JOURNAL FLYOVER (JFO)
Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana UMI

Vol. 06, No. 01 Tahun 2026
E-ISSN: 2829-5684

Kajian Pemanfaatan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) pada Campuran Laston AC-WC terhadap Beban Lalu Lintas

Nur Halisyah [1*], Lambang Basri Said [2], St Maryam H [3]

1*) Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar,
nurhalisyah0@gmail.com
2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar
3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) is a waste residue from damaged road pavement or road pavement that has reached its planned age. RAP can be reused as a base material for road pavement by adding new aggregate and asphalt to meet the quality and specifications of the road pavement. This study aims to determine the quality of hot asphalt mixtures with RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) as an additive. The results of the study obtained a RAP extraction value of 5.84%. This study was conducted with the addition of several variations in RAP content, namely 0%, 10%, 20%, 30%, and 40%. The results of the study after testing the Marshall characteristics, obtained a mixture with an RAP asphalt content of 15.30% is a mixture that meets all Marshall characteristics based on the 2018 Bina Marga Revision II specifications because it is able to accept stability up to 1263.05 kg. The addition of 15.30% RAP increased stiffness and made the mixture more stable under loading. Dynamic stability also increased from 940.30 lines/mm (without RAP) to 1909.09 lines/mm (with RAP).

Keywords: Dynamic, Marshall, Reclaimed Asphalt Pavement (RAP), Stability,

Abstrak

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah limbah sisa perkerasan jalan yang telah rusak atau habis umur rencananya. RAP dapat digunakan kembali sebagai bahan dasar perkerasan jalan dengan adanya penambahan material agregat baru dan aspal, untuk memenuhi kualitas dan spesifikasi dalam perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas campuran aspal panas dengan bahan tambah RAP. Hasil dari penelitian diperoleh nilai ektraksi RAP sebesar 5,84%. Penelitian ini dilakukan dengan penambahan beberapa variasi kadar RAP yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Hasil penelitian setelah dilakukan pengujian karakteristik Marshall, diperoleh campuran dengan kadar aspal RAP sebesar 15,30% adalah campuran yang memenuhi semua karakteristik Marshall berdasarkan spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II karena mampu menerima stabilitas hingga 1263,05 kg. Penambahan RAP sebesar 15,30% mampu meningkatkan kekakuan dan membuat campuran lebih stabil terhadap pembebanan, dimana stabilitas dinamis juga meningkat dari 940,30 lintasan/mm (tanpa RAP) menjadi 1909,09 lintasan/mm (dengan campuran RAP).

Kata Kunci: Dinamis, *Marshall*, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), Stabilitas.

1. PENDAHULUAN

Sektor pembangunan menjadi indikasi kemajuan suatu negara, pembangunan infrastruktur yang sangat pesat, sejalan dengan target Indonesia Emas. Telah meningkatkan produksi limbah konstruksi secara signifikan. Limbah yang terdiri dari material seperti beton, kayu, dan aspal, sering kali berakhir di tempat pembuangan akhir atau dibiarkan mencemari lingkungan. Dampak negatif dari limbah konstruksi ini tidak hanya merusak ekosistem, tetapi juga menambah beban pada tempat pembuangan yang sudah *over* kapasitas dan mempercepat habisnya sumber daya alam yang digunakan untuk produksi material baru.

Salah satu material limbah yang dominan dalam proyek infrastruktur adalah aspal dari jalan-jalan yang sudah lama. Setiap tahun, ribuan ton aspal digali dan digantikan dengan

material baru, menciptakan jumlah limbah yang besar dan menimbulkan tantangan lingkungan yang serius. Teknologi daur ulang aspal atau *asphalt recycling* adalah salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah lingkungan dalam bidang transportasi (Mosawe et al., 2023). Dalam konteks ini, *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) muncul sebagai alternatif solusi yang memungkinkan daur ulang material aspal lama untuk digunakan kembali dalam proyek infrastruktur baru (Meilani & Kurnia, 2019). Aspal RAP telah mengalami penuaan secara signifikan pada saat diproduksi, pada saat memberikan pelayanan, dan akibat pengaruh lingkungan saat menjadi lapisan atau struktur perkerasan. Penggunaan material RAP merupakan suatu *green technology* dalam konstruksi jalan, dengan cara memanfaatkan limbah jalan. Selain itu, penggunaan RAP menghemat material aspal dan agregat yang digunakan dalam konstruksi jalan.

RAP adalah material yang diperoleh dari aspal jalan raya yang telah lama dan kemudian didaur ulang untuk digunakan dalam pembuatan jalan baru. Penggunaan RAP bukan hanya mengurangi jumlah waste konstruksi, tetapi juga mengurangi kebutuhan akan material aspal baru, yang pada waktu tertentu mengurangi eksploitasi sumber daya alam. Dengan demikian, RAP menawarkan solusi ganda: pengurangan waste dan pengurangan dampak lingkungan dari proyek infrastruktur.

Lapis perkerasan yang banyak dipakai di Indonesia adalah perkerasan lentur dengan jenis *Asphalt Concrete* (AC). Bila lapis perkerasan telah mencapai indeks permukaan akhir artinya lapis perkerasan sudah tidak mempunyai nilai konstruksi lagi sehingga perlu diadakan perbaikan, untuk mengatasi kerusakan yang berupa keausan, retak, bleeding, gelombang, serta kerusakan lainnya secara konvensional dengan memberi suatu lapisan baru diatas pekerjaan lama (*overlay*). Hal ini tentunya mengakibatkan bertambahnya elevasi jalan akibat proses pelapisan yang berulang-ulang dan cenderung memerlukan bahan agregat, dan aspal yang tidak sedikit, mengingat makin langkanya perolehan agregat dan naiknya harga aspal di pasaran sesuai dengan naiknya harga minyak bumi.

Solusi untuk menghindari bertambahnya elevasi jalan adalah dengan mengeruk dahulu lapisan permukaan perkerasan lama dengan cara *cool milling* sebelum dilakukan pelapisan perkerasan baru, namun metode ini menimbulkan masalah baru, yaitu material hasil pengerukan biasa disebut RAP yang jumlahnya tidak sedikit selama ini tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Biasanya penggunaan material hasil kerukan tersebut hanya sebatas sebagai material urugan dan penambal saja, isu lingkungan dan kondisi semacam ini mendorong manusia berfikir mendaur ulang agar material RAP mempunyai nilai tambah dari segi mutu, bernilai ekonomis dan berwawasan lingkungan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan bahan tambah RAP terhadap kinerja campuran aspal serta untuk menganalisis ketahanan abrasi terhadap penurunan permukaan aspal akibat pembebanan secara berulang-ulang.

2. METODE

A. Lokasi, Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi aspal minyak penetrasi 60/70 produksi Pertamina sebagai bahan pengikat, serta agregat kasar dan abu batu yang berasal dari hasil pemecahan batu alam di daerah Bili-bili, Kabupaten Gowa, yang selanjutnya diuji karakteristiknya sebelum digunakan. Selain itu, penelitian ini menggunakan bahan tambah berupa RAP dengan variasi kadar 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% untuk mengetahui pengaruh penambahan RAP terhadap karakteristik campuran. Seluruh proses pengujian dilakukan dengan menggunakan peralatan yang tersedia di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

B. Tahapan Penelitian

a) Persiapan Penelitian

Pengambilan material RAP di Lokasi Jalan Poros Watampone-Sengkang, Kab. Bone, Provinsi Sulawesi Selatan serta bahan-bahan lainnya yang dibutuhkan untuk membuat campuran beton aspal dikumpulkan kemudian dilakukan pemeriksaan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

b) Pemeriksaan Karakteristik Bahan

Setelah proses persiapan selesai, seluruh sampel yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan karakteristik bahan melalui pengujian laboratorium untuk memastikan kesesuaiannya dengan persyaratan bahan pekerjaan jalan. Pengujian meliputi pengujian aspal berupa uji penetrasi, titik lembek, viskositas, titik nyala dan titik bakar, daktilitas, serta berat jenis yang mengacu pada SNI 06-2456-1991. Pengujian agregat mencakup analisa saringan sesuai Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi II, uji berat isi, berat jenis dan penyerapan, *soundness test*, *sand equivalent*, kelekatan agregat terhadap aspal, analisa bentuk agregat kasar, serta uji abrasi (keausan) dengan acuan standar SNI dan ASTM terkait. Selain itu, bahan RAP juga diuji melalui pengujian ekstraksi untuk mengetahui karakteristik aspal dan agregat yang terkandung di dalamnya sebelum digunakan dalam campuran perkerasan.

c) Perencanaan Campuran dan Benda Uji

Penentuan komposisi campuran agregat dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *trial and error* untuk memperoleh gradasi gabungan yang memenuhi spesifikasi teknis, diawali dengan penentuan gradasi masing-masing fraksi berdasarkan persentase berat lolos saringan, kemudian dilakukan penggabungan agregat hingga diperoleh proporsi setiap fraksi dari total berat agregat. Persentase proporsi masing-masing agregat selanjutnya dikalikan dengan persentase lolos pada setiap saringan dan dijumlahkan untuk mendapatkan gradasi gabungan, dengan tetap memperhatikan batasan gradasi yang disyaratkan, nilai spesifikasi ideal, serta keseimbangan antara agregat kasar, agregat halus, dan *filler* hingga total campuran mencapai 100%. Setelah proporsi agregat ditetapkan, langkah selanjutnya adalah penentuan kadar aspal rencana yang menjadi dasar untuk memperoleh kadar aspal optimum melalui pembuatan dan pengujian benda uji, dimana kadar aspal awal dihitung berdasarkan komposisi fraksi agregat dalam campuran menggunakan persamaan kadar aspal optimum (KAO) menggunakan **Persamaan 1**.

$$P = 0{,}035\ a + 0{,}045\ b + Kc + F \qquad (1)$$

Dimana :
P = Pendekatan kadar aspal campuran
a = Presentasi agregat tertahan disaringan No. 8
b = Presentasi agregat lolos saringan No. 8 tertahan disaringan No.200
c = Presentasi lolos saringan No.200
K = 0,15 untuk 11-15% lolos saringan No.200; 0,20 untuk ≤ 5% lolos saringan No. 200; dan 0,18 untuk 6-10% lolos saringan No.200
F = 0-2% tergantung pada absorbsi agregat bila data tersedia, maka diambil 0,7 - , untuk laston AC = 1

Setelah kadar aspal awal ditentukan, tahap selanjutnya adalah perencanaan kadar aspal optimum (KAO) dengan membuat sebanyak 15 benda uji yang dibagi ke dalam 5 variasi kadar aspal rencana, di mana setiap variasi terdiri dari 3 benda uji (**Tabel 1**). Seluruh benda

uji tersebut kemudian diuji menggunakan metode *Marshall* untuk memperoleh parameter-parameter karakteristik campuran yang selanjutnya digunakan dalam penentuan nilai KAO. Nilai KAO yang diperoleh menjadi dasar untuk penentuan variasi bahan tambah RAP sesuai dengan hasil kajian dan penelitian terdahulu. Setelah itu, ditetapkan berat masing-masing agregat dan berat aspal berdasarkan komposisi campuran yang telah ditentukan, kemudian dilakukan pembuatan benda uji Marshall dengan temperatur pencampuran pada viskositas aspal 170 ± 20 cSt dan temperatur pemadatan pada viskositas 100–200 cSt. Agregat terlebih dahulu dikeringkan dalam oven hingga mencapai berat konstan, kemudian dicampur dengan aspal sesuai kadar yang direncanakan dan dimasukkan ke dalam cetakan (*mold*) untuk dipadatkan. Proses pemadatan dilakukan sebanyak 75 tumbukan pada masing-masing sisi benda uji yang merepresentasikan kondisi lalu lintas berat, selanjutnya benda uji yang telah dipadatkan dikeluarkan dari mold untuk tahap pengujian berikutnya.

Tabel 1 Sampel Benda Uji

No.	Jenis Sampel	Jumlah Sampel
1.	KAO dengan variasi kadar aspal rencana	15
2.	Kadar aspal rencana optimum ditambahkan bahn tambah RAP dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%	15
3.	Pengujian deformasi	2
Total Benda Uji		**32**

d) Rencana Pengujian Benda Uji

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengevaluasi kinerja campuran aspal melalui beberapa parameter utama, yaitu stabilitas, kelelehan (*flow*), volume rongga udara dalam campuran (VIM), volume rongga terisi aspal (VFA), kepadatan (*density*), serta *Marshall Quotient* (MQ). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan campuran aspal dalam menahan beban lalu lintas serta ketahanannya terhadap deformasi plastis. Pelaksanaan uji *Marshall* dilakukan dengan terlebih dahulu merendam benda uji pada suhu 60°C selama 30 menit, kemudian dilakukan pengujian menggunakan alat uji *Marshal*l dengan proses pemadatan sebesar 2 × 75 tumbukan yang merepresentasikan kondisi lalu lintas berat, sehingga diperoleh nilai stabilitas dan *flow* sebagai indikator utama kinerja struktural campuran aspal.

Selain uji *Marshall*, pengujian *Wheel Tracking* dilakukan untuk menilai ketahanan deformasi permanen (*rutting*) pada campuran aspal dengan penambahan RAP. Evaluasi kinerja deformasi dilakukan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu kedalaman alur atau deformasi dalam satuan milimeter setelah dilalui sejumlah lintasan, laju deformasi (*Rate of Deformation*–RD) dalam satuan mm/menit, serta nilai *Dynamic Stability* (DS) yang menunjukkan jumlah lintasan yang dibutuhkan untuk membentuk alur pada permukaan perkerasan. Nilai stabilitas dinamis ini digunakan sebagai indikator kemampuan campuran aspal dalam menahan deformasi permanen akibat beban berulang, sehingga memberikan gambaran ketahanan jangka panjang material terhadap fenomena *rutting*. Perhitungan deformasi permanen (*rutting)* dapat dihitung dengan menggunakan **Persamaan 2** dan **Persamaan 3** berikut

$$DS = N \frac{(t2-t1)}{(d2-d1)} \qquad (2)$$

$$RD = \frac{(d2-d1)}{(t2-t1)} \qquad (3)$$

Dimana :
DS = Satuan lintasan per milimeter (mm)
N = Kecepatan lintasan roda, umumnya 42 lintasan/menit
RD = Satuan milimeter permenit (mm/menit)

d1 = Deformasi pada waktu pengujian 45 menit (mm)
d2 = Deformasi pada waktu pengujian 60 menit (mm)
t1 = Waktu pengujian pertama, 45 menit
t2 = Waktu pengujian kedua, 60 menit

C. Metode Analisis Data

Metode yang digunakan dalam mengelola data yaitu metode analisis regresi. Analisis ini digunakan untuk mengetahui pola relasi atau hubungan antar variabel dengan tingkat kesalahan yang kecil. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan fungsional antar variabel-variabel.

Dengan analisis regresi kita dapat memprediksi perilaku dari variabel terkait dengan menggunakan data variabel bebas. Hubungan linear adalah hubungan jika satu variabel mengalami kenaikan atau penurunan, maka variabel yang lain juga mengalami hal yang positif, sehingga setia kenaikan variabel bebas akan membuat kenaikan juga pada variabel terikat. Selanjutnya jika variabel bebas mengalami penurunan, maka variabel terikat juga mengalami penurunan. Jika sifat hubungan adalah negatif dari setiap kenaikan variabel bebas, maka variabel terikat akan mengalami penurunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pemeriksaan Agregat

Hasil pemeriksaan agregat kasar menunjukkan bahwa gradasi agregat berada dalam batas spesifikasi, dengan persentase lolos saringan 1/2” sebesar 58,44% untuk agregat 1–2 dan 100% untuk agregat 0,5–1, serta lolos saringan 3/8” masing-masing sebesar 20,58% dan 89,42%. Nilai berat jenis agregat kasar berada pada kisaran 2,49–2,61 (*bulk*) dan 2,56–2,59 (SSD), dengan penyerapan air sebesar 2,20%–2,88% yang masih di bawah batas maksimum 3%. Hasil *soundness test* menunjukkan nilai 0,88%–2,09%, serta kelekatan agregat terhadap aspal mencapai 95%–96%, yang menandakan agregat memiliki ketahanan dan daya lekat yang baik serta memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II.

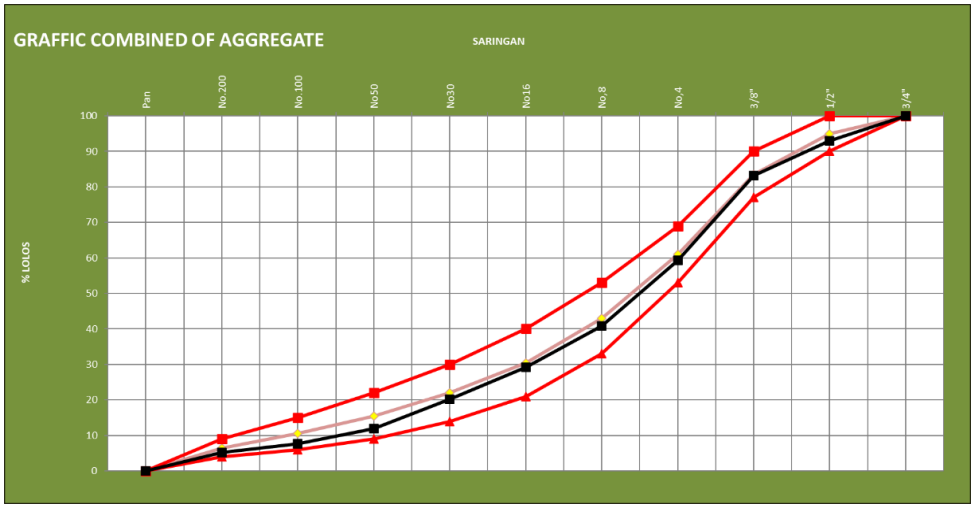
Pemeriksaan agregat halus (abu batu) menunjukkan gradasi yang baik dengan persentase lolos saringan No. 8 sebesar 77,55%, No. 50 sebesar 23,06%, dan No. 200 sebesar 10,10%. Nilai berat jenis agregat halus berada pada kisaran 2,58–2,70, dengan penyerapan air sebesar 2,89% dan nilai *sand equivalent* sebesar 81,41%, yang menunjukkan tingkat kebersihan agregat sangat baik. Nilai *soundness test* sebesar 0,73% juga berada di bawah batas maksimum yang diizinkan. Berdasarkan hasil pemeriksaan agregat kasar dan halus tersebut, dilakukan penggabungan agregat dengan metode *trial and error* sehingga diperoleh komposisi agregat campuran yang menghasilkan gradasi gabungan sesuai spesifikasi, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar penentuan kadar aspal rencana (**Gambar 1)**.

B. Hasil Pemeriksaan Aspal dan Pemeriksaan Kadar Aspal pada RAP

Hasil pemeriksaan karakteristik aspal menunjukkan bahwa aspal beton penetrasi 60/70 yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi seluruh persyaratan spesifikasi teknis. Nilai penetrasi pada suhu 25°C sebesar 61 (0,1 mm) berada dalam rentang yang disyaratkan yaitu 55–68, sedangkan titik lembek sebesar 52°C telah melampaui batas minimum ≥ 49°C. Nilai daktilitas mencapai 146 cm, jauh di atas persyaratan minimum ≥ 100 cm, yang menunjukkan sifat keuletan aspal yang baik. Selain itu, titik nyala dan titik bakar masing-masing sebesar 270°C dan 275°C juga melebihi batas spesifikasi, sehingga aman terhadap

risiko kebakaran pada saat pencampuran. Berat jenis aspal sebesar 1,030 memenuhi ketentuan minimum ≥ 1,0, sehingga aspal beton penetrasi 60/70.

Pemeriksaan kadar aspal pada RAP dilakukan menggunakan metode ekstraksi untuk mengetahui kandungan aspal pada material hasil kerukan perkerasan lama. Berdasarkan hasil pengujian ekstraksi, diperoleh kadar aspal RAP sebesar 5,84%, yang menunjukkan bahwa material RAP masih mengandung aspal dalam jumlah yang cukup signifikan. Nilai ini menjadi informasi penting dalam perencanaan campuran aspal, karena kandungan aspal pada RAP dapat mempengaruhi kebutuhan aspal baru yang akan ditambahkan. Selain itu, dilakukan pula analisis saringan terhadap RAP untuk mengetahui distribusi gradasi agregat hasil ekstraksi, sehingga karakteristik material RAP dapat dipertimbangkan secara tepat dalam desain campuran.



Gambar 1 Penggabungan Agregat

C. Perkiraan Kadar Aspal Rencana

Perkiraan kadar aspal rencana ditentukan menggunakan pendekatan empiris berdasarkan komposisi fraksi agregat dalam campuran. Dengan persentase agregat tertahan saringan No. 8 (a) sebesar 59,15%, agregat lolos saringan No. 8 tertahan No. 200 (b) sebesar 35,60%, dan agregat lolos saringan No. 200 (c) sebesar 5,25%, serta nilai konstanta K sebesar 0,20 dan faktor penyesuaian F sebesar 1, diperoleh nilai pendekatan kadar aspal campuran (Pb) sebesar 5,57% yang dibulatkan menjadi 5,5%. Berdasarkan nilai tersebut, selanjutnya ditetapkan variasi kadar aspal rencana sebesar 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5% untuk pembuatan benda uji Marshall dalam rangka penentuan kadar aspal optimum.

D. Hasil Pengujian Marshall Pada Campuran AC-WC Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

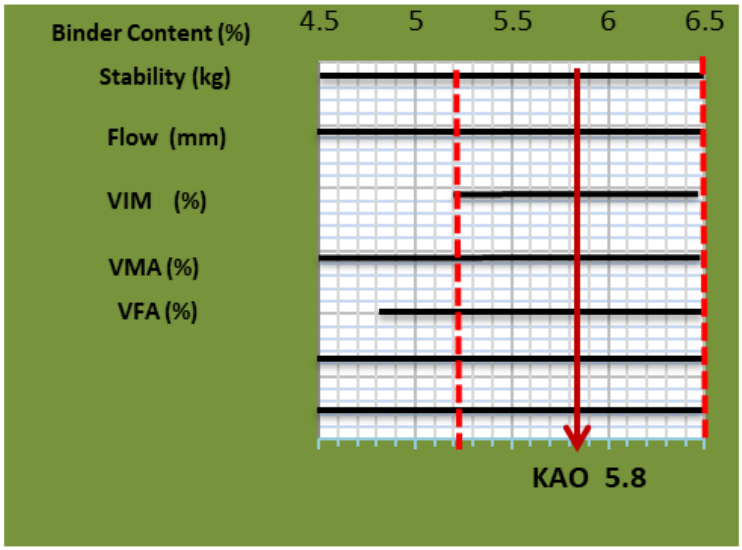
Sebelum melakukan analisis hasil pengujian *Marshall*, kita harus menghitung nilai karakteristik *Marshall* yang terdiri dari Stabilitas, *Flow*, *Voids in Mix* (VIM), *Voids in Mineral Aggregate* (VMA), *Voids Filled with Asphalt* (VFA), *Density*, dan *Marshall Quotient* (MQ) dengan menggunakan beberapa variasi kadar aspal untuk mendapatkan kadar aspal optimum. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6,0%, dan 6,5%. Dan masing-masing variasi kadar aspal rencana dipadatkan dengan jumlah tumbukan sebanyak 2 x 75 menggunakan pemadat *Marshall*. Berikut adalah hasil rekapitulasi karakteristik *Marshall* untuk mencari kadar aspal optimum dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2 Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Marshall Campuran AC-WC untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sifat-sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
Kadar Aspal (%)	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	
Stabilitas; kg	1198.46	1260.91	1293.42	1268.79	1196.88	≥800 kg
Flow; mm	3.17	2.80	2.70	2.77	3.03	2-4 mm
VIM (%)	6.180	5.222	4.527	4.318	4.117	3-5%
VMA (%)	15.888	16.025	15.957	16.315	16.675	≥ 15%
VFA (%)	61.102	67.553	72.100	73.592	75.552	≥ 65%
Density	2.253	2.261	2.263	2.265	2.251	≥2.2 kg/mm^3
MQ; kg/mm	381.25	454.96	483.28	460.74	395.18	Min. 250 kg/mm

E. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Nilai kadar aspal optimum yang ditentukan dengan merentangkan kadar aspal sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2018. Kadar aspal optimum yang baik adalah kadar aspal yang memenuhi semua sifat pada campuran yang diinginkan, tetapi tidak selalu diperoleh kadar aspal optimum yang memenuhi syarat, sehingga nilai-nilai kadar aspal optimum dapat diambil dari pengujian Marshall yang memenuhi batas-batas spesifikasi campuran. Berdasarkan perhitungan secara grafis, nilai kadar aspal optimum dapat dilihat pada **Gambar 2**. Berdasarkan grafik, komposisi campuran AC-WC (*Asphalt Concrete Wearing Course*) dengan aspal minyak pen 60/70 didapat nilai KAO sebesar 5,8%.



Gambar 2 Penentuan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO)

F. Analisis dan Hasil Pengujian Marshall Test Menggunakan RAP

Setelah melakukan analisis pengujian *marshall test* untuk penentuan kadar aspal optimum (KAO), selanjutnya dilakukan pengujian *Marshall* dengan subtitusi RAP, yang terdiri dari data Stabilitas, *Flow*, *Void in Mixture* (VIM*), Void in Mineral Aggregates* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Density* dan *Marshall Quotient* (MQ) dengan menggunakan

Metode Marshall Test Dengan menggunakan variasi yang telah kita tentukan. Dengan masing-masing 5 variasi tersebut Kadar RAP yang digunakan yaitu 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%.

Tabel 3 Rekapitulasi Pengujian Karakteristik Marshall Pada RAP Campuran AC-WC

Sifat-sifat Campuran	Hasil Pengujian RAP					Spesifikasi
Kadar Aspal (%)	0%	10%	20%	30%	40%	
Stabilitas; kg	1198.46	1251.46	1273,72	1185.85	1103,30	≥ 800 kg
Flow; mm	3.00	2.73	2.53	3.07	3.27	2-4 mm
VIM (%)	4.393	4.239	3.922	3.640	2.996	3-5%
VMA (%)	15.453	15.868	16.137	16.431	16.410	≥ 15%
VFA (%)	71.619	73.392	75.862	77.900	82.060	≥ 65%
Density	2.253	2.261	2.263	2.265	2.251	≥2.2 kg/mm^3
MQ; kg/mm	399.71	460.48	503.81	398.56	339.62	Min. 250 kg/mm

G. Analisis dan Hasil Pengujian Deformasi Menggunakan RAP

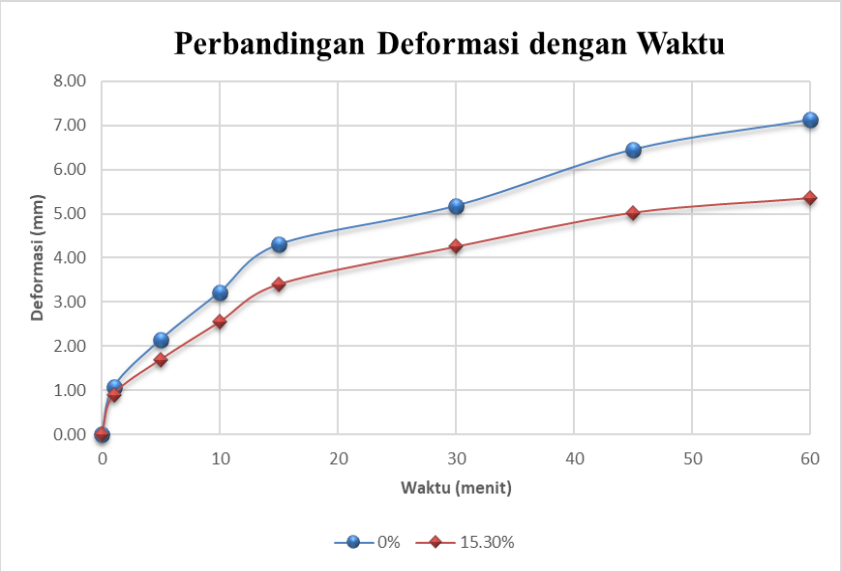
Untuk mengevaluasi ketahanan deformasi campuran dengan RAP, pengujian dilakukan dengan meninjau tiga parameter utama, yaitu kedalaman alur atau deformasi (mm) setelah dilalui sejumlah lintasan, laju deformasi (*rate of deformation*) dalam satuan mm/menit, serta stabilitas dinamis (*dynamic stability*). Nilai stabilitas dinamis menunjukkan jumlah lintasan yang dibutuhkan untuk membentuk alur pada perkerasan dan digunakan sebagai indikator kemampuan material dalam menahan deformasi permanen (*rutting*). Rekapitulasi Pengujian Deformasi Pada RAP Campuran AC-WC dapat dilihat pada **Tabel 4**

Tabel 4 Rekapitulasi Pengujian Deformasi pada RAP Campuran AC-WC

Waktu/Menit	Jumlah Siklus	VARIASI RAP		Satuan
		0.0	15.30%	
0	0	0.00	0.00	mm
1	42	1.08	0.90	mm
5	210	2.15	1.70	mm
10	420	3.23	2.55	mm
15	630	4.30	3.40	mm
30	1260	5.18	4.25	mm
45	1890	6.45	5.02	mm
60	2520	7.12	5.35	mm
Total Deformasi (D0)	:	4.21	3.31	mm
Stabilitas Dinamis (DS)	:	940.30	1909.09	in/mm
Laju Deformasi (RD)	:	0.045	0.022	mm/menit

Berdasarkan **Tabel 4**, terlihat bahwa penambahan RAP sebesar 15,30% memberikan pengaruh nyata terhadap penurunan deformasi pada campuran aspal. Pada setiap interval waktu mulai 1 menit hingga 60 menit, nilai deformasi pada campuran tanpa RAP (0% RAP) selalu lebih tinggi dibandingkan campuran dengan 15,30% RAP. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan RAP membuat campuran menjadi lebih kaku sehingga lebih mampu menahan alur (*rutting*). Total deformasi (D0) juga menurun dari 4,21 mm menjadi 3,31 mm, yang berarti campuran dengan RAP memiliki ketahanan deformasi yang lebih baik.

Dari parameter kinerja lainnya, Stabilitas Dinamis (DS) meningkat cukup signifikan dari 940,30 menjadi 1909,09, menunjukkan bahwa campuran dengan RAP dua kali lebih tahan terhadap pembebanan berulang. Selain itu, Laju Deformasi (RD) turun dari 0,045 mm/menit menjadi 0,022 mm/menit, menandakan bahwa campuran 15,30% RAP mengalami deformasi yang lebih lambat. Secara keseluruhan, tabel ini menunjukkan bahwa penggunaan RAP pada kadar 15,30% dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi plastis dan meningkatkan performa stabilitas dinamisnya.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Deformasi dengan Waktu

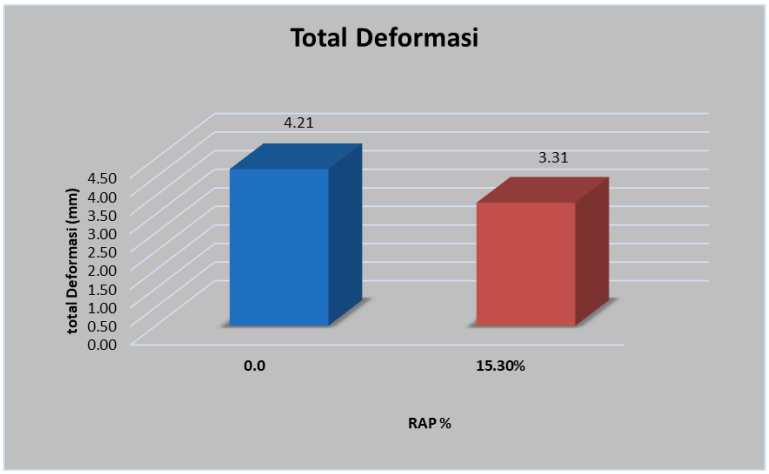
Gambar 3 menunjukkan bahwa seiring bertambahnya waktu, kedua campuran aspal terus mengalami peningkatan deformasi. Artinya, semakin lama material diberi beban, semakin besar perubahan bentuk yang terjadi. Namun, laju peningkatan deformasinya berbeda antara campuran tanpa RAP dan campuran yang menggunakan RAP.

Campuran tanpa RAP terlihat mengalami deformasi yang lebih besar sepanjang waktu pengujian. Material ini cenderung lebih mudah berubah bentuk ketika mendapat beban terus-menerus. Sementara itu, campuran yang mengandung RAP menunjukkan perkembangan deformasi yang lebih lambat. Kondisi ini menggambarkan bahwa keberadaan RAP membuat campuran menjadi lebih kaku dan lebih mampu menahan perubahan bentuk.

Secara keseluruhan, grafik tersebut menunjukkan bahwa penggunaan RAP dalam jumlah tertentu dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi jangka panjang. Campuran yang menggunakan RAP tampak lebih stabil, sedangkan campuran tanpa RAP lebih cepat mengalami perubahan bentuk ketika diuji dalam durasi yang sama.

Gambar 4 menunjukkan bahwa campuran tanpa RAP menghasilkan total deformasi sebesar 4,21 mm, sedangkan campuran dengan 15,30% RAP hanya mengalami deformasi 3,31 mm. Penurunan ini mengindikasikan bahwa penambahan RAP membuat campuran lebih kaku dan lebih tahan terhadap perubahan bentuk saat menerima beban.

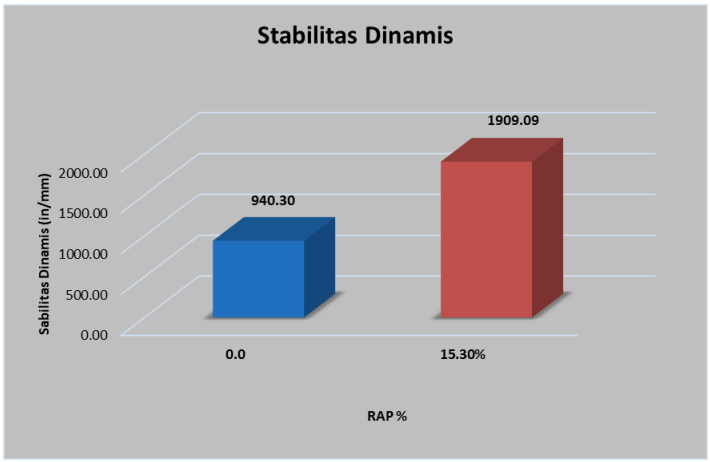
Secara teknis, penggunaan RAP biasanya membawa aspal lama yang lebih keras sehingga struktur campuran menjadi lebih stabil. Hal ini terlihat pada grafik, di mana deformasi semakin kecil ketika RAP ditambahkan. Dengan demikian, penerapan 15,30% RAP terbukti dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen (rutting) dibandingkan campuran tanpa RAP.



Gambar 4 Grafik Deformasi

Gambar 5 menunjukkan peningkatan yang sangat jelas ketika RAP ditambahkan ke dalam campuran. Campuran tanpa RAP hanya memiliki stabilitas dinamis sekitar 940,30 Lintasan/mm, sedangkan penggunaan 15,30% RAP membuat nilainya naik hampir dua kali lipat menjadi 1909,09 Lintasan/mm. Kenaikan ini menandakan bahwa campuran dengan RAP jauh lebih tahan terhadap deformasi permanen ketika menerima beban berulang dari kendaraan. Hal ini terjadi karena RAP membawa aspal lama yang sudah lebih keras, sehingga ketika dicampurkan kembali, sifat kekakuan campuran ikut meningkat dan membuat campuran lebih stabil saat diuji.

Secara teknis, penambahan RAP memberikan efek penguatan terhadap struktur campuran karena butiran RAP yang sudah terlapisi aspal lama memiliki daya ikat yang lebih kuat. Kondisi ini membantu campuran menjadi lebih padat dan tidak mudah mengalami perubahan bentuk pada suhu tinggi maupun tekanan lalu lintas berat. Dengan stabilitas dinamis yang lebih tinggi, campuran dengan 15,30% RAP menunjukkan potensi performa yang lebih baik dalam menahan rutting pada lapisan perkerasan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan RAP tidak hanya menghemat material, tetapi juga memberikan keuntungan dari sisi kekuatan dan ketahanan campuran terhadap pembebanan.

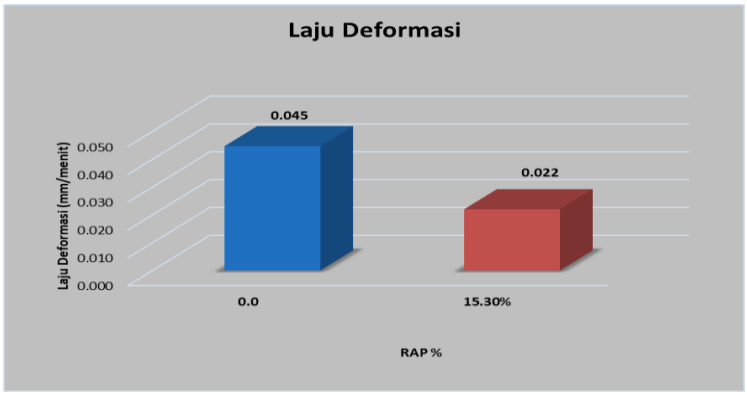


Gambar 5 Grafik Stabilitas Dinamis

Gambar 6 menunjukkan bahwa campuran tanpa RAP memiliki laju deformasi sebesar 0,045 mm/menit, sedangkan campuran dengan 15,30% RAP mengalami penurunan menjadi 0,022 mm/menit. Penurunan ini menunjukkan bahwa campuran dengan RAP lebih

lambat mengalami perubahan bentuk ketika diberikan beban secara terus-menerus. Semakin kecil nilai laju deformasi, semakin baik kemampuan campuran dalam menahan deformasi permanen, sehingga campuran dengan RAP terbukti memiliki ketahanan yang lebih tinggi.

Penurunan laju deformasi ini terjadi karena RAP membawa aspal lama yang sudah lebih kaku, sehingga ketika dicampurkan kembali, struktur campuran menjadi lebih keras dan stabil. Kekakuan tambahan ini membuat campuran tidak mudah mengalami deformasi dalam waktu singkat meskipun diberi beban berulang. Secara keseluruhan, penggunaan RAP tidak hanya meningkatkan kekuatan campuran, tetapi juga memperlambat proses deformasi, sehingga campuran lebih tahan terhadap rutting dan lebih cocok untuk kondisi lalu lintas berat.



Gambar 6 Grafik Laju Deformasi

H. Pembahasan

a) Analisis Karakteristik Campuran AC-WC Pada RAP

Penambahan RAP terbukti memberikan pengaruh yang signifikan terhadap karakteristik campuran aspal. Pada kadar 15,30%, RAP mampu meningkatkan stabilitas dengan nilai 1263,05 kg, campuran ini secara optimal karena aspal lama yang lebih kaku membantu memperkuat struktur campuran. Meskipun demikian, bila kadar RAP ditingkatkan terlalu tinggi, campuran menjadi terlalu kaku dan kehilangan fleksibilitas yang diperlukan untuk menahan beban, sehingga beberapa parameter mulai mengalami penurunan performa.

Dari sisi keruntuhan dan karakteristik fisik, nilai *flow* mengalami penurunan pada kadar RAP rendah karena campuran menjadi lebih kaku, tetapi meningkat kembali pada kadar yang lebih tinggi akibat penambahan binder baru yang lebih lunak. Nilai VIM cenderung menurun seiring meningkatnya RAP karena campuran menjadi lebih rapat, sedangkan nilai VMA meningkat karena tekstur RAP yang lebih kasar membuat susunan agregat kurang padat. Selain itu, nilai VFA juga bertambah karena lebih banyak rongga yang terisi aspal, sehingga campuran menjadi lebih padat namun tetap berada dalam batas spesifikasi.

Nilai *density* menunjukkan sedikit kenaikan pada RAP rendah lalu menurun kembali pada kadar tinggi akibat penurunan kemampuan pemadatan. Sementara itu, *Marshall Quotient* meningkat pada kadar RAP rendah hingga menengah karena campuran menjadi lebih stabil berkat kekakuan tambahan dari aspal tua, namun kembali menurun pada RAP tinggi karena campuran menjadi terlalu kaku dan sulit dipadatkan. Secara keseluruhan, penggunaan RAP hingga 15,30% dapat dianggap paling efektif karena memberikan keseimbangan terbaik antara kekakuan, fleksibilitas, dan stabilitas campuran.

b) Analisis Pengujian *Wheel Tracking Machine* AC-WC Pada RAP

Dari hasil pengujian *wheel tarcking machine* terlihat bahwa Campuran tanpa RAP menunjukkan deformasi yang lebih besar dan meningkat lebih cepat seiring bertambahnya waktu pembebanan. Total deformasi pada campuran tanpa RAP mencapai 4,21 mm, sedangkan campuran dengan 15,30% RAP hanya mengalami deformasi 3,31 mm. Perbedaan ini menggambarkan bahwa penambahan RAP memberikan peningkatan kekakuan pada campuran, sehingga perubahan bentuk yang terjadi selama pembebanan menjadi lebih kecil. Aspal lama dalam RAP yang sifatnya lebih keras membuat campuran cenderung lebih stabil terhadap tekanan yang diberikan dalam jangka waktu tertentu.

Selain itu, stabilitas dinamis pada campuran dengan RAP meningkat secara signifikan. Jika campuran tanpa RAP hanya memiliki stabilitas dinamis sebesar 940,30 lintasan/mm, penggunaan 15,30% RAP mampu meningkatkan nilai tersebut menjadi 1909,09 lintasan/mm. Kenaikan hampir dua kali lipat ini menunjukkan bahwa campuran dengan RAP jauh lebih tahan terhadap beban berulang seperti yang terjadi pada lalu lintas sebenarnya. Butiran RAP yang sudah terlapisi aspal keras memberikan daya ikat tambahan yang membantu campuran lebih padat dan tidak mudah mengalami kerusakan akibat *rutting*.

Laju deformasi juga menunjukkan perbedaan yang jelas antara kedua campuran. Campuran tanpa RAP memiliki laju deformasi sebesar 0,045 mm/menit, sedangkan campuran dengan 15,30% RAP hanya 0,022 mm/menit. Nilai yang lebih kecil ini menandakan bahwa campuran dengan RAP mengalami perubahan bentuk lebih lambat meskipun diberi beban secara terus-menerus. Secara keseluruhan, penambahan RAP terbukti meningkatkan kekakuan, stabilitas, dan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen, sehingga lebih cocok digunakan pada perkerasan yang menerima beban lalu lintas berat dan membutuhkan performa jangka panjang yang lebih baik.

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian terkait Kajian Pemanfaatan *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Beban Lalu Lintas, Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian *Marshall test* terlihat Penggunaan RAP terbukti memberikan pengaruh nyata terhadap kinerja campuran aspal, di mana kadar 15,30% RAP menjadi kondisi paling optimal yang memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga 2018. Karakteristik *Marshall* seperti stabilitas, *flow*, *air void* (VIM, VMA, dan VFA), serta *Marshall Quotient* umumnya memenuhi persyaratan tersebut.
2. Hasil pengujian *wheel tracking machine* menunjukkan bahwa campuran tanpa RAP mengalami deformasi yang lebih besar dengan total deformasi mencapai 4,21 mm, sedangkan campuran dengan 15,30% RAP hanya sebesar 3,31 mm, menandakan bahwa penambahan RAP meningkatkan kekakuan dan membuat campuran lebih stabil terhadap pembebanan.

5. DAFTAR PUSTAKA

AASHTO. 1982. Standart Spesification For Transportation Materials and Method of Sampling and Testing, Part I: Specification.

Alifuddin, A., Kasim, M. R., & Said, L. B. (2024). Perilaku Rutting dan Modulus Kekakuan dengan Penguatan Serat Ijuk pada Campuran Beton Aspal. MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL, 29(2), 223–232. https://doi.org/10.14710/MKTS.V29I2.53190

Alwi, A., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2022). Analisis Uji Ketahanan Deformasi pada Campuran Aspal Beton dengan Bahan Tambah Anti Stripping Astive-05 terhadap

Variasi Temperatur. Jurnal Flyover, 2(2), 111–122. https://doi.org/10.52103/JFO.V2I2.1348
Audrey Copeland (2011). ‘’ Reclaimed Asphalt Pavement in Asphalt Mixtures: State of the Practice: A Case Study," Transportation Research Record 2179, Transportation Research Board, Washington, DC.
Authors Unknown. (2022). Mechanical properties evaluation of asphalt mixtures with variable contents of reclaimed asphalt pavement (RAP). Results in Engineering, Volume 14, 100463.DOI: 10.1016/j.rineng.2022.100463
Basri, N. B., Ashad, H., & Alifuddin, A. (2025). Kajian Ketahanan Deformasi dan Keausan dengan Penambahan Anti Stripping (WETFIX-BE) pada Perkerasan Hotmix dan Warmix. Jurnal Flyover, 5(2), 283–298. https://doi.org/10.52103/JFO.V5I2.2243
Bina Marga. 1983. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston).
Bina Marga. 2010. Campuran Beraspal Panas.
Copeland, A., et al. (2010). "Field Evaluation of a High Reclaimed Asphalt Pavement/Warm Mix Asphalt Project in Florida: A Case Study," Transportation Research Record 2179, Transportation Research Board, Washington, DC.
Fatra Hariz Akrom, Sasana Putra, & Dwi Herianto. (2020). Stabilitas Campuran Aspal Berbahan Dasar Reclaimed Asphalt Pavement (RAP). Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD).DOI: https://doi.org/10.23960/jrsdd.v8i3.1495.
Fitra, A., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2025). Penggunaan Asbuton Berbutir sebagai Bahan Subtitusi Parsial Agregat Halus pada Campuran Aspal Beton Lapis Antara (AC-BC). Jurnal Flyover, 5(1), 35–46. https://doi.org/10.52103/JFO.V5I1.2161
Haslindah, Basri Said, L., & Syafei, I. (2021). Prioritas Penanganan Ruas Jalan Nasional di Pulau Sumba dengan Metode Analytical Hierarchy Proses (AHP). Jurnal Flyover, 1(2), 17–27. https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.747
I N. Arya Thanaya; I G. Raka Purbanto; A.A.G. Wirahadi. (2015). Performance of Sand Sheet Asphalt Mixture Incorporating Reclaimed Asphalt Pavement. Jurnal HPJI Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia). DOI: https://doi.org/10.26593/jh.v1i1.1435.%25p.
Jihad, A., Kasim, M. R., B, B., & Mahendra, M. I. (2023). ANALISIS TINGKAT KERUSAKAN FLEXIBLE PAVEMENT DENGAN MENGGUNAKAN METODE SURFACE DISTRESS INDEX (SDI) DALAM PENENTUAN PENANGANAN JALAN. Jurnal Cahaya Mandalika ISSN 2721-4796 (Online), 3(2), 1825–1831. https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jcm/article/view/2417
Masri, Yumin; Siahaya, Vera Th. C.; Istia, Penina T. (2023). Pengaruh Penambahan Aspal Terhadap Stabilitas Marshall Pada Material Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Di Ruas Jalan Jenderal Sudirmal– Rijali Kota Ambon. Jurnal Indonesia Sosial Teknologi. DOI: https://doi.org/10.59141/jist.v4i5.614.
Misdawati, Said, L. B., & H, S. M. (2021). Analisis Penurunan Umur Rencana Jalan Akibat Volume Kendaraan dan Kelebihan Muatan Pada Ruas Jalan Jend. Ahmad Yani Kota Parepare. Jurnal Flyover, 1(2), 38–47. https://doi.org/10.52103/JFO.V1I2.749
Mulyo, S. A., Said, L. B., & H, S. M. (2023). Analisis Pemeliharaan Jalan Nasional dengan Metode Bina Marga dan PCI Pada Ruas Jalan Slamet Riyadi Kota Samarinda. Jurnal Flyover, 3(1), 51–59. https://doi.org/10.52103/JFO.V3I1.1508
National Asphalt Pavement Association. (2009). How to Increase RAP Usage and Ensure Pavement Performance, NAPA, Lanham, MD.
Natsir, K., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2025). Pengaruh Penggunaan Minyak Pelumas Bekas Terhadap Lapisan Aspal Beton dan Prediksi Sisa Umur Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Mekanistik Empirik Program Kenpave. Jurnal Flyover, 5(1), 23–34. https://doi.org/10.52103/JFO.V5I1.2160
Nisrina Nadhifah & Purwo Mahardi. (2025). Kinerja Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC–WC) dengan Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) sebagai Agregat

Halus dan Filler Abu Batu. Jurnal Media Publikasi Terapan Transportasi.DOI: https://doi.org/10.26740/mitrans.v3n2.p140-155

Raharja, F., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2024). Kajian Prioritas Penanganan Jalan Menggunakan Aplikasi PKRMS Kombinasi dengan Metode AHP. Jurnal Flyover, 4(2), 265–274. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2195

Reyes-Ortiz, O. A., Berardinelli, E. A., Alvarez, A. E., & Carvajal-Muñoz, J. S. (2012). Evaluation of Hot Mix Asphalt Mixtures with Replacement of Aggregates by Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) Material. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 53:379–388.

S, S., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2024). Kajian Tebal Lapis Permukaan dengan Metode Manual Desain Perkerasan Jalan dan Metode AASTHO. Jurnal Flyover, 4(2), 257–264. https://doi.org/10.52103/JFO.V4I2.2194

SKBI-2.4.26. 1987. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (laston) Untuk Jalan Raya.

Sukran, M. R. S., Said, L. B., & Alifuddin, A. (2025). Kajian Penggunaan Anti Stripping Wetbond-Sp dan Wetfix-Be Pada Campuran AC-WC terhadap Durabilitas. Jurnal Flyover, 5(2), 269–282. https://doi.org/10.52103/JFO.V5I2.2242

Thanaya, I N. Arya; Purbanto, I G. Raka; Wirahadi, A.A.G. (2015). Performance of Sand Sheet Asphalt Mixture Incorporating Reclaimed Asphalt Pavement. DOI: https://doi.org/10.26593/jh.v1i1.1435.

Ulfa Citra Mega, Sasana Putra, & Muhammad Karami. (2023). Karakteristik Campuran Aspal Panas Menggunakan Bahan Campuran RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) Pada Berbagai Ukuran Agregat Nominal. Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD).DOI: https://doi.org/10.23960/jrsdd.v8i3.1447.

Zulfadli, Said, L. B., & Syarkawi, M. T. (2025). Kajian Tingkat Kerusakan Perkerasan Jalan dengan Metode Pavement Condition Index (PCI) dan Metode International Roughness Index (IRI). Jurnal Flyover, 5(1), 139–152. https://doi.org/10.52103/JFO.V5I1.2224