak goreng mampu meningkatkan karakteristik material daspal sebagai alternatif bahan pengikat. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Agustiar (2018) pada campuran *Asphalt Concrete–Binder Course* (AC-BC) dengan penggunaan getah damar sebagai bahan substitusi aspal. Selain itu, Nasution (2015) menunjukkan bahwa

damar aspal memiliki potensi sebagai alternatif bahan pengikat pada konstruksi perkerasan jalan. Munawarah dkk. (2022) juga menemukan bahwa substitusi getah damar pada aspal Pen 60/70 memberikan pengaruh terhadap karakteristik Marshall campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC).

Selain penelitian yang menggunakan getah damar, berbagai penelitian lain juga telah mengkaji penggunaan bahan substitusi pada campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC). Hidayat dkk. (2022) melaporkan bahwa penggunaan gondorukem sebagai bahan tambah dapat mempengaruhi karakteristik Marshall campuran AC-WC. Victoria dkk. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan abu sekam padi sebagai bahan pengganti filler memberikan pengaruh terhadap parameter Marshall campuran. Putra dkk. (2023) menemukan bahwa penambahan serbuk ban kendaraan dapat meningkatkan karakteristik mekanik campuran AC-WC, sedangkan Rohma dkk. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan Asbuton sebagai bahan modifikasi mempengaruhi nilai karakteristik Marshall dan kadar aspal optimum campuran. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan material alternatif memiliki potensi dalam meningkatkan kinerja perkerasan jalan, namun karakteristik masing-masing material perlu dievaluasi secara spesifik sesuai sifat dan perilakunya dalam campuran beraspal.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada lapisan *Asphalt Concrete–Binder Course* (AC-BC) atau lebih menekankan pada peningkatan parameter mekanik tertentu, khususnya stabilitas Marshall. Kajian yang secara khusus mengevaluasi penggunaan getah damar pada lapisan *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC) masih relatif terbatas. Padahal, lapisan AC-WC merupakan lapisan yang secara langsung menerima beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan sehingga memerlukan karakteristik campuran yang memenuhi seluruh persyaratan teknis.

Selain itu, penelitian terdahulu umumnya belum memberikan perhatian yang memadai terhadap keterkaitan antara peningkatan parameter mekanik dan pemenuhan parameter volumetrik campuran. Dalam praktik perencanaan perkerasan, keberhasilan suatu material modifikasi tidak hanya ditentukan oleh tingginya nilai stabilitas, tetapi juga oleh kemampuannya memenuhi persyaratan *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled with Bitumen* (VFB) sebagaimana ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang tidak hanya mengevaluasi potensi peningkatan kinerja akibat



penggunaan getah damar, tetapi juga menilai kesesuaian campuran terhadap seluruh parameter desain yang dipersyaratkan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) serta mengevaluasi pengaruh substitusi getah damar sebesar 4% terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC. Evaluasi dilakukan terhadap parameter stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), dan *Void Filled with Bitumen* (VFB) berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan material alternatif berbasis sumber daya lokal serta menjadi referensi dalam pemanfaatan getah damar sebagai bahan modifikasi aspal pada konstruksi perkerasan jalan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Dasar Perkerasan Lentur dan Campuran AC-WC

Perkerasan lentur merupakan sistem struktur berlapis yang terdiri dari agregat dan bahan pengikat (aspal) yang berfungsi untuk menerima serta mendistribusikan beban lalu lintas ke tanah dasar. Kinerja perkerasan sangat dipengaruhi oleh interaksi antar lapisan serta kualitas material penyusunnya. Lapisan *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC) merupakan lapisan permukaan yang secara langsung menerima beban lalu lintas dan paparan lingkungan, sehingga harus memenuhi persyaratan kekuatan, stabilitas, serta ketahanan terhadap deformasi dan keausan.

Secara teknis, campuran AC-WC dirancang berdasarkan prinsip keseimbangan antara kekuatan struktural dan karakteristik volumetrik. Parameter utama yang digunakan mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga (2018), yaitu:

- *Stabilitas Marshall* ≥ 800 kg
- *Flow*: 2–4 mm
- *Void in Mix* (VIM): 3–5%
- *Void in Mineral Aggregate* (VMA): $\geq 15\%$
- *Void Filled with Bitumen* (VFB): $\geq 65\%$

Parameter-parameter ini menjadi batasan teknis (*engineering limits*) yang menentukan apakah suatu campuran layak digunakan atau tidak.

2.2 Prinsip Desain Campuran Aspal Metode Marshall

Metode Marshall merupakan pendekatan eksperimental yang digunakan untuk menentukan karakteristik campuran beraspal melalui pengujian stabilitas dan kelelahan (*flow*). Prinsip utama metode

ini adalah menemukan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang mampu menghasilkan campuran dengan performa terbaik berdasarkan parameter mekanik dan volumetrik.

Penentuan KAO dilakukan dengan pendekatan grafik dari beberapa hubungan berikut:

- Kadar aspal terhadap stabilitas
- Kadar aspal terhadap *flow*
- Kadar aspal terhadap VIM
- Kadar aspal terhadap VMA
- Kadar aspal terhadap VFB

Secara teknis, KAO ditentukan sebagai nilai kadar aspal yang memenuhi seluruh kriteria spesifikasi secara simultan, bukan hanya berdasarkan satu parameter saja. Hal ini penting karena dalam desain perkerasan, kegagalan satu parameter (misalnya VIM terlalu tinggi) dapat menyebabkan kerusakan dini seperti retak atau *ravelling*.

Dengan demikian, metode Marshall tidak hanya bersifat empiris, tetapi juga merupakan pendekatan sintesis antara parameter mekanisbaiknya k dan volumetrik dalam menentukan kinerja campuran.

2.3 Karakteristik Material Penyusun Campuran

2.3.1 Aspal Penetrasi 60/70

Aspal penetrasi 60/70 merupakan jenis aspal keras yang umum digunakan pada konstruksi jalan di Indonesia. Aspal ini memiliki sifat viskoelastis, yaitu mampu berperilaku elastis pada suhu rendah dan plastis pada suhu tinggi. Karakteristik utama yang mempengaruhi kinerja campuran meliputi:

- Adhesi (daya ikat terhadap agregat)
- Kohesi (daya ikat internal antar partikel aspal)
- Viskositas (kekentalan)
- Sensitivitas terhadap temperatur

Dalam spesifikasi teknis, aspal 60/70 harus memenuhi parameter seperti penetrasi 60–70 (0,1 mm), titik lembek $\geq 48^\circ\text{C}$, dan daktilitas ≥ 100 cm.

2.3.2 Agregat dan Filler

Agregat merupakan komponen utama dalam campuran beraspal (± 90 –95% berat total campuran), sehingga sangat menentukan kekuatan struktural. Agregat harus memenuhi kriteria:

- Keras dan tahan aus
- Bersih dari material lempung
- Memiliki gradasi yang baik

Sementara itu, *filler* (material lolos ayakan No.200) berfungsi mengisi rongga antar agregat dan meningkatkan stabilitas campuran. Proporsi *filler*



umumnya berkisar antara 1–3% dari berat agregat sesuai spesifikasi Bina Marga 2018

2.4 Getah Damar sebagai Material Substitusi Aspal

Getah damar (*Agathis dammara*) merupakan resin alami yang memiliki potensi sebagai bahan substitusi aspal. Secara kimia, damar mengandung senyawa resin dan terpen yang memberikan sifat adhesif dan termoplastis. Secara fisik, damar bersifat keras pada suhu ruang, namun mencair saat dipanaskan pada suhu tertentu ($\pm 120^{\circ}\text{C}$), sehingga memungkinkan untuk digunakan dalam campuran beraspal.

Dalam konteks teknik perkerasan, penggunaan damar sebagai substitusi aspal harus dievaluasi berdasarkan pengaruhnya terhadap:

- Stabilitas campuran (ketahanan terhadap beban)
- Karakteristik volumetrik (VIM, VMA, VFB)
- *Workability* dan proses pemadatan

Namun demikian, sifat damar yang cenderung rapuh dan sensitif terhadap suhu berpotensi menyebabkan ketidaksesuaian terhadap spesifikasi teknis, terutama pada parameter volumetrik.

2.5 Sintesis Penelitian Terdahulu dan *Research Gap*

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan getah damar dapat meningkatkan beberapa parameter kinerja campuran, seperti stabilitas dan durabilitas. Namun, terdapat beberapa keterbatasan mendasar, yaitu:

1. Fokus penelitian lebih banyak pada lapisan AC-BC, bukan AC-WC
2. Evaluasi hanya pada parameter tertentu, belum menyeluruh terhadap semua spesifikasi
3. Belum ada analisis mendalam terkait ketercapaian standar volumetrik (VIM, VMA, VFB)

Dari perspektif teknik, hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan penggunaan damar belum dapat diklaim secara komprehensif, karena belum diuji terhadap seluruh batasan desain campuran.

2.6 Kerangka Konseptual Penelitian

Berdasarkan prinsip-prinsip di atas, penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan skala laboratorium melalui metode Marshall untuk:

1. Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebagai *baseline* campuran
2. Mengevaluasi pengaruh substitusi getah damar sebesar 4% terhadap berat aspal
3. Membandingkan hasil terhadap batasan teknis spesifikasi umum Bina Marga tahun 2018

Dengan demikian, analisis yang dilakukan tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga berbasis evaluasi terhadap standar teknik yang terukur, sehingga hasil penelitian dapat secara langsung diinterpretasikan dalam konteks kelayakan teknis campuran.

3. METODOLOGI

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental laboratorium untuk mengevaluasi pengaruh substitusi getah damar terhadap karakteristik campuran *Asphalt Concrete–Wearing Course* (AC-WC). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengukuran langsung parameter mekanik dan volumetrik campuran secara terkontrol.

Desain penelitian dilakukan dalam dua tahap utama, yaitu:

1. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran normal (tanpa substitusi)
2. Evaluasi campuran modifikasi dengan penambahan getah damar sebesar 4% terhadap berat aspal pada kondisi KAO

Pendekatan ini memastikan bahwa analisis dilakukan pada kondisi desain optimum, sehingga pengaruh material substitusi dapat dievaluasi secara objektif.

3.2 Material Penelitian

Material yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- Aspal: Aspal penetrasi 60/70 yang memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga (2018)
- Agregat kasar dan halus: Diperoleh dari Air Sakula, Laha, dengan karakteristik sesuai standar gradasi AC-WC
- *Filler*: Semen Portland sebagai bahan pengisi
- Bahan substitusi: Getah damar (*Agathis dammara*) dengan kadar 4% terhadap berat aspal



Gambar 1. Getah damar (*Agathis dammara*) yang digunakan dalam penelitian.

Sumber google com



Seluruh material diuji terlebih dahulu untuk memastikan kesesuaiannya terhadap standar teknis, khususnya terkait berat jenis, gradasi, dan sifat fisik lainnya.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini dibedakan menjadi:

- Variabel bebas:
Persentase substitusi getah damar (0% dan 4%)
- Variabel terikat:
Karakteristik Marshall campuran, meliputi:
 - Stabilitas (kg)
 - Flow (mm)
 - Voids in Mix (VIM) (%)
 - Voids in Mineral Aggregate (VMA) (%)
 - Voids Filled with Bitumen (VFB) (%)
 - Marshall Quotient (MQ)
- Variabel kontrol:
 - Jenis aspal (penetrasi 60/70)
 - Gradasi agregat
 - Energi pemadatan (75 tumbukan per sisi)
 - Suhu pencampuran dan pemadatan

Pengendalian variabel ini dilakukan untuk memastikan bahwa perubahan kinerja campuran hanya dipengaruhi oleh penggunaan getah damar.

3.4 Prosedur Pengujian

3.4.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Penentuan KAO dilakukan menggunakan metode Marshall dengan variasi kadar aspal tertentu (misalnya 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%). Untuk setiap variasi kadar aspal, dibuat benda uji dan dilakukan pengujian terhadap parameter Marshall.

Nilai KAO ditentukan berdasarkan kriteria berikut:

- Memenuhi seluruh parameter spesifikasi Bina Marga (2018)
- Nilai VIM berada dalam rentang 3–5%
- Stabilitas dan VFB memenuhi batas minimum yang ditetapkan

KAO ditentukan sebagai nilai kadar aspal yang memberikan keseimbangan terbaik antara parameter mekanik dan volumetrik.

3.4.2 Pembuatan Benda Uji Campuran Modifikasi

Setelah KAO diperoleh, dilakukan pembuatan benda uji dengan dua kondisi:

1. Campuran normal (tanpa damar)
2. Campuran dengan substitusi getah damar sebesar 4% dari berat aspal

Getah damar dipanaskan hingga mencair, kemudian dicampurkan ke dalam aspal sebelum proses pencampuran dengan agregat. Proses pencampuran dan pemadatan dilakukan sesuai prosedur standar Marshall.

3.4.3 Pengujian Karakteristik Marshall

Benda uji yang telah dipadatkan diuji menggunakan alat Marshall untuk memperoleh parameter berikut:

- **Stabilitas:** kemampuan campuran menahan beban maksimum
- **Flow:** deformasi plastis saat beban maksimum
- **VIM, VMA, dan VFB:** parameter volumetrik yang menunjukkan struktur rongga campuran

Seluruh hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan spesifikasi teknis untuk menilai kelayakan campuran.

3.5 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan pendekatan **kuantitatif-komparatif**, yaitu:

1. Membandingkan hasil parameter Marshall antara campuran normal dan campuran modifikasi
2. Mengevaluasi kesesuaian hasil terhadap batasan spesifikasi Bina Marga (2018)
3. Mengidentifikasi parameter yang tidak memenuhi standar sebagai indikator keterbatasan penggunaan getah damar

Analisis juga dilakukan melalui grafik hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall untuk menentukan tren perubahan akibat substitusi material.

3.6 Kriteria Evaluasi Kinerja Campuran

Kinerja campuran dievaluasi berdasarkan pemenuhan parameter berikut:

- Stabilitas ≥ 800 kg
- Flow 2–4 mm
- VIM 3–5%
- VMA $\geq 15\%$
- VFB $\geq 65\%$

Campuran dikatakan **layak secara teknis** apabila seluruh parameter memenuhi spesifikasi secara simultan. Sebaliknya, ketidaksesuaian pada salah satu parameter menunjukkan adanya keterbatasan dalam penggunaan material substitusi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum

Penentuan kadar aspal optimum (KAO) dilakukan berdasarkan hasil pengujian Marshall dengan mempertimbangkan parameter stabilitas, kelelahan (*flow*), *Void in Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate*



(VMA), dan *Void Filled with Bitumen* (VFB) sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Hasil analisis menunjukkan bahwa campuran AC-WC tanpa modifikasi memperoleh kadar aspal optimum sebesar 6,0%.

Selanjutnya, pada campuran yang menggunakan getah damar sebagai bahan modifikasi aspal diperoleh kadar aspal optimum sebesar 6,25%. Nilai tersebut memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 dan digunakan sebagai dasar dalam evaluasi karakteristik Marshall campuran termodifikasi.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan getah damar memberikan pengaruh terhadap kebutuhan kadar aspal dalam campuran. Meskipun kadar aspal optimum campuran termodifikasi masih memenuhi persyaratan spesifikasi, hasil evaluasi menunjukkan bahwa parameter *Void in Mix* (VIM) dan *Void Filled with Bitumen* (VFB) pada beberapa kondisi belum sepenuhnya memenuhi batas spesifikasi yang dipersyaratkan. Sementara itu, pada campuran aspal normal, parameter yang tidak memenuhi spesifikasi adalah nilai kelelahan (*flow*). Temuan ini menunjukkan bahwa peningkatan kinerja mekanik akibat modifikasi getah damar perlu dievaluasi secara bersamaan dengan karakteristik volumetrik untuk memperoleh campuran yang memiliki kinerja optimal.

4.2 Karakteristik Marshall Campuran Normal (*Validasi Baseline*)

Hasil pengujian Marshall pada campuran AC-WC tanpa penambahan getah damar menunjukkan bahwa desain campuran mampu memenuhi seluruh parameter spesifikasi pada rentang kadar aspal tertentu. Nilai stabilitas berada di atas batas minimum, sementara parameter volumetrik seperti VIM dan VFB berada dalam rentang yang disyaratkan pada kadar aspal optimum. Kondisi ini mengindikasikan bahwa proses pelapisan agregat dan distribusi aspal dalam campuran berlangsung secara efektif, sehingga terbentuk struktur internal yang stabil dan seimbang.

Secara mekanistik, terpenuhinya parameter VIM dan VFB pada campuran normal menunjukkan bahwa aspal memiliki kemampuan alir dan daya sebar yang cukup untuk mengisi rongga antar agregat secara homogen. Hal ini memastikan terbentuknya ikatan antar partikel agregat yang optimal serta meminimalkan rongga udara berlebih yang dapat memicu degradasi dini.

Dengan demikian, campuran normal dapat dinyatakan valid secara desain dan representatif sebagai baseline, sehingga setiap perubahan kinerja

pada campuran modifikasi dapat secara langsung dikaitkan dengan efek penambahan getah damar.

Tabel 1 Hasil Pengujian Marshall tanpa tambahan getah damar

Komposisi	Satuan	Berat Timbangan (gr)				
Kadar aspal rencana	%	5	5,5	6	6,5	7
Kadar aspal yang dibutuhkan	Gr	57,6	63,4	69,1	74,8	80,6
Kadar getah damar yang dibutuhkan	Gr	2,4	2,64	2,88	3,12	3,36
Batu pecah 10-20	Gr	262,20	260,82	259,34	258,06	256,38
Batu pecah 5-10	Gr	457,00	453,30	450,45	448,24	446,27
Pasir	Gr	397,56	396,55	394,65	392,50	390,20
Cement Portland	Gr	23,24	23,33	223,56	23,20	23,15
Berat agregat campuran	Gr	1140	1134	1128	1122	1116
Berat total campuran	Gr	1200	1200	1200	1200	1200

Pengujian	Satuan	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stabilitas	Kg	>800	121,77	1142,53	1170,22	1173,69	1156,93
Kelelahan (Flow)	Mm	2-4	3,40	3,40	3,40	3,25	3,25
Kepadatan (Density)	gr/cc	-	2,18	2,19	2,19	2,20	2,21
VIM	%	3-5	6,31	5,09	4,58	3,18	3,04
VMA	%	>15	14,75	14,70	15,28	15,07	15,44
VFB	%	>65	57,27	65,35	70,02	78,93	84,31
Marshall Quotient	Kg/mm	>250	356,40	336,04	344,42	361,27	356,1

Sumber, Penelitian 2025

Dari tabel 4. diatas dapat dilihat bahwa benda uji dengan 5 variasi kadar aspal hasilnya bahwa nilai VIM, VMA dan VFB pada kadar aspal 5%,5,5%tidak memenuhi spesifikasi. dapat disimpulkan bahwa kadar aspal 6,0%, 6,5%,7,0% yang merupakan nilai kadar aspal yang baik

4.3 Karakteristik Marshall Campuran dengan Penambahan Damar

Penambahan getah damar sebesar 4% menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik Marshall campuran. Nilai stabilitas tetap berada di atas batas spesifikasi, bahkan menunjukkan kecenderungan meningkat pada beberapa variasi kadar



aspal. Hal ini mengindikasikan bahwa damar berperan dalam meningkatkan kekakuan (*stiffness*) campuran, yang secara langsung berkaitan dengan peningkatan resistensi terhadap deformasi.

Namun demikian, peningkatan kekakuan tersebut tidak diikuti oleh kestabilan parameter volumetrik. Meskipun secara mekanik campuran menunjukkan performa yang baik, terjadi deviasi pada parameter VIM dan VFB yang menunjukkan ketidakseimbangan dalam struktur internal campuran.

Fenomena ini menunjukkan bahwa penambahan damar tidak hanya memodifikasi kekuatan campuran, tetapi juga mempengaruhi cara aspal terdistribusi dalam matriks agregat. Dengan kata lain, terjadi ketidaksesuaian antara peningkatan kekakuan dan kemampuan campuran dalam mempertahankan struktur rongga yang stabil.

Tabel 2 Hasil Pengujian Marshall Dengan Getah Damar 4%

Pengujian	Satuan	Syarat	Kadar Aspal (%)				
			5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Stabilitas	Kg	>800	1179,53	1277,55	1290,96	1253,32	1344,01
Kelelahan (Flow)	Mm	2-4	3,20	3,20	3,30	3,00	3,00
Kepadatan (Density)	gr/cc	-	2,17	2,18	2,18	2,19	2,21
VIM	%	3-5	6,64	5,43	4,73	3,95	2,92
VMA	%	>15	15,06	15,00	15,41	15,75	15,31
VFB	%	>65	55,91	63,84	69,30	74,91	85,19
Marshall Quotient	Kg/mm	>250	368,60	398,64	391,20	417,77	440,85

4.4 Analisis Parameter Volumetrik dan Mekanisme Kegagalan

Parameter volumetrik merupakan faktor dominan dalam menentukan kinerja jangka panjang campuran beraspal. Berdasarkan hasil penelitian, nilai VIM menunjukkan tren menurun seiring dengan peningkatan kadar aspal, namun tidak seluruh variasi kadar aspal memenuhi rentang spesifikasi (3–5%).

Pada kadar aspal rendah, nilai VIM yang tinggi menunjukkan bahwa rongga udara dalam campuran masih besar dan tidak terisi secara optimal. Secara mekanistik, kondisi ini mengindikasikan bahwa kemampuan aspal dalam melapisi agregat menjadi terbatas, sehingga terbentuk struktur campuran yang porous dan rentan terhadap infiltrasi air serta oksidasi.

Sebaliknya, pada kadar aspal tinggi, nilai VIM yang berada di bawah batas minimum menunjukkan bahwa campuran mengalami kondisi *over-asphalted*. Dalam kondisi ini, kelebihan aspal mengisi hampir seluruh rongga, sehingga mengurangi interlocking

antar agregat dan meningkatkan potensi deformasi plastis.

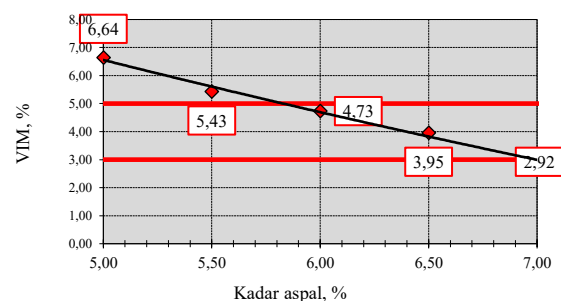
Analisis terhadap VFB menunjukkan pola yang konsisten dengan VIM. Nilai VFB yang rendah pada kadar aspal tertentu mengindikasikan bahwa aspal tidak efektif dalam mengisi rongga agregat, sedangkan peningkatan VFB yang berlebihan pada kadar tinggi menunjukkan distribusi aspal yang tidak terkontrol.

Kondisi ini mengarah pada satu kesimpulan mekanistik bahwa: penambahan getah damar mengganggu keseimbangan distribusi aspal dalam campuran, sehingga menghasilkan struktur rongga yang tidak stabil.

Tabel 3 Hasil Pengujian VIM

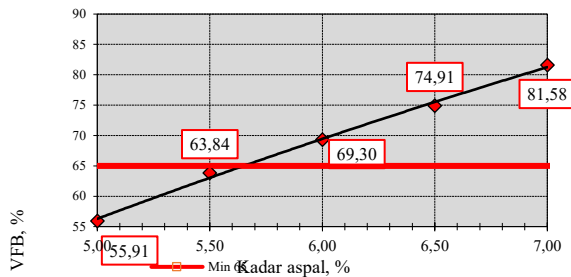
Notasi	Kadar aspal	Nilai VIM (%) Modifikasi
1	5,0	6,64
2	5,5	5,43
3	6	4,73
4	6,5	3,95
5	7,0	2,92

Sumber, Penelitian 2025



Selain VIM, parameter VFB juga menunjukkan ketidaksesuaian pada beberapa variasi kadar aspal. Nilai VFB yang berada di bawah batas minimum menunjukkan bahwa rongga antar agregat tidak terisi secara optimal oleh aspal. Hal ini mencerminkan ketidakseimbangan antara volume rongga agregat dan volume aspal efektif dalam campuran.

Ketidaksesuaian parameter VFB ini memperkuat indikasi bahwa distribusi aspal dalam campuran tidak berlangsung secara homogen. Dengan kata lain, meskipun jumlah aspal secara kuantitatif mencukupi, efektivitasnya dalam mengisi rongga dan membentuk ikatan antar agregat tidak optimal.



Gambar 3 Grafik Hubungan VFB dan kadar aspal

Secara mekanistik, fenomena ketidakseimbangan volumetrik ini dapat dijelaskan oleh karakteristik getah damar yang digunakan sebagai bahan modifikasi. Getah damar memiliki kecenderungan viskositas yang lebih tinggi dibandingkan aspal konvensional, namun dengan kemampuan alir yang relatif terbatas. Kondisi ini menyebabkan proses pelapisan agregat menjadi tidak merata, sehingga distribusi aspal dalam campuran menjadi tidak homogen.

Akibatnya, terbentuk struktur rongga yang tidak stabil, yang ditandai dengan:

- rongga udara yang berlebih pada kadar aspal rendah
- kepadatan berlebih pada kadar aspal tinggi

Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan getah damar tidak hanya mempengaruhi sifat mekanik campuran, tetapi juga secara signifikan mengganggu keseimbangan struktur internalnya.

Lebih lanjut, hasil ini mengindikasikan bahwa kegagalan campuran tidak disebabkan oleh rendahnya nilai stabilitas, melainkan oleh ketidakmampuan sistem campuran dalam mempertahankan keseimbangan antara rongga udara dan rongga terisi aspal. Hal ini menjadi krusial karena parameter volumetrik memiliki peran dominan dalam menentukan umur layan perkerasan.

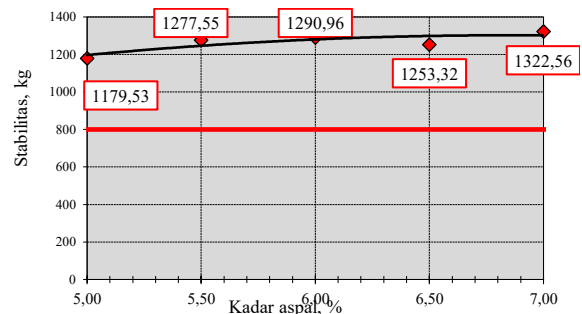
4.5 Interaksi Parameter Mekanik dan Volumetrik

Salah satu temuan paling signifikan dalam penelitian ini adalah adanya ketidaksesuaian antara parameter mekanik dan volumetrik. Meskipun nilai stabilitas menunjukkan kinerja yang baik, parameter volumetrik tidak secara konsisten memenuhi spesifikasi.

Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan stabilitas akibat penambahan damar tidak mencerminkan peningkatan kualitas campuran secara

keseluruhan. Secara ilmiah, fenomena ini menunjukkan adanya *decoupling* antara kekuatan mekanik dan kestabilan struktur internal. Dengan kata lain campuran dapat terlihat “kuat” secara angka stabilitas, namun secara struktural tidak stabil karena distribusi rongga yang tidak seimbang.

Fenomena ini sangat krusial karena dalam praktik rekayasa jalan, kegagalan perkerasan lebih sering dipicu oleh masalah durabilitas dan struktur internal dibandingkan oleh kekuatan awal.



Gambar 4 Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas

Gambar 3 merupakan grafik hubungan antar kadar aspal dengan nilai stabilitas dimana garis merah merupakan nilai minimum yang didapatkan dan titik hitam merupakan nilai stabilitas yang didapatkan. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semua nilai yang didapatkan berada di atas garis minimum, yang berarti semua nilai memenuhi spesifikasi.

4.6 Mekanisme Kegagalan dan Kesenjangan Penelitian

Berdasarkan seluruh hasil analisis, kegagalan campuran dengan penambahan getah damar tidak disebabkan oleh rendahnya nilai stabilitas, melainkan oleh ketidakseimbangan parameter volumetrik. Meskipun nilai stabilitas yang dihasilkan masih memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, beberapa parameter volumetrik, khususnya *Void in Mix* (VIM) dan *Void Filled with Bitumen* (VFB), menunjukkan ketidaksesuaian terhadap batas spesifikasi yang dipersyaratkan. Kondisi ini menunjukkan bahwa kekuatan mekanik yang tinggi tidak selalu menjamin kualitas campuran beraspal secara keseluruhan.

Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Rusadi (2017), Kusmikan Agustiari (2018), dan Munawarah (2022) yang menunjukkan bahwa



penggunaan getah damar sebagai bahan modifikasi aspal dapat meningkatkan karakteristik Marshall, terutama nilai stabilitas campuran. Peningkatan stabilitas tersebut mengindikasikan bahwa getah damar mampu meningkatkan interaksi antara agregat dan bahan pengikat sehingga campuran memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap beban lalu lintas.

Namun demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan nilai stabilitas tidak selalu diikuti oleh perbaikan karakteristik volumetrik. Berbeda dengan sebagian penelitian terdahulu yang lebih menitikberatkan pada peningkatan parameter mekanik sebagai indikator keberhasilan modifikasi campuran, penelitian ini menunjukkan bahwa parameter volumetrik memiliki peran yang sama pentingnya dalam menentukan kinerja campuran. Ketidakesesuaian nilai VIM dan VFB pada beberapa variasi kadar aspal mengindikasikan adanya gangguan pada distribusi rongga dan efektivitas pengisian aspal dalam campuran.

Dengan demikian, penelitian ini mengisi kesenjangan penting dalam kajian campuran beraspal termodifikasi dengan menunjukkan bahwa parameter volumetrik, khususnya VIM dan VFB, merupakan faktor penentu utama dalam keberhasilan atau kegagalan campuran beraspal termodifikasi. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa evaluasi kinerja campuran tidak dapat dilakukan hanya berdasarkan parameter mekanik, tetapi harus mempertimbangkan keseimbangan antara parameter mekanik dan volumetrik untuk menghasilkan perkerasan yang memiliki kekuatan dan durabilitas yang optimal.

4.7 Implikasi Teknik terhadap Kinerja Perkerasan

Ketidakeimbangan volumetrik yang terjadi memiliki implikasi langsung terhadap kinerja lapangan. Nilai VIM yang tinggi akan meningkatkan permeabilitas, sehingga mempercepat masuknya air dan oksigen yang memicu kerusakan. Sebaliknya, nilai VIM yang terlalu rendah meningkatkan risiko *bleeding* dan deformasi permanen.

Selain itu, nilai VFB yang tidak optimal menunjukkan bahwa distribusi aspal dalam campuran tidak merata, yang dapat menyebabkan lemahnya ikatan antar agregat dan memicu kerusakan seperti lepas butir (*ravelling*).

Oleh karena itu, penggunaan getah damar sebagai bahan modifikasi memerlukan optimasi lebih lanjut, terutama dalam hal proporsi dan metode pencampuran, untuk memastikan tercapainya keseimbangan antara kekuatan dan kestabilan *volumetrik*.

5. PENUTUP

Penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai pengaruh penggunaan getah damar sebagai bahan modifikasi dalam campuran aspal AC-WC, khususnya dalam kaitannya dengan keseimbangan parameter volumetrik. Temuan yang diperoleh menunjukkan bahwa peningkatan kinerja mekanik tidak selalu mencerminkan peningkatan kualitas campuran secara keseluruhan, terutama ketika struktur internal tidak berada dalam kondisi yang stabil.

Melalui pendekatan eksperimental berbasis metode Marshall, penelitian ini menegaskan bahwa parameter volumetrik, seperti VIM dan VFB, memiliki peran yang lebih dominan dalam menentukan durabilitas dan kinerja jangka panjang perkerasan dibandingkan parameter stabilitas semata. Oleh karena itu, evaluasi desain campuran beraspal perlu dilakukan secara lebih menyeluruh dengan mempertimbangkan interaksi antar parameter.

Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan material alternatif berbasis sumber daya lokal, serta memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas perencanaan dan desain campuran perkerasan jalan di masa mendatang.

Keseimbangan parameter volumetrik merupakan kunci utama dalam memastikan keberhasilan modifikasi campuran beraspal, dan harus menjadi fokus utama dalam pengembangan material inovatif di bidang teknik perkerasan.

5.1 KESIMPULAN

Penelitian ini mengevaluasi pengaruh penambahan getah damar sebesar 4% terhadap karakteristik Marshall campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) dengan menitikberatkan pada parameter mekanik dan volumetrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran AC-WC tanpa penambahan getah damar memenuhi persyaratan Marshall berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 pada kadar aspal 6,0%–7,0%, yang ditunjukkan oleh terpenuhinya parameter stabilitas,



void in mix (VIM), *void in mineral aggregate* (VMA), *void filled with bitumen* (VFB), dan *flow*. Rentang kadar aspal tersebut menunjukkan keseimbangan yang baik antara kekuatan dan struktur internal campuran sehingga dapat dijadikan sebagai kondisi acuan (*baseline*) dalam evaluasi pengaruh penambahan getah damar.

Penambahan getah damar terbukti mampu mempertahankan bahkan meningkatkan nilai stabilitas campuran. Namun demikian, peningkatan kinerja mekanik tersebut tidak selalu diikuti oleh kestabilan parameter volumetrik. Pada beberapa variasi kadar aspal, nilai VIM dan VFB menunjukkan ketidaksesuaian terhadap spesifikasi yang dipersyaratkan, sehingga mengindikasikan adanya gangguan pada distribusi rongga dan efektivitas pengisian aspal dalam campuran.

Secara mekanistik, kondisi tersebut dipengaruhi oleh karakteristik getah damar yang memengaruhi proses pelapisan agregat dan distribusi aspal, sehingga campuran cenderung memiliki struktur internal yang kurang stabil. Akibatnya, meskipun nilai stabilitas tetap memenuhi spesifikasi, ketidakseimbangan parameter volumetrik berpotensi menurunkan durabilitas dan kinerja jangka panjang perkerasan.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa keberhasilan modifikasi campuran beraspal tidak dapat dievaluasi hanya berdasarkan parameter mekanik, tetapi harus mempertimbangkan parameter volumetrik sebagai indikator utama dalam menilai kualitas dan kinerja campuran secara menyeluruh.

5.2 SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa kegagalan campuran dengan penambahan getah damar disebabkan oleh ketidakseimbangan parameter volumetrik, maka penelitian selanjutnya disarankan untuk lebih difokuskan pada pengendalian distribusi rongga dalam campuran.

Pertama, perlu dilakukan optimasi kadar getah damar dengan mempertimbangkan keseimbangan antara parameter VIM dan VFB, sehingga campuran tidak hanya memenuhi kriteria stabilitas tetapi juga memiliki struktur internal yang stabil. Penelitian lanjutan sebaiknya mengeksplorasi variasi kadar damar

yang lebih luas untuk menentukan rentang optimum yang mampu menjaga keseimbangan volumetrik.

Kedua, diperlukan kajian mendalam terhadap proses pencampuran, khususnya terkait suhu dan waktu pencampuran, untuk meningkatkan homogenitas distribusi aspal dalam campuran. Hal ini penting mengingat hasil penelitian menunjukkan bahwa ketidakmerataan distribusi aspal menjadi salah satu penyebab utama ketidakseimbangan parameter volumetrik.

Ketiga, disarankan untuk melakukan pengujian lanjutan yang lebih representatif terhadap kondisi lapangan, seperti pengujian ketahanan terhadap deformasi permanen dan kerusakan akibat air, guna memvalidasi dampak ketidakseimbangan volumetrik terhadap kinerja jangka panjang perkerasan.

Keempat, penelitian selanjutnya perlu mengembangkan pendekatan desain campuran yang tidak hanya berfokus pada parameter mekanik, tetapi juga menempatkan parameter volumetrik sebagai indikator utama dalam evaluasi kinerja campuran beraspal.

Penelitian selanjutnya harus berfokus pada upaya menjaga keseimbangan parameter volumetrik sebagai faktor utama dalam meningkatkan kinerja campuran beraspal termodifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, K., dan Ridha, M. 2018. Karakteristik Marshall Campuran AC-BC dengan Menggunakan 6% Getah Damar sebagai Bahan Substitusi Aspal. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 4(1).
- Badan Standardisasi Nasional. 1998. *SNI 03-4804-1998 Metode Pengujian Berat Isi atau Volume Agregat*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2008. *SNI 2417:2008 Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. *SNI 2441:2011 Metode Pengujian Berat Jenis Aspal Keras*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI ASTM C117:2012 Metode Pengujian Bahan Lolos Saringan No. 200*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.



- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI ASTM C136:2012 Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 7619:2012 Metode Uji Penentuan Persentase Butir Pecah pada Agregat Kasar*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2018. *SNI 1970:2018 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air oleh Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Hidayat, T., Widyaningrum, S., Idrus, Y., Massara, A., dan Bulgis. 2022. Analisis Karakteristik Marshall Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) Menggunakan Bahan Tambah Gondorukem. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil*, 4(1).
- Munawarah, K., Kurniasari, F.D., dan Bunyamin. 2022. Pengaruh Substitusi Getah Damar terhadap Aspal Pen 60/70 sebagai Modifikasi untuk Lapisan Aspal Beton. *Journal of Planning and Research in Civil Engineering*, 1(2), 68–76.
- Nasution, M.F., Sumarsono, A., dan Setyawan, A. 2015. Daspal (Damar Aspal) sebagai Bahan Alternatif Perkerasan Jalan Pengganti Aspal Konvensional. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil V*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Putra, M.T., Destania, H.R., dan Febryandi. 2023. Marshall Characteristics Analysis of Modified Asphalt Mixtures for *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) with Addition of Vehicle Tire Powder. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2).
- Rohma, I.W., Supriyanto, B., dan Rahardjo, B. 2023. Analisis Kinerja Campuran Perkerasan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) Menggunakan Bahan Tambah Asbuton B 50/30 terhadap Parameter Marshall. *Jurnal Media Teknik Sipil*, 21(1), 32–38.
- Rusadi, I.P., Djumari, dan Setyawan, A. 2017. Studi Karakteristik Daspal Modifikasi dengan Bahan Getah Damar, *Fly Ash*, dan Minyak Goreng Dibandingkan dengan Aspal Penetrasi. *Matriks Teknik Sipil*, 5(3).
- Sukirman, S. 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. 2013. *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.
- Victoria, R., Nurdin, A., dan Nuklirullah, M. 2023. Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Pengganti Abu Batu dalam Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) terhadap Parameter Marshall. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 15(1), 57–64.