

## Evaluasi Awal Kualitas Campuran Aspal Daur Ulang Laston Bekas Patching Menggunakan Metode Ekstraksi Sentrifugal Dan Uji Marshall

Ammar Fadhil <sup>(1)</sup>, Romaynoor Ismy <sup>(2)</sup>, Kumita <sup>(3)</sup>, Romi Heriadi <sup>(4)</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Almuslim, Bireuen

<sup>4</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Almuslim, Bireuen

[ammarfadhil@umuslim.ac.id](mailto:ammarfadhil@umuslim.ac.id) 1, [romaynoor@yahoo.co.id](mailto:romaynoor@yahoo.co.id) 2, [kumita@umuslim.ac.id](mailto:kumita@umuslim.ac.id) 3

### ABSTRACT

*Sustainable road infrastructure development demands the use of efficient and environmentally friendly materials, one of which is the recycling of reclaimed asphalt pavement (RAP). This study evaluates the quality of recycled asphalt mixtures produced from patched laston by adding new aggregate and asphalt. The main issues encountered are non-conforming aggregate gradation and low mixture stability. The research method includes asphalt recovery using the centrifugal extraction method, aggregate gradation analysis, and testing of asphalt's physical properties and Marshall parameters, referring to the 2018 Bina Marga Revision 3 standard. The results show that the optimum asphalt content (OAC) of 5.21% increased the stability from 1017 kg to 1125 kg and improved the Marshall Quotient from 234.47 kg/mm to 304.55 kg/mm. The flow value also improved from 4.40 mm to 3.73 mm, meeting the specification requirements. The addition of new aggregate and asphalt significantly enhanced the mixture quality, making it suitable for road pavement applications. The study recommends optimizing the use of recycled materials, conducting further durability tests, and implementing field trials to ensure the methods align with actual project conditions.*

**Keywords :** Recycled Asphalt, Centrifugal Extraction, Physical Properties, OBC, Marshall Parameters.

### ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur jalan berkelanjutan menuntut penggunaan material yang efisien dan ramah lingkungan, salah satunya melalui daur ulang aspal bekas. Penelitian ini mengevaluasi kualitas campuran aspal daur ulang dari laston bekas patching dengan penambahan agregat dan aspal baru. Masalah utama yang dihadapi adalah gradasi agregat yang tidak sesuai dan rendahnya stabilitas campuran. Metode penelitian mencakup ekstraksi aspal menggunakan metode ekstraksi sentrifugal, analisis gradasi agregat, serta uji sifat fisis aspal dan parameter Marshall menggunakan acuan Bina Marga revisi 3 2018. Hasil menunjukkan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,21% memberikan peningkatan stabilitas dari 1017 kg menjadi 1125 kg, dan Marshall Quotient dari 234,47 kg/mm menjadi 304,55 kg/mm. Nilai flow juga membaik dari 4,40 mm menjadi 3,73 mm, sesuai spesifikasi. Penambahan agregat dan aspal baru terbukti meningkatkan kualitas campuran, menjadikannya layak untuk perkerasan jalan. Disarankan optimalisasi penggunaan material daur ulang, pengujian lanjutan terhadap ketahanan campuran, serta uji coba lapangan untuk menjamin kesesuaian metode dengan kondisi nyata.

**Kata kunci:** Aspal Daur Ulang, Ekstraksi Sentrifugal, Sifat Fisis, KAO, Parameter Marshall.

## 1. Pendahuluan

Jalan raya merupakan infrastruktur sebagai prasarana transportasi yang menunjang pergerakan manusia dan barang. Dalam menunjang fungsinya, lapisan perkerasan jalan harus memenuhi standar teknis agar dapat mendukung kelancaran dan keselamatan lalu lintas. Salah satu komponen utama dalam konstruksi perkerasan adalah aspal, yang berfungsi sebagai perekat agregat untuk membentuk permukaan jalan yang kokoh dan tahan lama (Zhang et al., 2024).

Seiring meningkatnya kebutuhan pembangunan infrastruktur, permintaan terhadap aspal pun turut meningkat. Namun, ketergantungan terhadap aspal dari sumber alam, terutama dari minyak bumi, menjadi tantangan tersendiri, baik dari sisi biaya maupun kelestarian lingkungan (Jin et al., 2024). Oleh karena itu, pendaurulangan aspal bekas (Reclaimed Asphalt Pavement/RAP) menjadi alternatif yang sangat potensial untuk mengurangi ketergantungan tersebut serta mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan (Zou et al., 2024).

Ekstraksi aspal adalah proses pemisahan dan pengolahan aspal dari bahan baku seperti minyak mentah atau deposit aspal alami. Aspal yang berasal dari minyak bumi diperoleh melalui proses destilasi di kilang minyak, sedangkan aspal alami diekstraksi dari batuan beraspal atau danau aspal. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan aspal dengan karakteristik yang sesuai untuk berbagai aplikasi konstruksi dan industri (Akinmade et al., 2024).

Dengan perkembangan teknologi, proses daur ulang aspal kini dapat dilakukan secara lebih efisien, baik dari segi teknis maupun biaya. Salah satu metode evaluasi kualitas campuran aspal daur ulang adalah melalui uji karakteristik Marshall (Liu et al., 2024).

Menurut (Mendonça et al., 2024), penerapan teknik daur ulang pada pekerjaan

pemeliharaan jalan dapat menghemat hingga 34% dibandingkan metode peningkatan jalan konvensional. Daur ulang lapisan aspal eksisting, terutama laston, tidak hanya memanfaatkan kembali material yang ada, tetapi juga mengurangi kebutuhan agregat baru dan biaya pelapisan ulang (*overlay*) yang kerap menyebabkan desain berlebihan (Hemida et al., 2021).

Uji karakteristik Marshall digunakan untuk mengevaluasi kualitas campuran aspal berdasarkan tiga parameter utama: stabilitas (kemampuan menahan beban), flow (deformasi plastis), dan MQ (rasio stabilitas terhadap flow). Parameter ini menjadi dasar dalam menentukan kualitas dan ketahanan campuran aspal hasil daur ulang (Ammar Fadhil & Hanyta Khairunnisa, 2024).

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini difokuskan untuk menjawab tiga pokok permasalahan, yaitu: berapa besar nilai stabilitas yang dimiliki oleh campuran aspal panas existing, seberapa besar penambahan kadar aspal dan gradasi agregat yang diperlukan untuk meningkatkan stabilitas serta mutu laston hasil daur ulang, dan apakah lapisan perkerasan laston bekas yang telah didaur ulang mampu menahan beban lalu lintas secara efektif (Ismy et al., 2021).

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental menggunakan material laston bekas dari lokasi patching di Jalan Elak Geulanggang, Bireuen. Material ini akan diekstraksi dan diuji di Laboratorium Perkerasan Jalan, Fakultas Teknik Universitas Almuslim. Proses daur ulang dilakukan dengan menambahkan gradasi agregat baru dan aspal penetrasi 60/70 sesuai hasil pengujian ekstraksi sebelumnya. Evaluasi dilakukan menggunakan metode Marshall Bina Marga 2018 Revisi 3 untuk menilai karakteristik campuran hasil daur ulang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas campuran aspal daur ulang dengan penambahan agregat dan

aspal baru, serta pengaruhnya terhadap parameter Marshall. Metode yang digunakan meliputi ekstraksi aspal dari

## 2. Metode

### 2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui metode eksperimental di Laboratorium Perkerasan Jalan, Fakultas Teknik Universitas Almuslim. Data dikumpulkan dari material aspal bekas yang diambil dari lokasi patching permukaan Jalan Elak Geulanggang Bireuen. Material ini kemudian diekstraksi untuk mengetahui kadar aspal yang tersisa dan gradasi agregat yang terkandung.

Setelah proses ekstraksi, dilakukan pencampuran kembali dengan penambahan agregat dan aspal baru (aspal penetrasi 60/70 dari PT Shell Bitumen) untuk menghasilkan campuran aspal daur ulang. Proses pencampuran mengacu pada gradasi ideal agar diperoleh campuran yang memenuhi syarat stabilitas dan kualitas teknis.

Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal, meliputi: stabilitas Marshall, flow, Marshall Quotient (MQ), dan parameter lain sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 3.

### 2.2 Material dan Peralatan

Laston bekas yang masih potensial dan dapat dimanfaatkan lagi sesuai dengan spesifikasi teknis. Peralite sebagai bahan ekstraksi untuk memisahkan gradasi agregat dan bitumen. Agregat baru yang akan digunakan dari PT. Takabeya sebagai agregat tambahan untuk menyempurnakan kekurangan agregat bekas dalam mencapai stabilitas yang baik. Aspal tambahan yang akan digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 produksi PT. Shell Bitumen.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan sifat-sifat agregat, analisa saringan, sifat-sifat fisis

laston bekas patching menggunakan pelarut Peralite, diikuti dengan analisis gradasi agregat dan pengujian sifat fisis aspal.

aspal, alat Uji Ekstraksi Sentrifugal dan percobaan Marshall yang berlokasi di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Almuslim.

### 2.3 Sumber Data

Sumber data dalam penelitian ini terdiri dari: Data primer diperoleh hasil uji laboratorium sifat fisis aspal, sifat fisis agregat terhadap material laston bekas, campuran agregat, dan aspal hasil daur ulang. Data sekunder: literatur, jurnal ilmiah, spesifikasi teknis (Bina Marga 2018 Revisi 3).

### 2.4 Rancangan Benda Uji

Dalam penelitian ini menggunakan gradasi baik menurus dengan komposisi pencampuran agregat kasar, halus dan filler untuk jenis lapisan perkerasan aspal AC-BC. Terdapat 3 buah benda uji eksisting campuran aspal murni dan 3 benda uji hasil ekstraksi sentifugal aspal dengan total 6 benda uji.

### 2.5 Perencanaan Campuran Aspal dan Pengujian Ekstraksi

Perencanaan campuran aspal ekstraksi merupakan tahap penting dalam rekayasa jalan yang bertujuan untuk memastikan kualitas dan ketahanan perkerasan aspal. Proses ini melibatkan analisis dan evaluasi komposisi agregat serta kadar aspal dalam campuran yang telah digunakan atau diambil dari perkerasan yang ada. Tahapan Preparasi Sampel Aspal. Sampel Bongkahan aspal di ambil dari hasil Patching di lapangan yang berlokasi jalan elak Geulanggang kabupaten Bireuen. Sampel pada saat di ambil berukuran besar  $\pm 20$  cm x 15 cm, kemudian dihancurkan menjadi ukuran-ukuran kecil. Penghancuran ini dilakukan untuk menyeragamkan ukuran campuran

aspal yang akan diekstrak. Mengubah ukuran sampel bongkahan aspal menjadi lebih kecil memudahkan sampel masuk kedalam alat pengujian ekstraksi sentrifugal (Keumala et al., 2023).

(Hassanifard & Behdinan, 2024) Pemeriksaan kadar aspal dilakukan untuk mengetahui kadar aspal yang terkandung dalam komposisi campuran aspal. Pemeriksaan kadar aspal dilakukan dengan cara ekstraksi yaitu pemisahan campuran dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut dengan bahan bakar minyak pertalite yang bisa melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran tersebut, sedangkan pemeriksaan kadar *filler* yang terkandung dalam campuran dilakukan dengan cara yang sama dengan pemeriksaan kadar aspal (Ziyani et al., 2017). Pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah pertalite. Pemeriksaan kadar aspal dan *filler* mengacu pada peraturan SNI 03 6984 2002 dalam Bina

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pembahasan Pemeriksaan gradasi agregat dilakukan dengan menggunakan analisa saringan. Dari hasil pemeriksaan yang dilakukan dapat di simpulkan bahwa agregat tersebut tidak dapat digunakan langsung dalam campuran karena tidak memenuhi spesifikasi gradasi yang disyaratkan. Oleh karena itu, harus dilakukan penyesuaian gradasi terlebih dahulu sehingga agregat tersebut memenuhi syarat spesifikasi yang telah ditetapkan.

Gradasi yang digunakan dalam dalam penelitian ini adalah gradasi menerus (gradasi baik) berdasarkan nilai tengah dari spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 3 untuk

Marga 2018 revisi 3 dengan menggunakan metode pengujian kadar aspal dan campuran beraspal dengan cara Ekstraksi sentrifugal aspal (Ellida Novita Lydia et al., 2017).

Analisis Data hasil uji laboratorium dianalisis menggunakan metode Marshall untuk mengetahui: Nilai stabilitas campuran (kemampuan menahan beban sebelum deformasi), Nilai flow (deformasi plastis akibat beban), Nilai Marshall Quotient (rasio stabilitas terhadap flow), Kadar aspal optimum berdasarkan parameter-parameter tersebut. Selain itu, hasil ekstraksi dianalisis untuk menentukan komposisi agregat yang sesuai standar gradasi, serta penyesuaian kadar aspal yang perlu ditambahkan agar campuran hasil daur ulang memenuhi kriteria teknis dan kekuatan struktural. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian material existing, campuran modifikasi, dan standar rujukan (Xing et al., 2024).

campuran laston lapisan (AC-BC). Akumulasi tertahan agregat kasar 49,11%, agregat halus 47,6% dan filler 3,29%.

Hasil Pemeriksaan Sifat fisi Aspal shell bitumen 60/70, berat jenis aspal 1,034 dengan nilai penetrasi 64, nilai daktilitas 128 dan titik lembek 51, hasil ini telah memenuhi pesyaratan sifat fisis aspal.

Data hasil pemeriksaaan laboratorium terhadap sifat-sifat fisis agregat dari hasil sesudah diekstraksi akan disajikan dalam bentuk tabel. Pemeriksaan sifat-sifat fisis ini meliputi pemeriksaan berat jenis, penyerapan, berat isi. Disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Hasil Sifat Fisis Agregat

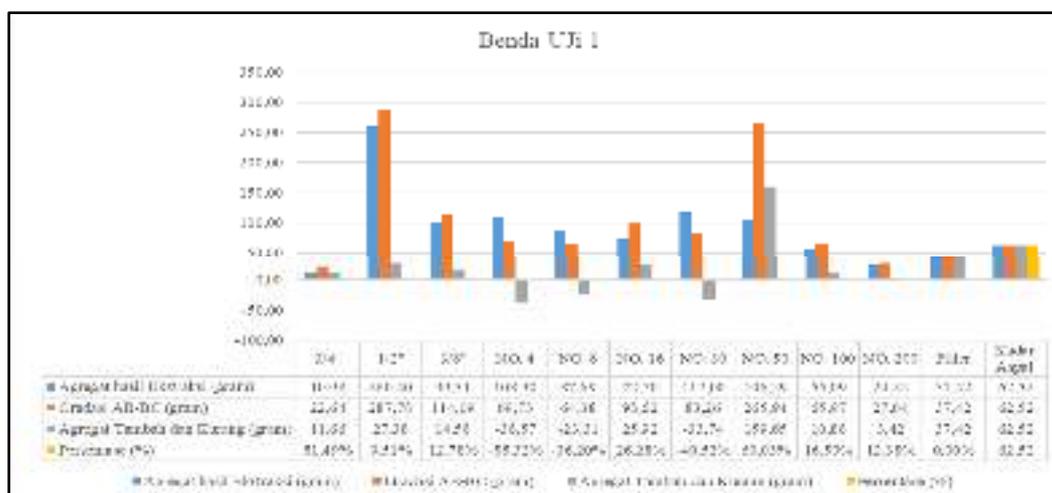
No	Uraian	Hasil		
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
1	Berat jenis kering bulk	977,07	977,36	976,57
2	Berat jenis (SSD)	998,18	996,32	997,11
3	Berat jenis semu (Apparent)	879,6	881,52	877,41
4	Penyerapan air (absorpsi) (%)	0,965	0,943	0,954

Data Hasil Hasil pengujian kadar aspal setelah diekstraksi menggunakan larutan pertalite pada masing-masing benda uji dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:

No	Uraian Pengujian	Satuan	Rumus	Sampel Hasil		
				BU 1	BU 2	BU 3
A	Berat Benda Uji Sebelum diekstraksi	gr		1000,05	1000,04	1000,03
B	Berat Filter Sebelum Pengujian	gr		26,48	26,45	26,43
C	Berat Filter Sesudah Pengujian	gr		29,82	29,93	30,02
D	Berat Debu	gr	C - B	3,34	3,48	3,59
E	Berat Agregat Sesudah diekstraksi	gr		973,73	973,88	972,98
F	Berat Total Agregat	gr	E + D	977,07	977,36	976,57
G	Berat Aspal	gr	A - F	22,98	22,68	23,46
H	Kadar Aspal Terhadap Agregat	gr	(G/F)x100	2,35	2,32	2,40
I	Kadar Aspal Terhadap Campuran	gr	(G/A)x100	2,30	2,27	2,35
Rata-rata Kadar Aspal Terhadap Campuran				2,30		

Perkiraan Kadar Aspal Optimum didapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh adalah sebesar 5,21% yang memenuhi persyaratan parameter Marshall untuk campuran aspal beton (AC-BC). Nilai KAO 5,21% digunakan untuk membuat benda uji dari hasil ekstraksi.

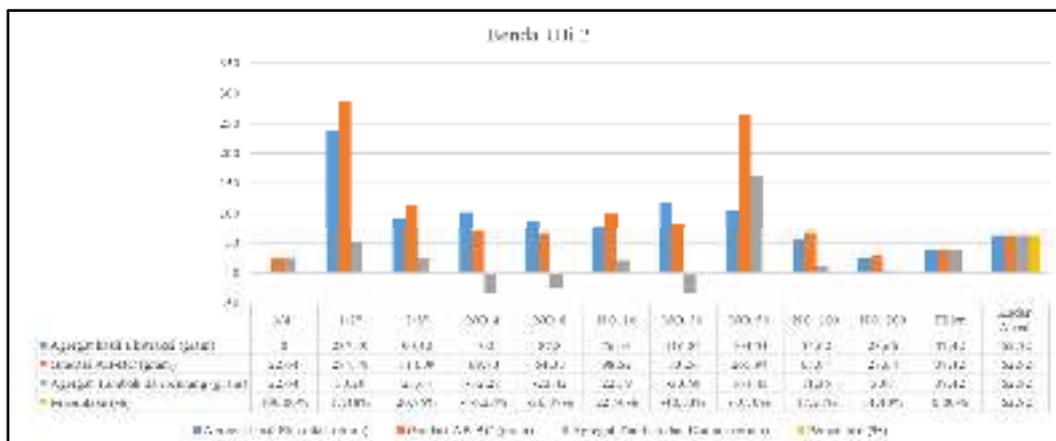
Dari hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) yang telah di ekstraksi, selanjutnya akan dilakukan job mix designs terhadap agregat, filler dan aspal dibuatkan masing-masing benda uji dengan kadar agregat yang telah dilakukan ekstraksi, kemudian dilakukan pengujian pada masing-masing benda uji untuk mendapatkan hasil parameter marshall stabilitas, Flow dan MQ.



Gambar 1. Grafik Hasil Perbandingan Analisa Saringan pada Benda Uji 1

Pada Gambar 1 Hasil analisis dari grafik Benda Uji 1 menunjukkan perbandingan antara agregat hasil ekstraksi dan gradasi AB-BC dalam berbagai ukuran saringan, dengan selisih nilai yang ditunjukkan oleh agregat tambah dan kurang serta persentasenya. Terlihat bahwa ukuran agregat pada saringan 1/2" dan NO. 50 memiliki perbedaan yang signifikan, di mana saringan 1/2" menunjukkan persentase sebesar 9,51% dan NO. 50 mencapai 60,03%. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi agregat pada sampel hasil ekstraksi tidak sepenuhnya sesuai dengan

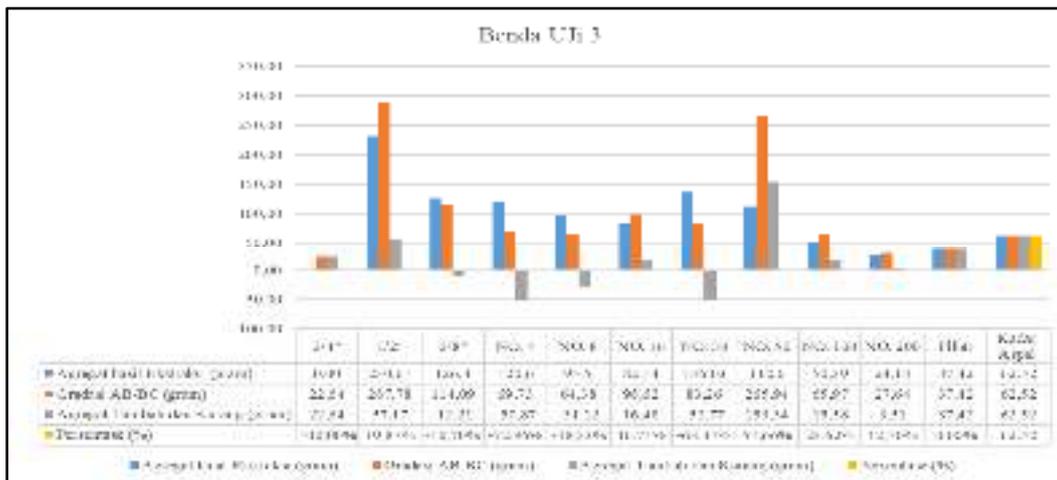
gradasi AB-BC yang diharapkan, terutama pada beberapa ukuran tertentu seperti NO. 4 yang memiliki nilai negatif (-55,32%), menandakan kekurangan material pada fraksi tersebut. Selain itu, kadar asphalt tetap pada nilai 62,52%, yang menunjukkan kestabilan dalam campuran asphalt. Perbedaan distribusi agregat ini dapat disebabkan oleh variasi dalam proses pencampuran atau ekstraksi, sehingga perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut untuk menyesuaikan campuran agar sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.



Gambar 2. Grafik Hasil Perbandingan Analisa Saringan pada Benda Uji 2

Pada Gambar 2 Hasil pengujian gradasi agregat AB-BC pada Benda Uji 2 menunjukkan adanya perbedaan signifikan antara agregat hasil ekstraksi dan gradasi AB-BC yang diharapkan, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai agregat tambah dan kurang serta persentasenya pada berbagai ukuran saringan. Terlihat bahwa saringan 3/4" memiliki deviasi terbesar dengan kekurangan material sebesar 22,64 gram (100%), sementara saringan 1/2" dan 3/8" menunjukkan kelebihan material masing-masing sebesar 17,48% dan 20,75%. Di sisi lain, beberapa fraksi seperti No. 4 dan No. 30 mengalami kekurangan signifikan dengan persentase -46,28% dan -40,33%,

yang mengindikasikan bahwa agregat dalam sampel hasil ekstraksi tidak merata sesuai spesifikasi yang ditargetkan. Namun, pada fraksi No. 50 terjadi kelebihan material sebesar 60,70%, menunjukkan dominasi ukuran ini dalam campuran. Kadar asphalt tetap stabil di angka 62,52%, yang menandakan kesesuaian dalam aspek kadar asphalt meskipun beberapa terdapat ketidaksesuaian dalam distribusi agregat. Ketidakseimbangan ini dapat berpengaruh terhadap karakteristik campuran asphalt dan perlu dilakukan evaluasi serta penyesuaian dalam proses pencampuran untuk mencapai gradasi yang lebih optimal sesuai standar yang ditetapkan.



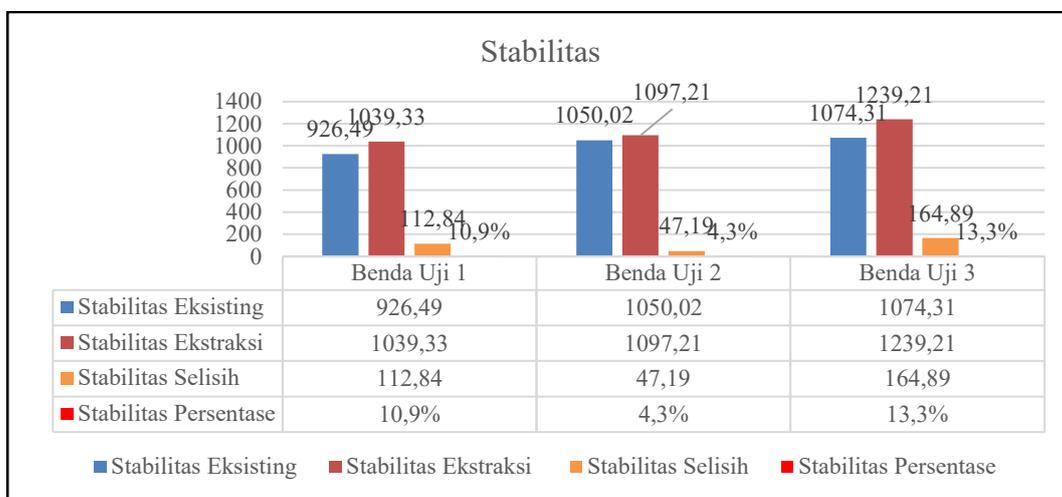
Gambar 3. Grafik Hasil Perbandingan Analisa Saringan pada Benda Uji 3

Pada Gambar 3 Hasil analisis gradasi agregat pada Benda Uji 3 menunjukkan adanya ketidaksesuaian antara agregat hasil ekstraksi dan gradasi AB-BC yang diharapkan, sebagaimana terlihat pada selisih nilai agregat tambah dan kurang. Ukuran agregat pada saringan 3/4" mengalami kekurangan signifikan sebesar 100%, menunjukkan tidak adanya material pada fraksi ini, sedangkan saringan 1/2" mengalami kelebihan material sebesar 19,87%, yang dapat mempengaruhi kepadatan dan kekuatan campuran.

Saringan 3/8" dan No. 4 mengalami kekurangan material dengan persentase masing-masing -10,70% dan -72,96%, yang berpotensi mengubah tekstur dan kestabilan campuran. Sementara itu, fraksi No. 50 menunjukkan kelebihan material sebesar 57,66%, yang dapat menyebabkan perubahan dalam distribusi beban dan durabilitas perkerasan. Meskipun kadar aspal tetap stabil di angka 62,52%, distribusi agregat yang tidak merata dapat berpengaruh terhadap kualitas campuran secara keseluruhan.

Pembahasan hasil eksisting patching aspal yang langsung dilakukan pengorengan percampuran murni dan hasil patching yang diekstraksi ditambahkan

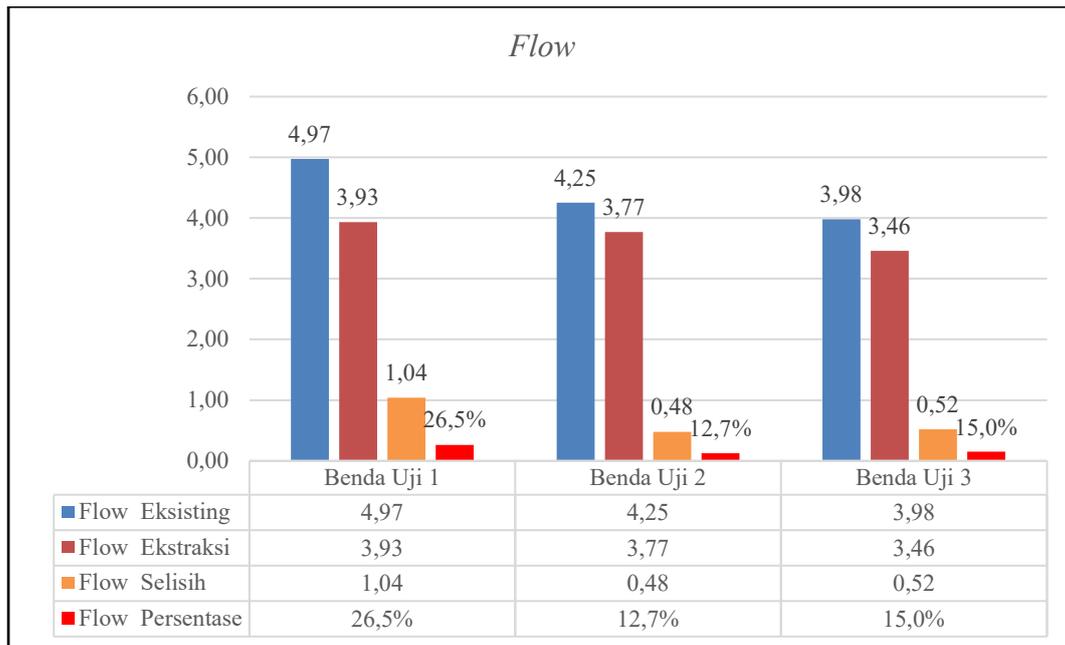
agregat baru dan aspal baru sesuai gradasi laston aspal AC-BC pen 60/70 menggunakan filler semen terhadap beberapa parameter marshall.



Gambar 4. Perbandingan Nilai Eksisting dan Ekstraksi Terhadap Stabilitas

Nilai stabilitas Pada Gambar 4 campuran aspal eksisting hasil patching langsung benda uji 1 nilai stabilitas sebesar 926,49, benda uji 2 nilai stabilitas sebesar 1050,02 dan benda uji 3 nilai stabilitas sebesar 1074, 31 dan hasil ekstraksi terdapat hasil benda uji 1 nilai stabilitas sebesar 1039,33, benda uji 2 nilai stabilitas sebesar 1097,21 dan benda uji 3 nilai

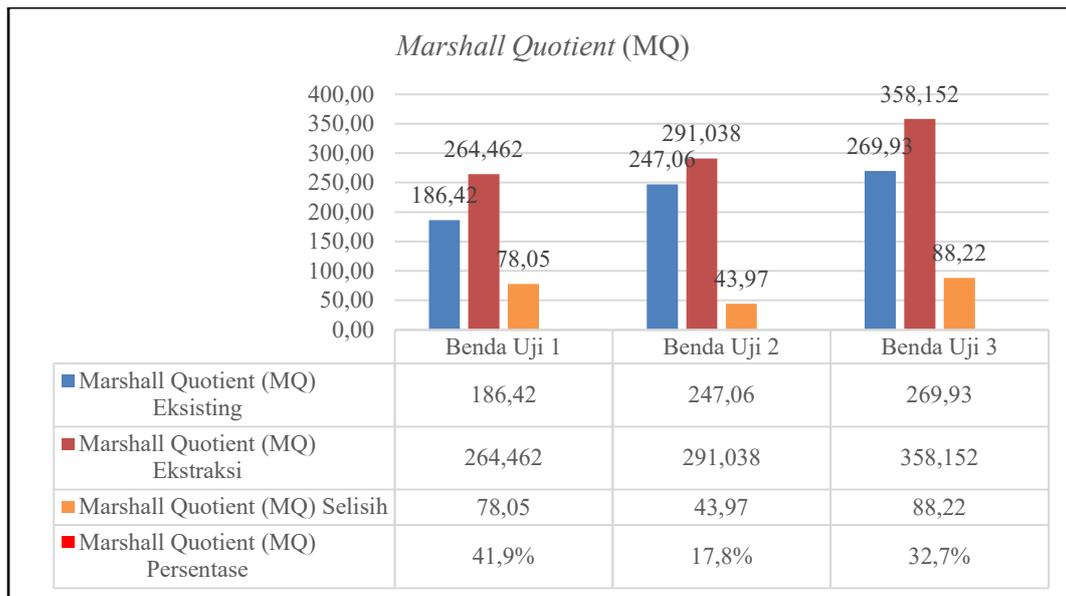
stabilitas sebesar 1239, 21. Hasil nilai tersebut masih memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 3 yaitu  $\geq 800$  kg. Semakin rendah campuran aspal dan agregat membuat kerapatan campuran aspal dan agregat berkurang, baik dari sisi adhesi maupun kohesi, hal ini disebabkan oleh pengaruh gaya tekan air dalam campuran laston (AC-BC).



Gambar 5. Perbandingan Nilai Eksisting dan Ekstraksi Terhadap *Flow*

Terlihat pada Gambar 5 nilai *flow* eksisting hasil didapatkan pada benda uji 1 sebesar 4,97, pada benda uji 2 sebesar 4,25, pada benda uji 3 sebesar 3,98, dengan nilai rata-rata sebesar 4,40 dan nilai pada hasil setelah dilakukan ekstraksi KOA 5,21% nilai *flow* pada benda uji 1 sebesar 3,93, pada benda uji 2 sebesar 3,77, pada benda uji 3 sebesar 3,46, dengan nilai rata-rata sebesar 3,72, semua nilai *flow* telah memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2018. Dalam campuran dapat meningkatkan nilai *flow*, hal ini disebabkan oleh hasil patching yang langsung dilakukan percampuran terdapat sebgaiian

dari aspal dan agregat berkurang, sehingga mengakibatkan kurangnya interlocking (penguncian antar agregat) terhadap aspal, apabila campuran tidak terkunci dengan baik, agregat dapat lebih mudah bergerak saat mendapatkan beban, sehingga menyebabkan nilai *flow* tinggi meskipun kadar aspal sedikit. Nilai *flow* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Nilai *flow* yang tinggi akan mengakibatkan jalan dapat mengalami *rutting* (jejak roda) terutama pada suhu tinggi karena aspal tidak cukup kaku untuk menahan beban kendaraan.



**Gambar 6** Perbandingan Nilai Eksisting dan Ekstraksi Terhadap MQ

Pada Gambar 6 Menunjukkan bahwa pada kadar aspal ini, campuran cenderung memiliki stabilitas rendah atau deformasi yang berlebihan saat diberi beban. Nilai pada kadar aspal 5,21% setelah dilakukan ekstraksi, didapatkan benda uji 1 nilai MQ yang diperoleh sebesar 264,46 kg/mm, pada benda uji 2 nilai sebesar 291,03, pada benda uji 3 nilai sebesar 358,15 dengan nilai rata-rata MQ ekstraksi adalah sebesar 304,55 kg/mm artinya nilai ini berada di atas batas spesifikasi 250 kg/mm dan memenuhi syarat. Ini menandakan bahwa campuran dengan kadar aspal lebih tinggi memiliki kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi yang lebih baik. Pengaruh Peningkatan kadar aspal eksisting dengan adanya penambahan aspal baru ke 5,21%

#### 4. Simpulan dan Saran

Kesimpulan Penelitian ini membuktikan bahwa pemanfaatan kembali material laston bekas melalui metode ekstraksi dan pencampuran ulang dengan penambahan agregat serta aspal baru mampu menghasilkan campuran yang memenuhi standar teknis perkerasan jalan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa gradasi agregat dari material bekas awalnya tidak memenuhi spesifikasi, sehingga perlu

meningkatkan nilai MQ yang artinya campuran menjadi lebih kaku dan stabil. Campuran dengan kadar aspal eksisting tidak memenuhi spesifikasi minimum, sehingga tidak direkomendasikan. Kadar aspal 5,21% memenuhi spesifikasi, menunjukkan bahwa campuran pada kadar ini lebih optimal dalam hal stabilitas dan daya tahan terhadap deformasi. Dari analisis ini, kadar aspal yang lebih tinggi dalam rentang ini terbukti meningkatkan kualitas campuran aspal dalam hal kekakuan dan ketahanan terhadap deformasi. Namun, perlu diperhatikan bahwa kadar aspal yang terlalu tinggi juga bisa menyebabkan masalah lain, seperti bleeding atau retak akibat pengerasan aspal seiring waktu.

disesuaikan. Setelah dilakukan penyesuaian dan penambahan aspal penetrasi 60/70, diperoleh kadar aspal optimum sebesar 5,21% yang menghasilkan nilai-nilai parameter Marshall yang baik. Nilai stabilitas meningkat dari 1017 kg menjadi 1125 kg, nilai flow menurun dari 4,40 mm menjadi 3,72 mm (kembali dalam rentang spesifikasi), dan nilai Marshall Quotient meningkat dari 234,47 kg/mm menjadi 304,55 kg/mm, menunjukkan bahwa

campuran menjadi lebih kaku dan tahan deformasi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa laston hasil daur ulang masih layak digunakan untuk perkerasan jalan apabila dilakukan penyesuaian terhadap kadar aspal dan gradasi agregat secara tepat.

Saran dari Hasil penelitian ini memberikan beberapa rekomendasi yang bersifat praktis. Pertama, bagi instansi pelaksana pekerjaan jalan seperti Dinas PUPR dan kontraktor pelaksana, penggunaan material hasil patching sebaiknya melalui tahapan ekstraksi dan penyesuaian campuran agar memenuhi spesifikasi teknis yang berlaku. Langkah ini tidak hanya meningkatkan mutu pekerjaan tetapi juga mendukung efisiensi biaya dan prinsip pembangunan berkelanjutan. Kedua, bagi peneliti dan akademisi di bidang teknik sipil, disarankan untuk melanjutkan kajian terhadap performa jangka panjang campuran aspal daur ulang, termasuk uji ketahanan terhadap retak, kelelahan, serta pengaruh air dan suhu ekstrem. Terakhir, pada tahap implementasi di lapangan, diperlukan uji coba terlebih dahulu terhadap metode pencampuran dan pemadatan agar sesuai dengan kondisi proyek yang sebenarnya. Pemantauan berkala terhadap kondisi jalan yang telah menggunakan aspal daur ulang juga penting untuk dijadikan bahan evaluasi guna penyempurnaan teknik daur ulang di masa mendatang.

#### **Daftar Pustaka**

- Akinmade, D., Anupam, K., Kasbergen, C., Erkens, S., Samson, D., & Marco, P. (2024). Performance of natural asphalt as a paving material: A laboratory and field evaluation. *Case Studies in Construction Materials*, 21, e03823. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03823>
- Ammar Fadhil, & Hanya Khairunnisa. (2024). Evaluasi Kinerja Campuran Aspal Dengan Substitusi Limbah Plastik Pet Dalam Meningkatkan Durabilitas Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Terhadap Variasi Lama Waktu Perendaman. *Jurnal Sains Riset (JSR)*, 14(3), 698–705.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018. Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2018 Revisi 3. Jakarta: Ditjen Bina Marga Kementerian PU.
- Ellida Novita Lydia, Asmadi Suria, & Fahmi. (2017). Perbandingan Kadar Aspal Hasil Ekstraksi Dengan Campuran Pertamax. *Jurutera*, 4(1), 6–12.
- Hassanifard, S., & Behdinan, K. (2024). Fatigue response of multiscale extrusion-based additively manufactured acrylonitrile butadiene styrene-graphene nanoplatelets composites. *Composites Part B: Engineering*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2024.111464>
- Hemida, A., Abdelrahman, M., & Deef-Allah, E. (2021). Quantitative evaluation of asphalt binder extraction from hot mix asphalt pavement using ashing and centrifuge methods. *Transportation Engineering*, 3, 100046. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2021.100046>
- Ismy, R., Husaini, Saleh, S. M., & Isya, M. (2021). Analysis of the effect of using wire mesh layers on hot asphalt mixtures with modulus of elasticity. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1087(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1087/1/012018>
- Jin, D., Yin, L., Malburg, L., & You, Z. (2024). Laboratory evaluation and field demonstration of cold in-place recycling asphalt mixture in Michigan low-volume road. *Case Studies in Construction Materials*, 20, e02923.

- <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e02923>
- Keumala, P. P., Isya, M., & Salmannur, A. (2023). Analisis Uji Ekstraksi Pelarut Spiritus dan Peralite. *Journal of The Civil Engineering Student*, 5(4), 386–392.  
<https://doi.org/10.24815/journalces.v5i4.28099>
- Liu, H., Ju, Z., Lv, S., Lu, W., Yang, Y., & Ge, D. (2024). Laboratory aging method for simulating the extracted aged asphalt from reclaimed asphalt pavement. *Case Studies in Construction Materials*, 21, e03651.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03651>
- Mendonça, W. M., Marques, G. L. O., & Gomes, G. J. C. (2024). Geotechnical performance of isotropic and foliated quartzite waste as aggregate for road base and asphalt mixture. *Transportation Geotechnics*, 46, 101242.  
<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2024.101242>
- Xing, C., Tang, S., Chang, Z., Han, Z., Li, H., & Zhu, B. (2024). A comprehensive review on the plant-mixed cold recycling technology of emulsified asphalt: Raw materials and factors affecting performances. *Construction and Building Materials*, 439, 137344.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137344>
- Zhang, K., Xiong, J., Ruiz, C., & Zhang, J. (2024). Design and performance assessment of sustainable road pothole patching materials using waste cooking oil, plastic, and reclaimed asphalt pavement. *Construction and Building Materials*, 429, 136426.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136426>
- Ziyani, L., Boulangé, L., Nicolai, A., & Mouillet, V. (2017). Bitumen extraction and recovery in road industry: A global methodology in solvent substitution from a comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 161, 53–68.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.022>
- Zou, X., Xie, H., Li, J., Jing, H., Li, H., Li, Z., & Wang, X. (2024). Innovative application of coffee grounds oil as an asphalt modifier: Extraction, preparation, and rheological properties. *Case Studies in Construction Materials*, 21, e04012.  
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e04012>