

Pemanfaatan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai substitusi Terhadap Campuran Aspal PEN 60/70

Febrina Dian Kurniasari*¹⁾, Heru Pramanda²⁾, Muhammad Aqil Muarif³⁾

^{1, 2, 3)} Jurusan Teknik Sipil Universitas Iskandar Muda

Email: febrina@unida-aceh.ac.id *¹⁾, herupramanda@unida-aceh.ac.id²⁾, magilmuarif37@gmail.com³⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v15i1.1201>

(Received: 28 September 2024 / Revised: 04 December 2024 / Accepted: 22 February 2025)

Abstrak

Aspal merupakan bahan utama yang dipakai dalam pembuatan jalan raya, material ini memiliki sifat fleksibilitas, stabilitas, durabilitas, dan tahan terhadap air. Untuk mengatasi kerusakan jalan tersebut diperlukan adanya bahan tambah ataupun material alternatif pengganti yang dapat digunakan pada campuran beraspal salah satunya yaitu limbah plastik *low density polyethylene* (LDPE). Selain dapat digunakan didalam campuran penggunaan limbah plastik dapat mengurangi dampak terhadap pencemaran lingkungan karena jumlah sampah plastik di Indonesia diperkirakan mencapai 9,52 juta ton atau 14% dari total sampah yang ada. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi penggunaan jumlah aspal dalam campuran, mendapatkan campuran yang homogen antara limbah plastik dan aspal penetrasi 60/70, menentukan komposisi campuran limbah plastik yang dapat menghasilkan kekuatan aspal yang optimum. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa yang memenuhi persyaratan Bina Marga adalah pada kadar aspal 5,0% dengan persentase limbah plastik LDPE yaitu 7,5% dan nilai stabilitas yaitu 1083,25 kg. Berdasarkan hasil penelitian dinyatakan bahwa campuran limbah plastik LDPE dapat digunakan di dalam campuran aspal dan dapat meningkatkan nilai stabilitas/kekuatan daya tahan dari permukaan jalan.

Kata kunci: *Substitusi, Low Density Polyethylene (LDPE), Stabilitass (Kuat Tekan), Marshall Test.*

Abstract

Asphalt is the main material used in making roads, this material has the properties of flexibility, stability, durability and water resistance. To overcome this road damage, additional materials or alternative materials that can be used in asphalt mixtures are needed, one of which is low density polyethylene (LDPE) plastic waste. Apart from being able to be used in a mixture, the use of plastic waste can reduce the impact on environmental pollution because the amount of plastic waste in Indonesia is estimated to reach 9.52 million tons or 14% of the total existing waste. The aim of this research is to reduce the amount of asphalt used in the mixture, obtain a homogeneous mixture of plastic waste and 60/70 penetration asphalt, determine the composition of the plastic waste mixture which can produce optimum asphalt strength. The research results show that what meets the Bina Marga requirements is an asphalt content of 5.0% with a percentage of LDPE plastic waste of 7.5% and a stability value of 1083.25 kg. Based on the research results, it was stated that a mixture of LDPE plastic waste can be used in asphalt mixtures and can increase the stability/strength value of the road surface.

Keywords: *Substitution, Low Density Polyethylene (LDPE), Stability (compressive strength), Marshall Test.*

1. Latar Belakang

Sering ditemukan banyaknya kerusakan yang terjadi di jalan raya yang disebabkan oleh kendaraan dengan muatan berlebih, genangan air, dan perubahan cuaca, sehingga berdampak kepada kondisi jalan yang menjadi rusak, maka dari itu diperlukannya inovasi baru untuk meningkatkan kualitas aspal agar nantinya bisa mengatasi kerusakan jalan beraspal (Sa'dillah, 2023). Aspal atau bitumen merupakan bahan utama yang dipakai dalam pembuatan jalan raya, material ini memiliki sifat fleksibilitas, stabilitas, durabilitas, dan tahan terhadap air. Untuk mengatasi kerusakan jalan tersebut diperlukan adanya bahan tambah ataupun material alternatif yang dapat digunakan pada campuran beraspal. Selain itu, ditemukan banyak tumpukan sampah plastik yang belum dimanfaatkan secara optimal sehingga berdampak terhadap lingkungan. Menurut Data Asosiasi Industri Plastik Indonesia (Inaplas) dan Badan Pusat Statistik (BPS), sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun dan sekitar 3,2 juta ton merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut dan ditumpuk begitu saja sehingga memudahkan terjadinya pencemaran udara (Frenki, 2018) oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai penggunaan plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai salah satu bahan alternatif dalam campuran aspal. Diketahui bahwa plastik LDPE ini memiliki densitas yang rendah, yaitu antara (0.910–0.940) gr/cm³, tidak terjadi reaktif pada temperatur kamar, kecuali oleh oksidator kuat dan beberapa jenis pelarut yang dapat menyebabkan kerusakan (Sulianti, 2019), (Hadid et al., 2020). Plastik terdapat beberapa jenis, salah satunya adalah plastik *low density polyethylene* (LDPE) di mana plastik berkode nomor 4 yang memiliki sifat polimer semi-kristal. Plastik LDPE yang digunakan pada penelitian ini yaitu jenis plastik keresek/plastik belanjaan, dengan ini diharapkan nantinya dapat menghasilkan campuran aspal yang baik (Sembung, 2020).

Menurut (Razak, 2016), penelitian ini menggunakan plastik jenis LDPE (*Low Density Polyethylene*) untuk substitusi terhadap aspal mendapatkan hasil penelitian bahwa nilai karakteristik AC–WC yang meliputi persentase kadar plastik yang diperoleh dari hasil pengujian 1%-5% dari jumlah kadar aspal optimum, jika kadar plastik dalam aspal ditambahkan maka nilai stabilitas, *flow*, dan *marshall quotient* mengalami peningkatan dan penurunan yang tidak stabil, sedangkan nilai *void filled by asphalt* (VFA) dan kepadatan meningkat, dan nilai *void in mix* (VIM) dan *void mineral aggregate* (VMA) menurun.

Menurut (Mubarak, 2020) dengan membandingkan pengaruh penggunaan plastik dengan cara kering dan cara basah terhadap karakteristik Marshall, plastik yang digunakan adalah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) ke dalam campuran Laston AC-WC, penelitian ini menyimpulkan bahwa campuran aspal dengan plastik mutu rendah jenis LDPE cara kering maupun cara basah lebih baik dari aspal konvensional seperti ditunjukkan dari nilai densitas stabilitas marshall MQ, dan VFB lebih besar dibandingkan campuran beraspal konvensional.

(Diansari, 2016) menggunakan plastik jenis *Low Linear Density Polyethylene* (LLDPE) sebagai pengganti aspal dalam campuran Laston AC-WC mendapatkan kesimpulan berupa grafik stabilitas membentuk menyerupai parabola dengan adanya titik maksimum sebagai puncaknya, terlihat semakin bertambahnya kadar LLDPE maka nilai stabilitas juga bertambah, akan tetapi pada grafik VIM tidak ada yang memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010, nilai penetrasi aspal juga menurun seiring bertambahnya kadar plastik.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh substitusi limbah plastik sebesar 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5% dan 10% sebagai pengganti sebahagian aspal terhadap kuat tekan aspal. Berdasarkan uraian dari beberapa penelitian sebelumnya, diketahui bahwa penelitian penggunaan tentang limbah plastik pada campuran aspal telah banyak dikerjakan, namun masih kurang pada jenis plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang akan diganti ke sebagian (substitusi) material aspal pada campuran aspal AC-WC. Maka dari itu penelitian ini mencoba meneliti campuran aspal menggunakan limbah plastik *low density polyethylene* (LDPE) dalam campuran aspal.

2. Metode Penelitian

2.1 Tempat Penelitian dan Persiapan Bahan

Penelitian ini dilakukan pada laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Universitas Iskandar Muda Banda Aceh. Metode yang digunakan adalah metode pencampuran basah dengan mengacu pada persyaratan Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018). Persiapan bahan yang dilakukan adalah aspal pen 60/70, agregat kasar, agregat halus, *Filler* semen portland dan limbah plastik *low density polyethylene* (LDPE) di mana persentase LDPE 0%, 2,5%, 5,0%, 7,5%, 10% dan limbah plastik dipotong-potong seukuran 2 x 2 cm.

2.2 Pengujian Material Agregat dan Material Aspal

2.2.1 Pengujian material agregat

Agregat kasar dan agregat halus yang digunakan adalah batu kali yang dipecah dengan mesin pemecah batu (*stone crusher*) yang berasal dari Indrapuri Kabupaten Aceh Besar. Pemeriksaan sifat fisis yang dilakukan meliputi: berat jenis dan penyerapan, indeks kepipihan dan kelonjongan, kelekatan agregat terhadap aspal, dan keausan agregat dengan mesin los angeles. (A. S. for Testing and Materials, 2017).

Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dari agregat kasar dan agregat halus (S. 1969:2008 Badan Standarisasi Nasional, 2008)

Pemeriksaan indeks kepipihan dan kelonjongan pengujian ini digunakan untuk mengetahui bentuk agregat dan juga untuk mengetahui presentase jumlah agregat yang pipih dan yang lonjong dari suatu sampel agregat (R. T.-01-2005 Badan Standarisasi Nasional, 2005)

Pengujian keausan agregat untuk mengetahui angka keausan yang dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus terhadap berat semula dalam persen dan menilai ketahanan dan ketahanan aus material yang digunakan dalam konstruksi, seperti agregat, beton, aspal, dan permukaan jalan (Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-2417-1991, 1991).

2.2.2 Pengujian material aspal

Aspal terlebih dahulu diperiksa sifat fisisnya baik dengan maupun tanpa substitusi limbah LDPE sebelum digunakan. Metode pencampuran dalam penelitian ini yaitu dengan cara basah, di mana untuk cara basah di masukkan ke dalam campuran aspal panas sampai limbah LDPE benar-bener tercampur secara

sempurna dan merata baru dicampurkan dengan agregat yang telah dipanaskan. Pemeriksaan sifat fisis yang dilakukan yaitu; berat jenis aspal, daktilitas, titik lembek dan penetrasi (S. 2441:2011 Badan Standarisasi Nasional, 2011), (R. M.-04-2005 Badan Standarisasi Nasional, 2005), (S. 2432:2011 Badan Standarisasi Nasional, 2011)

2.3 Pemilihan gradasi agregat

Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi menerus/gradasi rapat berdasarkan nilai tengah dari spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 4 (2018).

2.4 Perencanaan campuran aspal

(Silvia, 2003) Perencanaan campuran aspal beton untuk menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18 (\%Filler) + \text{Konstanta} \quad (1)$$

Keterangan:

- P_b = kadar aspal perkiraan, persen terhadap berat campuran;
- CA = persen agregat kasar tertahan saringan No. 4;
- FA = persen agregat halus lolos saringan No. 4 dan tertahan No.200;
- Filler = persen agregat minimal 75% lolos saringan No.200;
- K = nilai konstanta sekitar 0,5 – 1,0 untuk AC.

2.5 Parameter Marshall

Parameter Marshall campuran beton aspal dapat diperiksa dengan menggunakan alat uji marshall. (Silvia, 2003) berpendapat bahwa, metode campuran yang paling banyak dipergunakan di Indonesia saat ini adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian mempergunakan alat Marshall. Menurut (Marga, 2018) ada tujuh parameter marshall adalah rongga dalam campuran (VIM), rongga dalam mineral agregat (VMA), rongga terisi aspal (VFA), stabilitas, kelelahan plastis (*flow*), berat volume (*density*), *marshall quotient* (MQ). Pengujian marshall dapat diketahui dengan menghitung nilai stabilitas sebagai berikut:

$$S = p \times q \times r \quad (2)$$

Keterangan:

- s = nilai stabilitas (kg);
- p = kalibrasi alat;
- q = pembacaan nilai Marshall;
- r = koreksi benda uji.

Nilai *flow* yang didapat dengan membaca dial pada mesin marshall, nilai MQ dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

$$MQ = \frac{N_s}{N_f} \quad (3)$$

Keterangan:

- MQ = *marshall Quotient* (kg/mm)
- N_s = Nilai stabilitas (kg)
- N_f = Nilai flow (mm)

VIM (*Void in the Mix*) merupakan persentase rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh kepada keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran, nilai VIM yang disyaratkan bina marga yaitu 3,0-5,0%.

VMA (*Void in Material Aggregate*) yaitu rongga diantara butir-butir agregat dalam campuran beraspal dalam kondisi padat. Apabila nilai VMA tidak mencapai syarat minimum bina marga yaitu 15% maka lapisan aspal yang menyelimuti kurang mengikat antara butir agregat sehingga dapat terjadi kerusakan.

VFA (*Void Filled by Asphalt*) merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan, yaitu jumlah dan temperatur pemadatan, gradasi agregat dan kadar aspal. Apabila nilai VFA tidak mencapai syarat minimum bina marga yaitu 65% maka semakin sedikit rongga yang terisi aspal sehingga film aspal semakin tipis yang mengakibatkan aspal tidak kedap air dan udara. Nilai parameter Marshall dipersyaratkan diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Nilai parameter Marshall

No.	Kriteria	Spesifikasi
1	VIM (%)	3,0 – 5,0
2	VMA (%)	>15
3	VFA (%)	>65
4	Stabilitas (Kg)	800
5	Flow (mm)	>3
6	MQ (Kg/mm)	>300

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pegujian Karakteristik Sifat Fisis Agregat Kasar dan Agregat Halus

Agregat merupakan penyusun utama dari campuran aspal beton, di mana proporsi dari campuran tersebut mencapai hingga 95%, Untuk memudahkan pembuatan komposisi campuran aspal beton, agregat yang digunakan dikelompokkan menjadi agregat kasar dan agregat halus. Berdasarkan pengujian agregat didapatkan hasil bahwa agregat kasar dan agregat pecah telah memenuhi spesifikasi seperti yang disyaratkan untuk campuran aspal beton.

Tabel 2 Hasil pemeriksaan sifat fisis agregat kasar dan halus

No.	Sifat Fisis Agregat	Agregat Kasar	Agregat Halus
1	Berat jenis	2,807	2,80
2	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	97	-
3	Keausan agregat dengan los angeles (%)	14,84	-
4	Indeks kepipihan dan kelongongan (%)	9,11	-
5	Berat isi agregat (kg/dm ³)	1,387	-
6	Penyerapan air (%)	0,495	0,70

Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat fisis agregat dari Tabel 2 menunjukkan bahwa agregat yang digunakan pada penelitian ini sudah memenuhi syarat sebagai material campuran aspal. Hasil pengukuran berat jenis agregat diperoleh berat untuk agregat kasar sebesar 2,807 dan agregat halus sebesar 2,80 sesuai dengan ketentuan persyaratan Bina Marga 2010 sebesar 2,5.

Hasil pemeriksaan kelekatan agregat terhadap aspal adalah 97% sesuai dengan ketentuan Bina Marga 2010 yaitu 95%. Untuk pengujian keausan agregat dengan menggunakan mesin los angeles diperoleh nilai 14,84% sesuai dengan ketentuan peraturan yaitu maksimum 40% dan untuk pengujian indeks kepipihan dan kelonjongan agregat diperoleh nilai 9,11% sesuai dengan yang disarankan maksimum 10%, untuk pengujian berat isi agregat 1,387 kg/dm³. Sedangkan untuk nilai penyerapan air agregat kasar 0,495% dan agregat halus 0,70% memenuhi yang disarankan yaitu sebesar maksimum 3%. Berdasarkan data yang telah diteliti material yang diambil dari PT. Bumi Ayu Kencana yang berlokasi di Aceh Besar, Indrapuri dapat digunakan sebagai campuran aspal karena sifat fisis memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018)

3.2 Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Aspal Pen 60/70 dan Aspal Modifikasi Plastik LDPE

Pemeriksaan sifat fisis aspal meliputi berat jenis aspal, penetrasi, titik lembek dan daktilitas. Hasil pemeriksaan sifat fisis aspal pen 60/70 dan aspal LDPE yang berpedoman kepada peraturan dari Bina Marga 2010 Revisi 4 (2018) diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pemeriksaan sifat fisis aspal

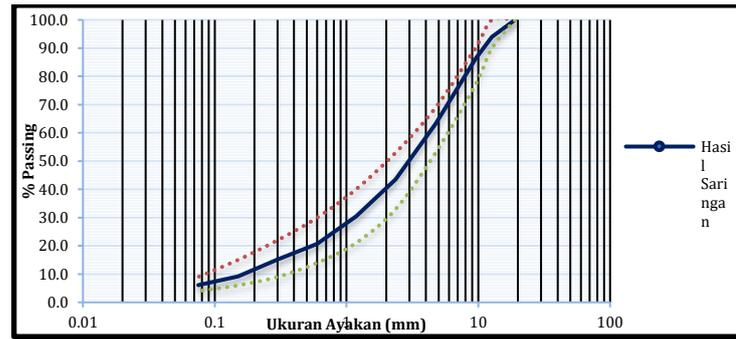
No.	Sifat Fisis Aspal	Aspal Pen 60/70	Aspal Plastik LDPE (%)			
			2,5	5,0	7,5	10
1	Berat jenis aspal	1,035	1,03	1,035	1,04	1,05
2	Penetrasi	56,44	53,4	52,5	52	51,8
3	Titik lembek	48,25	48,2	49	48	48
4	Daktilitas	130	130	125	120	120

3.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi Campuran

Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi menerus (gradasi baik) dan selanjutnya gradasi tersebut digunakan untuk menghitung komposisi campuran agregat dan aspal untuk masing-masing saringan (A. S. for Testing and Materials, 2017). Komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pemeriksaan gradasi campuran

Saringan		Spesifikasi Bina Marga	% Lolos	% Tertahan
ASTM	Mm			
3/4"	19	100	100	0,0
1/2"	12,5	90 – 100	94,0	6,0
3/8"	9,5	77 – 90	86,2	7,8
No. 4	4,75	53 – 69	63,3	22,9
No. 8	2,36	33 – 53	43,6	19,7
No.16	1,18	21 – 40	30,4	13,2
No. 30	0,6	14 – 30	20,7	9,7
No. 50	0,3	9 – 22	15,2	5,5
No. 100	0,15	6 - 15	9,2	6,0
No. 200	0,075	4 – 9	6,1	3,1
Pan	0,0	0	0	100



Gambar 1 Grafik Gradasi Saringan Untuk Campuran AC-WC

Dari hasil pemeriksaan gradasi campuran berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 1 dapat diambil kesimpulan bahwa grafik gradasi campuran tersebut dapat digunakan untuk komposisi campuran terhadap agregat dan aspal karena total agregat rencana masuk dalam batas atas dan batas bawah atau spesifikasi yang disyaratkan oleh (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

3.4 Perbandingan Aspal Pen 60/70 dan Aspal dengan plastik LDPE

Perbandingan antara aspal tanpa LDPE dan aspal dengan menggunakan LDPE dapat dilihat pada Tabel 5. Aspal tanpa LDPE ditunjukkan pada kolom 0% (tanpa campuran plastik LDPE).

Tabel 5 Perbandingan hasil uji marshall pada masing-masing kadar LDPE

Parameter	LDPE 0%	LDPE 2,5%	LDPE 5,0%	LDPE 7,5%	LDPE 10%
Stabilitas	885,49	1005,78	1048,87	1083,25	1025,77
MQ	369,25	280,87	383,70	477,30	354,82
Flow	2,50	3,63	2,77	2,50	2,93
VIM	3,88	3,17	3,10	3,03	2,99
VMA	16,73	15,58	15,52	15,46	15,42
VFA	74,67	79,73	82,38	80,95	81,47

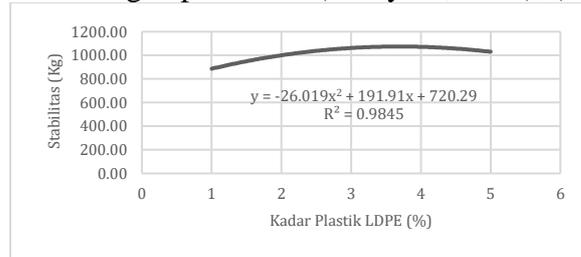
3.5 Karakteristik Campuran Aspal dengan Limbah Plastik LDPE

Telah dilakukan penelitian lainnya terkait penggunaan polimer di dalam campuran yaitu mengenai pemanfaatan getah karet untuk substitusi aspal dapat menaikkan kinerja kekuatan campuran tersebut (Asri et al., 2022), (Teltayev et al., 2019), (Kurniasari, 2022), (Kim et al., 2018). Selain itu, untuk melihat kemiripan pernah dilakukan dengan limbah botol plastik *PolyEthylene Terephalate* (PET) menyatakan bahwa dengan menggunakan plastik dapat menaikkan kinerja stabilitas aspal (Fransesqui et al., 2023), (Damopolii et al., 2022)

Pengujian dilakukan untuk mendapatkan nilai karakteristik marshall yang menggunakan limbah plastik *low density polyethylene* (LDPE) Kemudian untuk grafik karakteristik marshall dibuat menjadi grafik gabungan untuk nilai stabilitas, flow, MQ, VIM, VMA, dan VFA, untuk mendapatkan perbandingan perubahan akibat perbedaan kadar plastik LDPE yang dicampur kedalam aspal. Berikut ini merupakan parameter-parameter pengujian marshall aspal dengan limbah plastik *low density polyethylene* (LDPE) sebagai berikut:

3.5.1 Pengaruh LDPE terhadap stabilitas

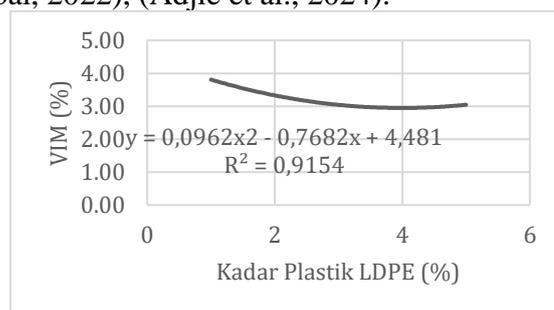
Dari gambar 2 diatas menunjukkan bahwa nilai stabilitas/kekuatan aspal dengan menggunakan persentase plastik jenis LDPE sebagai bahan substitusi pada campuran AC-WC mengalami peningkatan stabilitas dibandingkan tanpa menggunakan plastik hal ini dikarenakan plastik telah mengisi rongga antara butiran agregat, sehingga menyebabkan rongga antara agregat menjadi kecil dan rapat. Untuk nilai stabilitas (kekuatan) dari campuran tersebut semua kadar persentase masih memenuhi persyaratan dari Bina Marga 2010 revisi 4 (2018). Nilai stabilitas semakin meningkat hal itu disebabkan oleh limbah plastik LDPE di dalam campuran sesuai dengan penelitian (Wahyudi, 2022), (Hilda, 2021).



Gambar 2 Hubungan antara nilai stabilitas dan kadar plastik LDPE

3.5.2 Pengaruh LDPE Terhadap VIM (Void in Mix)

Nilai VIM (*Void in mix*)/rongga di dalam campuran sangat berpengaruh terhadap keawetan lapisan perkerasan jalan, dari Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai VIM campuran AC-WC tanpa kadar plastik dan dengan kadar plastik memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 4 yaitu 3% sampai 5%, yaitu variasi kadar plastik yang tidak memenuhi yaitu pada kadar LDPE 10%. Nilai VIM menggunakan kadar plastik cenderung mengalami penurunan dari nilai VIM tanpa menggunakan kadar plastik hal ini menyebabkan rongga dalam campuran menjadi lebih kecil dan semakin bertambahnya kadar plastik LDPE yang digunakan, nilai VIM yang dihasilkan semakin rendah hal ini disebabkan plastik dapat menutupi pori pori agregat dan daya ikat agar semakin kuat (Hilda, 2021), (Muammar and Iqbal, 2022), (Adjie et al., 2024).

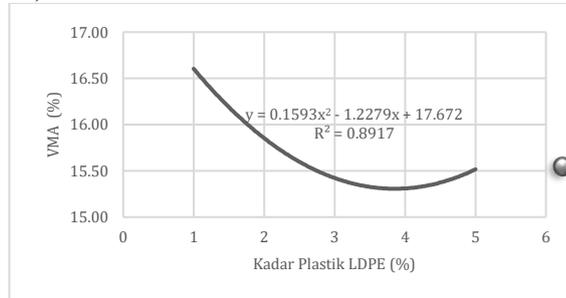


Gambar 3 Hubungan antara nilai stabilitas dan kadar plastik LDPE

3.5.3 Pengaruh LDPE Terhadap VMA (Void Mineral Aggregate)

Nilai VMA suatu campuran idealnya sesuai dengan spesifikasi dengan tujuan untuk memberikan ruang yang cukup untuk aspal agar dapat melekat dengan agregat, Namun dari gambar 4 menunjukkan bahwa nilai VMA campuran AC-WC tanpa kadar plastik dan dengan kadar plastik memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai VMA dengan persentase plastik mengalami peningkatan dari

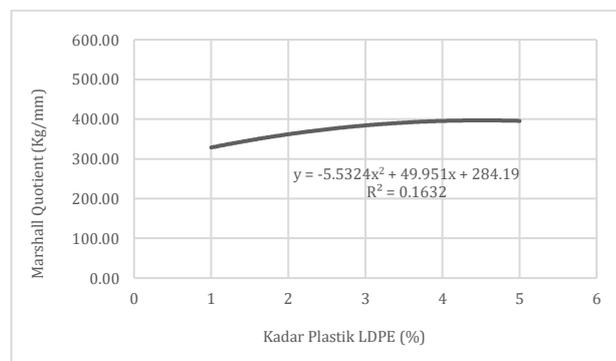
nilai VMA yang tanpa menggunakan campuran plastik, namun semakin rendah nilai VMA seiring dengan penambahan kadar plastik hal ini dikarenakan plastik LDPE telah menyelimuti agregat dan menutupi sebagian besar rongga antara agregat sesuai dengan penelitian (Wesli et al., 2024), (Razak and Erdiansa, 2016), (Hidayati et al., 2021).



Gambar 4 Hubungan antara Nilai VMA dengan Kadar Plastik

3.5.4 Pengaruh LDPE Terhadap *Marshall Quotient* (MQ)

Dari Gambar 5 menunjukkan bahwa Nilai *Marshall Quotient* (MQ) merupakan indeks kelenturan suatu campuran berupa perbandingan antara stabilitas terhadap *flow* dengan satuan kg/mm. Nilai MQ ini dihubungkan dengan daya tahan perkerasan terhadap deformasi. Semakin besar nilai MQ menandakan campuran semakin kaku/getas sehingga dapat terjadi retak apabila diberi beban, sedangkan semakin kecil nilai MQ menandakan campuran semakin lentur dan mampu berdeformasi apabila diberi beban dan berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 hasil minimum dari MQ adalah 250 kg/mm. Nilai MQ pada penelitian semakin meningkat hal itu disebabkan oleh plastik LDPE sesuai dengan penelitian (Wiyogo et al., 2021), (Refiyanni and Chaira, 2021)

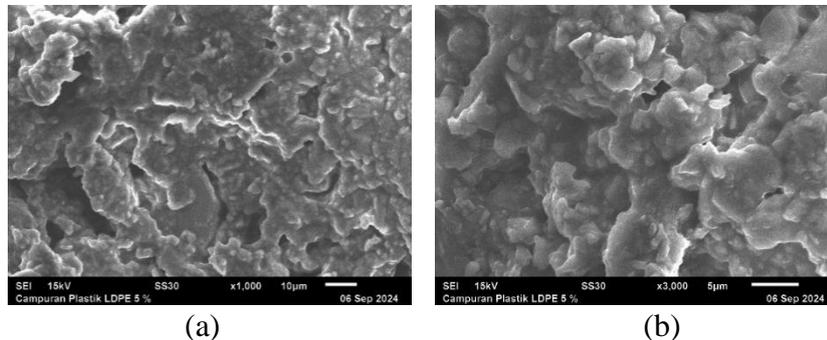


Gambar 5 Hubungan antara Nilai MQ dengan Kadar Plastik

3.6 Hasil Analisa Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Berdasarkan Gambar 6 Pengujian SEM dilakukan pada suhu ruangan, yaitu 25°C. Hasil pengujian SEM pada gambar aspal plastik perbesaran 1000 kali dapat dilihat bahwa material aspal dan material plastik tidak tercampur sempurna (hanya tercampur secara fisik) disebabkan metode pencampuran yang digunakan metode secara kering di mana plastik LDPE dimasukkan kedalam agregat dan aspal kemudian di panaskan. Peristiwa tidak tercampurnya plastik LDPE secara sempurna dengan aspal menyebabkan terjadinya penggumpalan plastik LDPE di dalam aspal. Plastik setelah tercampur dengan aspal pada suhu 160°C nantinya akan

dingin dan menggumpal serta mengeras, sehingga aspal modifikasi semakin getas. Hal ini dapat menyebabkan aspal modifikasi memiliki sifat fisik yang berbeda dengan aspal konvensional, seperti nilai penetrasi dan daktilitas aspal modifikasi yang lebih rendah dibandingkan dengan aspal konvensional



Gambar 6. a) Pengujian SEM aspal plastik LDPE perbesaran 1000 kali dan
b) Pengujian SEM aspal plastik LDPE Perbesaran 3000 kali

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari hasil pemeriksaan sifat fisis agregat kasar, agregat halus serta pemeriksaan sifat fisis aspal pen 60/70 serta aspal dengan substitusi limbah plastik LDPE memenuhi persyaratan dari Bina Marga 2010 revisi 4 (2018) maka bahan campuran tersebut dapat digunakan untuk campuran aspal. Berdasarkan hasil penelitian dilihat dari nilai stabilitas pada komposisi LDPE 7,5% dengan nilai stabilitas/kuat tekan aspal 1083,25 kg dengan kadar aspal 5,5% dan semua nilai parameter marshall memenuhi spesifikasi yang ditentukan sehingga dapat disimpulkan bahwa variasi plastik LDPE yang digunakan dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi sebahagian aspal pada lapisan AC-WC kecuali pada kadar plastik LDPE 10% karena nilai *void in mix* (VIM) tidak memenuhi parameter marshall.

4.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran yang dapat diberikan yaitu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai campuran aspal dengan menggunakan jenis aspal yang lainnya dan untuk lapisan permukaan jalan yang lainnya agar menjadi pembandingan hasil penelitian. Sebaiknya jika ingin menggunakan plastik LDPE pada perkerasan jalan sebagai bahan substitusi menggunakan metode pencampuran secara basah.

Daftar Kepustakaan

- American Standard for Testing and Materials, 2017. "Standard Test Method for Bulk Density ('Unit Weight') and Voids in Aggregate.", ASTM Pennsylvania.
- Adjie, A.S., Rizqi, A.N., Susanti, R., Nurdiana, A., 2024. Pengaruh Penggunaan Plastik LDPE (Low Density Polyethylene) Sebagai Substitusi Aspal dan Serbuk Kaca Sebagai Substitusi Filler pada Campuran Laston AC-WC. J. Sipil Dan Arsit. 2, 34–50. <https://doi.org/10.14710/pilars.2.4.2024.34-50>.

- Asri, J., Kurniasari, F.D., Bunyamin, B., 2022. Pemanfaatan Getah Karet Untuk Substitusi Aspal Modifikasi Lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* Dengan Metode Basah. *J. Tek. Sipil Dan Teknol. Konstr.* 8. <https://doi.org/10.35308/jts-utu.v8i1.5051>.
- Badan Standarisasi Nasional, R.M.-04-2005, 2005. Cara Uji Elastisitas Aspal Dengan Alat Daktilitas. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, pp. 1–5.
- Badan Standarisasi Nasional, R.T.-01-2005, 2005. Cara Uji Butiran Agregat Kasar Berbentuk Pipih dan Lonjong. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, pp. 1–5.
- Badan Standarisasi Nasional, S. 03-1969 : 2008, 2008. Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, pp. 1–4.
- Badan Standarisasi Nasional, S. 1969:2008, 2008. Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Agregat, in: SNI 1969:2008. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, pp. 1–5.
- Badan Standarisasi Nasional, S. 2432:2011, 2011. Cara Uji Penetrasi Aspal, in: ICS 91.100.30. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, pp. 1–5.
- Badan Standarisasi Nasional, S. 2441:2011, 2011. Cara Uji Berat Jenis Aspal Keras. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, pp. 1–15.
- Badan Standarisasi Nasional, SNI 03-2417-1991, 1991. Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles, in: SNI 03-2417-1991. Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, pp. 1–5.
- Damopolii, A.V., Lalamentik, L.G.J., Palenewen, S.C.N., 2022. Pemanfaatan Limbah Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*) Sebagai Bahan Tambah Pada Aspal Pen 60/70 Dalam Campuran Aspal HRS-WC 20.
- Erdiansa, A., Razak, B. A., 2016. Karakteristik Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene (LDPE)*. *Intek J. Penelit.* 1, 8–14.
- Fransesqui, M.A., Rodríguez-Alloza, A.M., García-González, C., 2023. *Reuse Of Plastic Waste In Asphalt Mixtures With Residual Porous Aggregates. Case Stud. Constr. Mater.* 19, e02361. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02361>.
- Frenki Hartono Sitorus, 2018. Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Tambah Campuran Aspal Pada Perkerasan Jalan AC-WC Terhadap Nilai Marshall. Univ. Medan Area.
- Hadid, M., Ubudiyah, A., Apriyani, D.W., 2020. Alternatif Aspal Modifikasi Polimer Dengan Menggunakan Sampah Plastik Kemasan Makanan. *J. Manaj. Aset Infrastruktur Fasilitas* 4. <https://doi.org/10.12962/j26151847.v4i1.6832>.
- Hidayati, H.N., Rifqi, M.G., Amin, M.S., 2021. Pengaruh Penambahan Plastik LDPE Pada Campuran Aspal Beton Lapis AC-BC. *J. Appl. Civ. Eng. Infrastruct. Technol.* 2, 1–6. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v2i2.63>.
- Hilda Nur Hidayati, Mirza Ghulan Rifqi, 2021. Pengaruh Penambahan Plastik LDPE Pada Campuran Aspal Beton Lapis AC-BC. *J. Appl. Eng. Infrastruct. Technol. JACEIT* 2, 1–6.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018. Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan Divisi 6 Perkerasan Aspal, Revisi 2. ed. Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Kim, H.H., Mazumder, M., Lee, S.-J., Lee, M.-S., 2018. *Characterization Of Recycled Crumb Rubber Modified Binders Containing Wax Warm Additives.*

- J. Traffic Transp. Eng. Engl. Ed. 5, 197–206.
<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2017.10.002>.
- Kurniasari, F.D., 2022. Pengaruh Substitusi Getah Damar Terhadap Aspal Pen 60/70 Sebagai Modifikasi Untuk Lapisan Aspal Beton 1.
- Muammar, R., Iqbal, I., 2022. Substitusi Limbah *Low Density Polyethylene* (LDPE) Pada Campuran AC-WC Dengan Perendaman Kotoran Sapi Terhadap Parameter Marshall. Teras J. J. Tek. Sipil 12, 57.
<https://doi.org/10.29103/tj.v12i1.606>.
- Mubarok, M.F.Z., 2020. Pengaruh Penambahan Limbah Kantong Plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) Dengan Metode Basah Pada Campuran Laston Lapis Pondasi Terhadap Parameter Uji Marshall.
- Pratomo, P., Ali, H., Diansari, S., 2016. Aspal Modifikasi dengan Penambahan Plastik *Low Linear Density Poly Ethylene* (LLDPE) Ditinjau dari Karakteristik Marshall dan Uji Penetrasi pada Lapisan Aspal Beton (AC-BC). Rekayasa J. Ilm. Fak. Tek. Univ. Lampung 3, 155–166.
- Razak, B.Abd., Erdiansa, A., 2016. Karakteristik Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE). INTEK J. Penelit. 3, 8–14. <https://doi.org/10.31963/intek.v3i1.9>.
- Refiyanni, M., Chaira, C., 2021. *Characteristics Of Mixed Porus Asphalt With Combination Of LDPE, CPO and PEN 60/70*. Int. J. Eng. Sci. Inf. Technol. 1, 19–24. <https://doi.org/10.52088/ijesty.v1i4.146>.
- Sa'dillah, M., Rahma, P.D., Primasworo, R.A., Maliq, T.M., n.d. Karakteristik Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Agregat Yang Menggunakan Limbah Plastik (*Low Density Polyethylene*) LDPE. J. Inersia 15(2), 85–94.
- Sembung, N.T., Sendow, T.K., Palenewen, S., 2020. Analisa Campuran Aspal Porus Menggunakan Material Dari Kakaskasen Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon.
- Sukirman,, Silvia, 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Grafika Yuana Marga, Bandung.
- Sulianti, I., Harnawansyah, M.S., Putri, M.A., Chudori, A.H., n.d. Pengaruh Limbah Plastik LDPE Terhadap Campuran Asphalt Concrete – Base Course (AC –BC) Dengan Metode Marshall.
- Teltayev, B.B., Rossi, C.O., Izmailova, G.G., Amirbayev, E.D., Elshibayev, A.O., 2019. *Evaluating The Effect Of Asphalt Binder Modification On The Low-Temperature Cracking Resistance Of Hot Mix Asphalt. Case Stud. Constr. Mater.* 11, e00238. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00238>.
- Wahyudi, D., Carlo, N., Prayitno, E., n.d. Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) Sebagai Substitusi Aspal Pada Campuran Aspal Beton Jenis AC-WC.
- Wesli, Syahputra, Mhd.A., Akbar, S.J., Muthmainnah, M., 2024. Pemanfaatan Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Substitusi Sebagian Aspal Pada Lapisan AC-WC. Teras J. J. Tek. Sipil 14, 485. <https://doi.org/10.29103/tj.v14i2.1149>.
- Wiyogo, A., Amal, A.S., Alamsyah, A.A., 2021. Pengaruh Pemakaian Plastik LDPE Sebagai Substitusi Aspal Terhadap Karakteristik Marshall HRS-WC.