

## Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Campuran Aspal Pada Perkerasan Aspal AC-WC Dengan Perendaman Air Tawar Dan Air Laut Secara Berulang

Seren Adelia Poetry, Abd. Rahim Nurdin, Andi Rumpang Yusuf

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bosowa

E-mail : s.adeliapoetry11@gmail.com

### Artikel info

#### Artikel history:

Diterima: 02-09-2023

Direvisi: 05-01-2024

Disetujui: 30-01-2024

**Abstract.** Asphalt is a cementitious material, dark or dark brown pattern, with the main factor of bitumen obtained from petroleum refining residues acting as an aggregate binder in road making. The purpose of this research is to determine the effect of increasing LDPE on Marshall's characteristics in asphalt mixtures with repeated immersion. This study used LDPE plastic waste with an accumulation of 10%, 15%, and 20%. The test item samples were made of 27 variation samples. Treatment of test items was tried with repeated soaking variations of 3, 7, as well as 10 days. The manufacture of test objects is mixed hotly and refers to the 2018 Bina Marga Specifications. Testing was tried with Marshall test kits. The results of this test show that the influence of LDPE plastic waste as an added material on asphalt mixture with repeated immersion can cause density, stability, MQ, and VFB values to shrink. On the contrary, the value of flow, VMA, and VIM increases.

**Abstrak.** Aspal merupakan material perekat( cementitious), bercorak gelap ataupun coklat tua, dengan faktor utama bitumen yang diperoleh dari residu hasil pengilangan minyak bumi berperan selaku pengikat agregat dalam pembuatan jalan. Tujuan dibuatnya riset ini merupakan guna mengetahui pengaruh peningkatan LDPE terhadap ciri Marshall pada campuran aspal dengan perendaman berulang. Penelitian ini memakai limbah plastic LDPE dengan akumulasi 10%, 15%, serta 20%. Sampel barang uji terbuat sebanyak 27 sampel variasi. Perawatan barang uji dicoba dengan variasi perendaman berulang 3, 7, serta 10 hari. Pembuatan benda uji dicampur secara panas serta mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Pengujian dicoba dengan perlengkapan uji Marshall test. Hasil pengujian ini menampilkan jika pengaruh limbah plastic LDPE selaku bahan tambah pada campuran aspal dengan perendaman berulang bisa menimbulkan nilai kepadatan, stabilitas, MQ, serta VFB menyusut. Sebaliknya nilai flow, VMA, serta VIM bertambah.

#### Keywords:

LDPE Plastic; AC-WC;

Asphalt Oil; Marshall

Characteristics

#### Corresponden author:

Email: s.adeliapoetry11@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan dan pertumbuhan penduduk saat ini sangat pesat, mengakibatkan meningkatnya peningkatan mobilisasi penduduk, sehingga muncul kendaraan-kendaraan baru baik kendaraan ringan sampai kendaraan berat yang melintas di jalan raya, sehingga dibutuhkan juga sarana transportasi yang cukup memadai untuk menampung volume kendaraan yang akan melintas. Jalan merupakan prasarana yang sangat dibutuhkan dalam sistem transportasi untuk menghubungkan suatu tempat ke tempat lain dalam rangka pemenuhan kebutuhan ekonomi, sosial, budaya, pertahanan dan keamanan Negara. Kondisi jalan yang baik diperlukan untuk kelancaran kegiatan transportasi yaitu untuk mempercepat kelancaran mobilisasi orang, barang atau jasa secara aman dan nyaman. Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman (Sukirman, 2003).

Jalan merupakan infrastruktur dasar dan utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong distribusi barang dan jasa sekaligus mobilisasi penduduk. Perkerasan jalan di Indonesia umumnya sering mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana. Beberapa faktor yang mempercepat kerusakan jalan salah satunya disebabkan oleh air, pada musim hujan banyak ruas jalan yang terendam oleh genangan air hujan dikarenakan intensitas hujan yang tinggi, sedangkan ruas jalan yang terletak didaerah pesisir pantai mengalami permasalahan dengan genangan air laut yang disebabkan oleh cuaca ekstrim sehingga mengakibatkan naiknya permukaan air laut yang menggenangi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal. Ketersediaan jalan adalah persyaratan mutlak bagi masuknya investasi ke suatu wilayah. Jalan memungkinkan seluruh masyarakat mendapatkan akses pelayanan pendidikan, kesehatan

dan pekerjaan. Untuk itu diperlukan perencanaan struktur perkerasan yang kuat, tahan lama dan mempunyai daya tahan tinggi terhadap deformasi plastis yang terjadi.

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas. Di Indonesia jenis campuran aspal panas yang lazim digunakan antara lain : Aspal Beton, Hot Rolled Sheet (HRS), dan Split Mastic Asphalt (SMA). Di sisi lain keberadaan plastik semakin melimpah, diperkirakan sekitar 500 milyar – 1 trilyun plastik digunakan di dunia tiap tahunnya. Jika sampah-sampah ini dibentangkan maka, dapat membungkus permukaan bumi setidaknya hingga 10 kali lipat. Diperkirakan setiap orang menghabiskan 170 kantong plastik setiap tahunnya . Lebih dari 17 milyar kantong plastik dibagikan secara gratis oleh supermarket di seluruh dunia setiap tahunnya. (Utomo,2010)

Penelitian bertujuan mengetahui limbah plastik dapat digunakan sebagai bahan tambah campuran aspal AC – WC sebagai salah satu cara untuk mengurangi masalah sampah plastik yang terus meningkat setiap harinya oleh aktivitas masyarakat.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Universitas Bosowa Makassar, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dengan menggunakan sistem pencampuran aspal panas dengan tipe aspal beton. Sedangkan metode pengujiannya mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO yang telah disahkan. Penelitian ini dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji Marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin Los Angeles, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal beton termasuk juga penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Serta menggunakan air tawar dan air laut sebagai air rendaman dalam pengujian rendaman. Selanjutnya setelah mendapatkan komposisi material dan kadar aspal terbaik maka dibuat benda uji sesuai dengan ketentuan teknis, benda uji tersebut akan digunakan untuk proses pengujian Marshall setelah perendaman benda uji dalam air laut yang mempunyai variasi waktu rendaman perendaman. Setelah pengujian perendaman dilakukan maka dilanjutkan pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai yaitu stabilitas (density), kepadatan (flow), (Void in the Mineral Agregat/VMA), Rongga di dalam campuran (Void In The Compacted Mixture/VIM), Rongga udara yang terisi aspal (Voids Filled with Bitumen/VFB), Hasil bagi Marshall/Marshall Quotient (MQ).

Dari nilai-nilai stabilitas dan kelelahan yang diperoleh akan dianalisa, dievaluasi dan mengambil kesimpulan seberapa besar pengaruh perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal panas.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal dan limbah plastic LDPE. Adapun alat-alat yang digunakan adalah: alat uji ekstraksi, satu set saringan, timbangan dengan akurasi 0,1 gr, bak perendam, kuas dan kain lap, cetakan benda uji dengan diameter 10 cm (4") dan tinggi 7,5 cm (3"), ejector, batang penumbuk, landasan pematat, alat uji Marshall, dan bak perendam (*water bath*). Bahan agregat yang digunakan pada penelitian ini, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus diperoleh dari bili-bili dan filler yang digunakan diperoleh dari PT.Semen Bosowa. Jenis Aspal yang digunakan Studi ini adalah Aspal Minyak Produksi Pertamina 60/70.

Metodologi pengujian adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji di udara, kemudian direndam air selama 24 jam pada suhu kamar, kemudian pada saat itu muncul air untuk berat benda uji. Benda uji di dalam air, kemudian pada saat itu benda uji diangkat dan dibersihkan kemudian ditimbang untuk menentukan berat benda uji di dalam air. Berat kering permukaan basah (SSD). Kemudian pada saat itu benda uji direndam dalam air bersuhu 60°C selama 30 menit dalam *water bath*. Setelah 30 menit, contoh dikeluarkan dan kemudian dicoba dengan alat Marshall. Dari pengujian contoh-contoh tersebut akan diperoleh informasi stabilitas dan flow sebagai alasan untuk menentukan sifat-sifat kombinasi.

Prosedur pengetesan adalah benda uji yang telah dipadatkan dan didinginkan kemudian ditimbang untuk mendapatkan berat benda uji di udara, kemudian melakukan perendaman berulang dengan 3 hari, 7 hari, dan 10 hari. Dilakukan perendaman dengan cara pada hari pertama direndam selama 24 jam dan hari kedua diangkat dan dilap. Pada hari ketiga direndam kembali selama 24 jam, dan diulangi prosedur tersebut sampai 6 hari. Begitu pula dengan perendaman 14 hari dilakukan sama seperti prosedur sebelumnya sampai 20 hari. Kemudian benda uji yang telah melalui proses perendaman berulang, diuji dengan alat Marshall.

Rancangan benda uji dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

**Tabel 1.** Tabel Notasi dan Jumlah Benda Uji

No	Variasi	Kode Sampel	Aspal + LDPE (gram)	LDPE Terhadap berat Aspal (%)	Berat Plastik LDPE (gram)	Waktu Perendaman (hari)	Jumlah
1	Aspal +10% LDPE	LDPE 10% STF	1137,4	10	8,16	3 7 10	9
2	Aspal +15% LDPE	LDPE 15% STF	1176,6	15	12,24	3 7 10	9

No	Variasi	Kode Sampel	Aspal +	LDPE	Berat Plastik	Waktu	Jumlah
3	Aspal +20% LDPE	LDPE 20% STF	1180,2	20	16,32	3 7 10	9
Total Sampel							27

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2022.

Metode pengujian mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan AASHTO yang telah disahkan. Dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran (Uji *Marshall*). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, pengujian abrasi dengan mesin *Los Angeles*, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal beton termasuk juga penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Serta menggunakan air tawar dan air laut sebagai air rendaman dalam pengujian rendaman. Selanjutnya setelah mendapatkan komposisi material dan kadar aspal terbaik maka dibuat benda uji sesuai dengan ketentuan teknis, benda uji tersebut akan digunakan untuk proses pengujian *Marshall* setelah perendaman benda uji dalam air laut yang mempunyai variasi waktu rendaman perendaman. Setelah pengujian perendaman dilakukan maka dilanjutkan pengujian *Marshall* untuk mendapatkan nilai yaitu stabilitas (*density*), kepadatan (*flow*), (*Void in the Mineral Agregat/VMA*), Rongga di dalam campuran (*Void In The Compacted Mixture/VIM*), Rongga udara yang terisi aspal (*Void Filled with Bitumen/VFB*), Hasil bagi *Marshall/Marshall Quotient (MQ)*. Dari nilai-nilai stabilitas dan kelelahan yang diperoleh akan dianalisa, dievaluasi dan mengambil kesimpulan seberapa besar pengaruh perendaman berulang dengan air laut terhadap sifat dan karakteristik campuran aspal panas

a. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B_j - B_a} \\ \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} &= \frac{B_j}{B_j - B_a} \\ \text{Berat jenis semu (Appernt Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B_k - B_a} \\ \text{Penyerapan (Absorption)} &= \frac{(B_j - B_k)}{B_k} \times 100\% \end{aligned}$$

Keterangan:

- B<sub>k</sub> = Berat benda kering oven
- B<sub>j</sub> = Berat benda uji kering permukaan jenuh (SSD)
- B<sub>a</sub> = Berat benda uji di dalam air

b. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus:

$$\begin{aligned} \text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B + 500 - B_t} \\ \text{Berat jenis kering permukaan jenuh (SSD)} &= \frac{500}{B + 500 - B_t} \\ \text{Berat jenis semu (Apparent Specific Gravity)} &= \frac{B_k}{B + B_k - B_t} \\ \text{Penyerapan} &= \frac{(500 - B_k)}{B_k} \times 100\% \end{aligned}$$

Keterangan :

- SSD = Berat benda uji kering permukaan jenuh
- B<sub>k</sub> = Berat benda kering oven
- B = Berat piknometer + air
- B<sub>t</sub> = Berat piknometer + air + benda uji

c. Pemeriksaan Kadar Aspal hasil ekstraksi

$$PB = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\% Filler) + \text{konstanta}$$

Keterangan:

- PB = Perkiraan kadar aspal optimum
- CA = Agregat kasar
- FA = Agregat halus

d. Pengujian Marshall

$$\text{Stabilitas} = S = p \times q$$

Keterangan :

- S = angka stabilitas sesungguhnya
- P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat
- q = angka koreksi benda uji

e. Kelelahan (Flow)

*Flow* adalah besarnya penurunan atau deformasi vertikal benda uji yang terjadi pada awal pembebanan sehingga stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterima.

f. Kerapatan (density)

$$\begin{aligned} g &= c / f \\ f &= d - e \end{aligned}$$

Keterangan:

- g = Nilai kepadatan (gr/cc)
- c = Berat kering / sebelum direndam (gr)
- d = Berat benda uji jenuh air (gr)
- e = Berat benda uji dalam air (gr)
- f = Volume benda uji (cc)

g. VIM (Void In The Mix)

$$VIM = (100 - i - j)$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times 100$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ. Agregat}$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{BJ. Agregat}$$

Keterangan:

- a = P ersentase aspal terhadap batuan
- b = Persentase aspal terhadap campuran
- g = Persen rongga terisi aspal
- i dan j = rumus substitusi

h. VFA (Void Filled With Asphalt)

$$VFA = 100 \times \frac{i}{j} = 100$$

$$b = \frac{a}{100 + a} \times$$

$$i = \frac{b \times g}{BJ. Agregat}$$

$$j = \frac{(100 - b) \times g}{BJ. Agregat}$$

$$I = 100 -$$

Keterangan:

- a = Persentase aspal terhadap batuan
- b = Persentase aspal terhadap campuran
- g = Persen rongga terisi aspal
- i dan j = rumus substitusi

i. Void in Mineral Aggregate (VMA)

Nilai VMA dipengaruhi oleh faktor pemadatan yaitu jumlah dan suhu pemadatan, gradasi agregat, dan kadar aspal.

j. Marshall Quotient

$$MQ = \frac{S}{F}$$

Keterangan:

- MQ = Nilai Marshall Quotient (kg/mm)
- S = Nilai Stabilitas
- F = Nilai flow

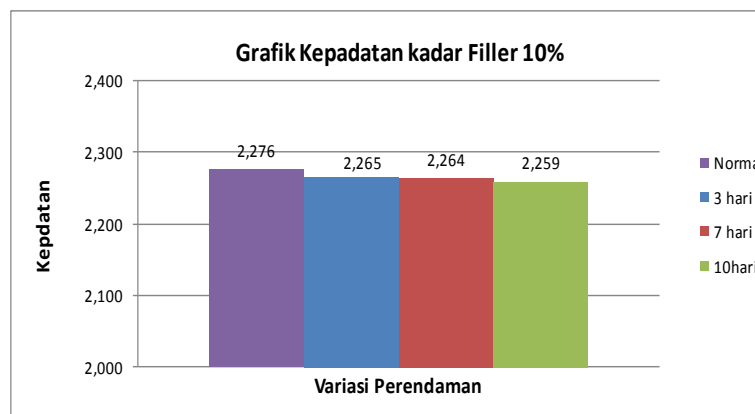
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### ***Hasil Pengujian Pada Filler 10% Pada Campuran Beton Aspal Panas AC-WC.***

Hasil pengujian campuran benda uji pada alat pengujian Marshall dengan menggunakan perendaman *waterbath* selama 30 menit akan diperoleh hasil-hasil parameter Marshall dan hasil uji Marshall tersebut sebagai berikut:

a. Kepadatan (*density*)

Nilai kepadatan menunjukkan ketebalan kombinasi yang telah dipadatkan. Campuran dengan ketebalan tinggi di dalam *cut off* tertentu akan lebih siap menanggung beban yang lebih berat daripada kombinasi dengan ketebalan rendah. Nilai kepadatan suatu kombinasi dipengaruhi oleh kualitas dan organisasi bahan susun dan teknik pemadatan. Campuran akan memiliki kepadatan yang tinggi jika memiliki bentuk butir yang tidak seragam dan porositas butir yang rendah.

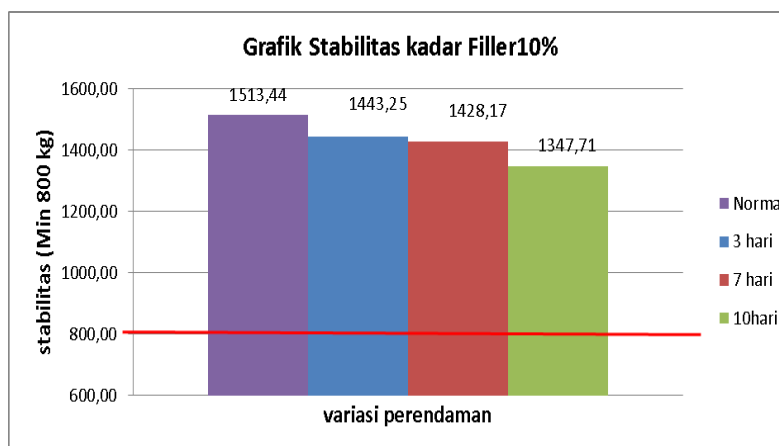


**Gambar 1.** Diagram Hubungan Variasi Penambahan LDPE Terhadap Kepadatan

Gambar 1 dapat dilihat bahwa penambahan plastik LDPE 10% dengan perendaman secara berulang tidak terlalu mempengaruhi nilai Kepadatan (density), pada KAO adalah 2.279, pada hari ke 3 adalah 2.265, pada hari ke 7 adalah 2.264 dan pada hari ke 10 adalah 2,259. Hal ini terjadi karena semakin lama perendaman maka semakin turun nilai kepadatan.

b. Stabilitas Minimum 800 Kg

Nilai stabilitas menunjukkan besarnya kemampuan perkerasan menahan beban tanpa mengalami perubahan bentuk (*deformasi*) tetap, dinyatakan dalam satuan beban lalu lintas, perkerasan yang memiliki nilai stabilitas yang tinggi akan mampu menahan beban lalu lintas besar, akan tetapi stabilitas yang terlalu rendah akan mengakibatkan perkerasan akan mudah mengalami alur (*rutting*) oleh beban lalu lintas. Hasil pengujian stabilitas dengan berbagai variasi plastik LDPE pada kadar aspal optimum diperlihatkan pada Gambar 2.

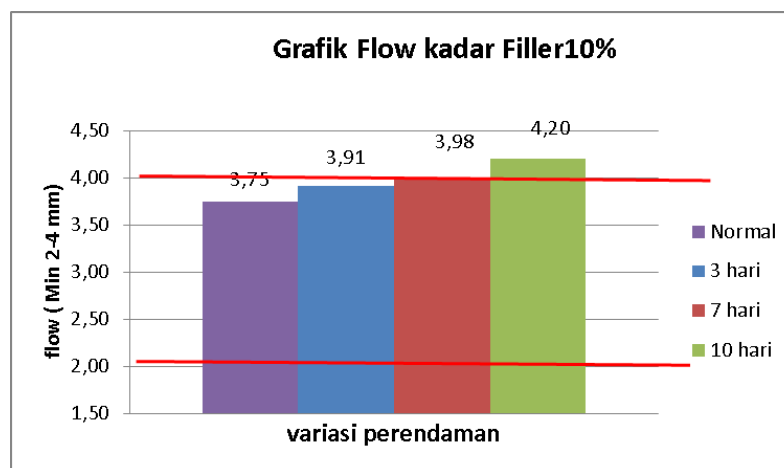


**Gambar 2.** Diagram Hubungan Variasi Penambahan LDPE Terhadap Stabilitas

Gambar 2 menunjukkan bahwa penambahan plastik LDPE 10% menunjukkan bahwa Stabilitas campuran yang dilakukan pada perendaman berulang mengalami penurunan pada nilai KAO adalah 1513.44 Kg, pada perendaman ke 3 hari adalah 1443.25 Kg, pada perendaman ke 7 hari adalah 1428.17 Kg dan nilai pada perendaman ke 10 hari adalah 1347.71 Kg. Ketika campuran aspal direndam dalam air dalam waktu yang lama, air akan berusaha untuk mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material penyusun yaitu agregat dan aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap kedalamnya dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Dengan demikian ternyata semakin lama campuran terendam dalam air, maka daya rekat aspal terhadap campuran akan berkurang dan peluang terjadinya kehilangan durabilitas atau keawetan campuran juga semakin besar.

c. Pelelehan (*Flow*) 2 - 4 mm

Nilai *Flow* menyatakan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat beban lalu lintas. Suatu campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan cenderung lembek sehingga akan menyebabkan deformasi permanen apabila menerima beban. Sebaliknya jika nilai *Flow* rendah maka campuran menjadi kaku dan mudah retak jika menerima beban yang mengalami daya dukungnya.

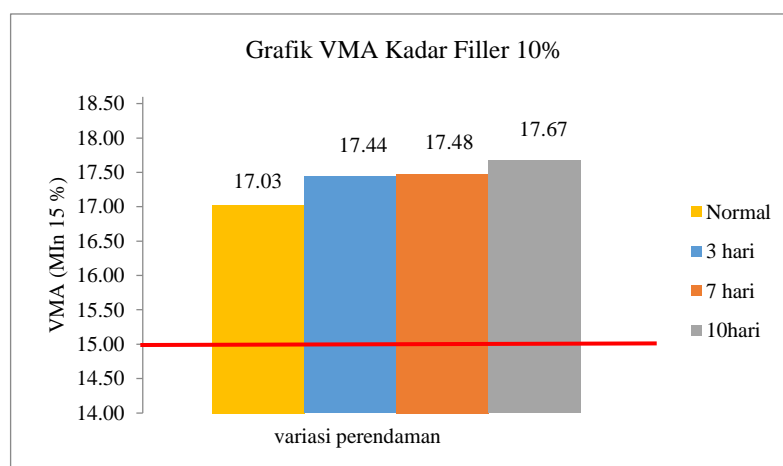


**Gambar 3.** Diagram Hubungan Variasi Penambahan LDPE Terhadap Flow

Gambar 3 menunjukkan bahwa penambahan plastik LDPE 10% yang direndam secara berulang menyebabkan nilai *Flow* pada KAO adalah 3.75 mm, pada perendaman ke 3 hari adalah 3.91 mm, pada perendaman ke 7 hari adalah 3.98 mm dan pada perendaman ke 10 hari adalah 4.20 mm. Semakin lama perendaman, air akan berusaha mengisi rongga-rongga dalam campuran dan berinteraksi dengan material, baik agregat maupun aspal. Air yang berinteraksi dengan agregat akan terserap ke dalam dan menyelimuti permukaan agregat pada bagian yang terselimuti oleh aspal. Hal ini mengurangi daya rekat aspal. Sehingga semakin lama perendaman maka daya rekat aspal semakin berkurang.

d. Rongga Dalam Agregat (VMA) Min 15%

*Void in Mineral Aggregates* (VMA) adalah persentase rongga antar butir agregat, termasuk didalamnya adalah rongga yang terisi udara dan rongga terisi aspal efektif. Nilai VMA yang terlalu kecil dapat menyebabkan lapisan aspal yang dapat menyelimuti agregat menjadi tipis dan mudah teroksidasi, akan tetapi bila kadar aspalnya terlalu banyak akan menyebabkan bleeding. Nilai minimum rongga dalam mineral agregat adalah untuk menghindari banyaknya rongga udara yang menyebabkan material menjadi berpori. Rongga pori dalam agregat tergantung pada ukuran butir, susunan, bentuk, dan metode pemadatan. Grafik nilai VMA campuran AC-WC untuk variasi suhu pemadatan pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 4

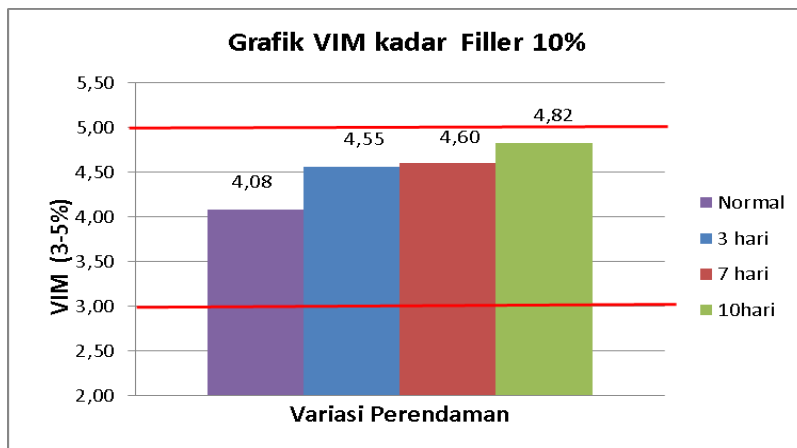


**Gambar 4.** Diagram Hubungan Variasi Penambahan LDPE Terhadap VMA

Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan plastik LDPE pada campuran yang direndam secara berulang mengalami peningkatan terhadap nilai VM. Hal ini disebabkan karena semakin lama campuran terendam maka kondisinya akan semakin jenuh. Peningkatan VMA pada campuran terjadi karena tingginya daya tekan air ke segala arah yang mendesak aspal sehingga memungkinkan terjadinya perubahan susunan agregat yang menyebabkan rongga dalam mineral agregat meningkat.

e. Rongga dalam Campuran (VIM) Minimum 3% – 5%

VIM (*void in mixture*) merupakan presentase rongga udara dalam campuran antara agregat dan aspal setelah dilakukan pemadatan. VIM atau rongga dalam campuran adalah parameter yang biasanya berkaitan dengan durabilitas dan kekuatan dari campuran. Semakin kecil nilai VIM, maka akan bersifat kedap air. Namun nilai VIM yang terlalu kecil dapat mengakibatkan keluarnya aspal ke permukaan. Grafik nilai VIM campuran AC-WC untuk variasi plastik LDPE 10% pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 5.

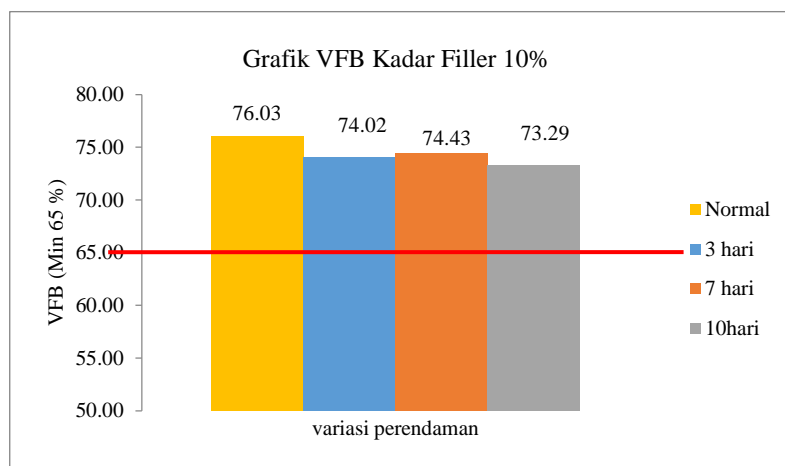


Gambar 5. Diagram Hubungan Variasi Penambahan LDPE Terhadap VIM

Gambar 5 menunjukkan bahwa pada penambahan plastik LDPE 10% dalam campuran yang direndam secara berulang dapat berpengaruh nilai VIM meningkat. pada nilai KAO adalah 4.08% , pada perendaman 3 hari adalah 4.55%, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 4.60% dan pada perendaman yang ke 10 hari adalah 4.82%. Semakin naiknya nilai VIM pada campuran aspal ini terjadi karena prose perendaman yang di lakukan berulang sehingga air belum sempat masuk pada pori-pori agregat dan juga plastik LDPE mampu mengisi rongga pada campuran aspal dam mampu mempertahankan stabilitas dan durability.

f. Rongga Terisi Aspal (VFB) Minimum 65%

Nilai VFB memperlihatkan persentase rongga terisi aspal. Apabila VFB besar maka banyak rongga yang terisi aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan aspal yang berjumlah besar apabila menerima beban dan panas akan mencari rongga yang kosong. Jika rongga yang tersedia sedikit dan semua telah terisi, aspal akan naik kepermukaan yang kemudian terjadi bleeding.



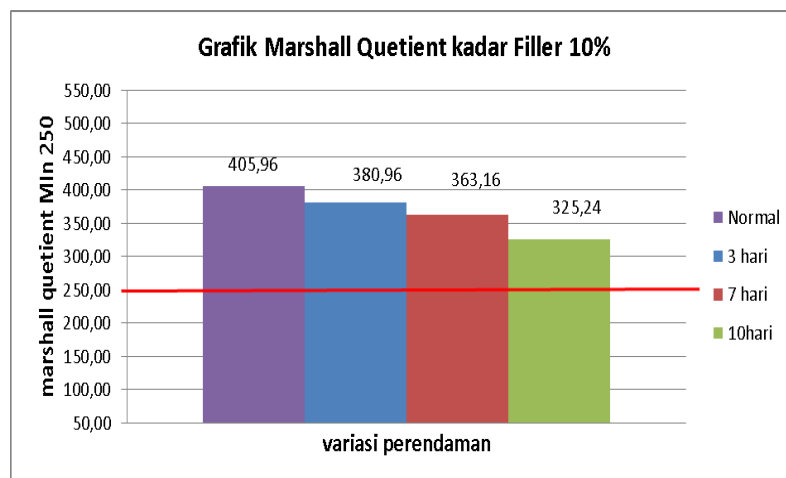
Gambar 6. Diagram Hubungan Variasi Penambahan LDPE Terhadap VFB

Gambar 6 menunjukkan bahwa penambahan plastik LDPE 10% ke dalam campuran yang direndam secara berulang mengalami penurunan nilai VFB pada nilai KAO adalah 76.03%, pada perendaman 3 hari adalah 74.02%, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 74.43% dan pada perendaman yang ke 10 hari adalah 73.29%. Hal ini di sebabkan karena volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal yang semakin menurun akibat lamanya perendaman sehingga air berusaha masuk ke pori-pori dan mmbuat aspal mengalami perubahan susunan agregat.

g. Marshall Quotient

Hasil bagi Marshall atau Marshall Questient adalah perbandingan antara stabilitas dan kelelahan yang juga merupakan indikator terhadap kekuatan campuran secara empiris. Semakin tinggi nilai MQ maka kemungkinan

akan semakin tinggi kekakuan suatu campuran dan semakin rentan terhadap keretakan. Nilai MQ pada kadar aspal optimum dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Diagram Hubungan Variasi Penambahan LDPE Terhadap MQ

Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa penambahan plastik LDPE 10% pada KAO adalah 405.96 Kg/mm, pada perendaman 3 hari adalah 380.96 Kg/mm, pada peredaman yang ke 7 hari adalah 363.16 kg/mm, dan pada perendaman yang ke 10 hari adalah 352.24 Kg/mm. Dilihat dari tabel diatas bahwa suhu pemadatan dari kadar aspal yang direndam secara berulang mengalami penurunan namun tetap memenuhi batas spesifikasi MQ. Hal ini disebabkan karena kohesi atau daya lekat dalam aspal menurun akibat oksidasi selama direndam dalam air.

#### **. Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS.**

Marshall sisa dilakukan setelah direndam selama 24 jam pada suhu 60° pada kondisi kadar aspal optimum. Jumlah tumbukan pada kondisi standar yaitu 75 tumbukan per sisi. Selanjutnya dibuat benda uji rendaman 30 menit pada kondisi kao tersebut. Kemudian dilakukan uji marshall sisa. Nilai marshall sisa diperoleh dari hasil stabilitas rendaman 24 jam dibagi dengan hasil stabilitas rendaman 30 menit kemudian dikalikan 100%.

Hubungan antara kadar aspal optimum dengan persentase nilai indeks kekuatan sisa Tabel 2.

**Tabel 2.** Hubungan KAO Dengan Persentase Nilai IKS Aspal Beton AC– WC

KAO	Waktu Perendaman suhu 60°C		IKS	Spek. (%)
	24 jam	30 jam		
	1513,4	1415,3	106,93	90

Sumber: Hasil Pengujian Laboratorium, 2022.

Dari Tabel 2. menunjukkan bahwa nilai stabilitas untuk campuran AC-WC pada kadar aspal optimum terhadap perendaman.

## **4. KESIMPULAN DAN SARAN**

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengujian flow 10% pada hari ke 10 melebihi minimum (2-4 mm) yaitu 4,20 mm sehingga tidak memenuhi spesifikasi. Pada penelitian ini nilai yang di dapatkan pada penambahan plastic LDPE dengan 10%, 15% dan 20% pada perendaman berulang rata-rata memenuhi spesikasi sehingga dapat di simpulkan bahwa plastic LDPE layak digunakan sebagai pengisi pori-pori pada campuran.

## **5. DAFTAR PUSTAKA**

- Anonim. 2014. Bahan kuliah rekayasa tanah dan perkerasan jalan raya Makassar, Universitas 45 Makassar.  
 Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2020. Pisang Abaca Dukung Industri Berbahan Baku Serat Alam. Di akses melalui <https://www.litbang.pertanian.go.id/info-teknologi/4046/>  
 Balsala, Onisimus S. dan H. Manalip. 2018. Pengujian Tekan dan Belah Beton dengan Agregat dari Kepulauan Aru. Sipil Statik Vol. 6 No. 9 Diakses melalui <https://ejournal.unsrat.ac.id>  
 Dancel, Robert R. 2018. Serat Abaca dengan Epoksi sebagai Bahan Perkuatan. Di unduh pada 20 Maret 2021 melalui <https://www.researchgate.net>  
 Irawan, Ranasta R. 2013. Semen Portland di Indonesia untuk Aplikasi Beton Kinerja Tinggi. Bandung : Kementrian Pekerjaan Umum.



- Julian, E. Olaf (2008). Perbandingan Kekuatan Mekanis Komposit Serat Pisang Abaka dengan Peraturan Klasifikasi untuk Aplikasi Badan Kapal. (Skripsi, Universitas Indonesia, 2008) Diakses melalui <http://lib.ui.ac.id>
- Mulyono, T. 2003. Teknologi Beton. Yogyakarta : CV ANDI OFFSET.
- Mulyono, T. 2015. Teknologi Beton : Dari Teori ke Praktek. Jakarta : Lembaga Pengembangan Pendidikan – UNJ.
- Mustofa, D (2011). Efek Hibridisasi Serat Terhadap Kuat Lentur Balok Beton Hibrid Fiber Reinforced Self-Compacting Concrete (HYFRSCC). (Proyek Akhir, Universitas Negeri Yogyakarta, 2011) Diakses melalui <https://eprints.uny.ac.id>
- N. Venkateshwaran and A. Elayaperumal. 2010. Komposit yang diperkuat Serat Abaca. Di unduh pada 19 Maret 2021 melalui <https://scholar.google.com>
- PT Semen Tonasa. (Tanpa Tahun). Buku Panduan Pelanggan. Diakses pada 09 Juni 2021 melalui <http://www.mitratonasa.com>
- Samekto, Wuriyanti dan Rahmadianto, Candra. 2001. Teknologi Beton. Yogyakarta : Kanisius.
- Sari, A. (2020). Analisis Kuat Tekan Beton Fc 20 MPa dengan Tambahan Ampas Tebu 2% 3% dan 4% dari Berat Semen. (Skripsi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, 2020) Diakses melalui <http://repository.umsb.ac.id>
- Setiawan, Agus. 2016. Perancangan Struktur Beton Bertulang. Jakarta : Erlangga.
- SNI 03-2834-2000 Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Bandung : Pusdiklat Jalan, Perumahan, Permukiman dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah. Di unduh pada 15 Maret 2021 melalui [www.klinikkonstruksi.jogjaprovo.go.id/nspm/SNI%2003-2834](http://www.klinikkonstruksi.jogjaprovo.go.id/nspm/SNI%2003-2834)
- SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional. Di unduh pada 15 Maret 2021 melalui <https://tekniksipil.usu.ac.id>
- SNI No : 1737-1989-F. (1989). Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston). Departemen Pekerjaan Umum
- SNI 4431:2011 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional. Diakses melalui <http://nspkjembatan.pu.go.id>
- Tampi, R., H. Parung, R. Djamaluddin dan AA. Amiruddin. 2020. Campuran Beton Bertulang dengan menggunakan Serat Abaca. Di unduh pada 15 Maret 2021 melalui <https://iopscience.iop.org>
- Tjokrodinuljo, K. 2007. Teknologi Beton. Yogyakarta: Teknik Sipil dan Lingkungan Universitas Gajah Mada
- Wulandari, Retno. 2004. Pengujian Kuat Beton Menggunakan Semen Type 1. Di unduh pada 15 Maret 2021 melalui <https://repository.unej.ac.id/handle>
- Yudi, P., Lina Halim dan Anung Sudibyo. 2021. Studi Kuat Lentur Beton dengan Bahan Tambah Serat Abaca. Di unduh pada 20 Juni 2021 melalui <http://teras.unimal.ac.id/index.php/teras/article/view/364>