

Pengaruh Penambahan Plastik LDPE terhadap Campuran Aspal Berpori

(The Effect of Addition LDPE Plastic on Porous Asphalt Mixture)

Muhammad Yodhi Saputra¹, Melawaty Agustien², Edi Kadarsa³

^{1,2,3} Program Studi Magister Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya - Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Lama, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30128

ARTICLE INFO

Article history

Received : 15 December 2022

Revised : 6 February 2023

Accepted : 8 March 2023

DOI :

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4607>

Keywords :

dynamic stability; LDPE plastic; marshall stability; permeability; porous asphalt

*e-mail corresponding author :

muhammadyodhisaputra@gmail.com

ABSTRAK

Banyak penelitian telah menggunakan limbah plastik sebagai bahan campuran aspal konvensional beberapa tahun terakhir. Namun, mereka tidak memperhatikan bahwa plastik dapat mengecilkan permeabilitas campuran aspal, yang berarti aspal berpori adalah jenis campuran aspal yang lebih baik untuk dicampur dengan sampah plastik. Meskipun aspal berpori memiliki nilai marshall yang rendah, namun aspal jenis ini memiliki keunggulan pada permeabilitasnya. Dalam penelitian ini limbah plastik yang digunakan adalah jenis LDPE (*low density polyethylene*), yang mana terbukti memberikan peningkatan terhadap nilai stabilitas marshall. Penelitian ini mengubah aspal berpori dengan menambahkan plastik LDPE agar dapat digunakan di lapangan, kemudian dilakukan pengujian stabilitas marshall dan permeabilitas, Hasil penelitian ini diharapkan akan menghasilkan campuran aspal berpori dengan persentase kadar plastik tertinggi tanpa mengurangi klasifikasi permeabilitasnya dengan memperhitungkan persentase plastik yang digunakan. Hal yang tidak kalah penting, dibutuhkan data tambahan tentang ketahanan deformasinya melalui pengujian *whell tracking machine*. Dari hasil pengujian yang dilakukan, Dengan persentase penambahan plastik pada 0, 5, 10, 15, dan 20 berturut-turut, permeabilitas aspal berpori mencapai 0,2002 cm/s, 0,1640 cm/s, 0,1507 cm/s, dan 0,1131 cm/s, dan 0,0897 cm/s. Hasil dari pemeriksaan stabilitas Marshall pada aspal berpori dengan besaran persentase penambahan plastik mulai dari 0, 5, 10, 15, dan 20 persen menunjukkan nilai 571,52 kilogram, 716,9067 kilogram, 731,9467 kilogram, 817,1733 kilogram, dan 912,4267 kilogram. Untuk nilai stabilitas dinamis pada pengujian *whell tracking machine* memberikan hasil yang baik pada persentase plastik 20% yaitu sebesar 7159,091 lintasan/mm.

PENERBIT

UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-
Malang, 65144, Telp/Fax:
0341-565500



This is an open access article under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License**. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. CC-BY-SA

ABSTRACT

Many recent studies have used plastic waste as an ingredient in conventional asphalt mixtures. However, they did not notice that the addition of plastics can reduce the permeability of asphalt mixtures, which means that porous asphalt is a better plastic trash that will be added to a specific type of asphalt mixture. Despite having a low marshall value, porous asphalt provides a benefit in terms of permeability. Low-density polyethylene (LDPE), a form of plastic trash employed in this study, boosted the Marshall stability mark. This study changed porous asphalt by adding LDPE plastic for usage on the field, then tested for marshall stability and permeability. A porous asphalt mixture should be created as a result of this study's findings with the highest percentage of plastic content without reducing its permeability classification, considering the percentage of plastic used. It is equally essential, and evaluating the wheel tracking machine will help gather more information about its resistance to deformation. The permeability test of porous asphalt with the addition of plastic at 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%, respectively, produced findings that were 0.2002 cm/s, 0.1507 cm/s, 0.1131 cm/s, and 0.0897 cm/s. The results of the Marshall stability check on porous asphalt with the percentage of added plastic starting from 0, 5, 10, 15, and 20 percent show values of 571.52 kilograms, 716.9067 kilograms, 731.9467 kilograms, 817.1733 kilograms, and 912.4267 kilograms. In the wheel tracking machine test, it works well for dynamic stability values at a plastic percentage of 20%, or 7159.091 passes/mm.

Cara Mengutip : Saputra, M.Y., Agustien, M., Kadarsa, E. (2023). The Effect of Addition LDPE Plastic on Porous Asphalt Mixture. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 8(1), 88-100.
doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.4607>

1. PENDAHULUAN

Jalan raya sangat penting untuk mendukung berbagai aktivitas ekonomi dan sosial. Membuat lalu lintas aman, cepat, dan nyaman adalah salah satu tujuan pembangunan jalan raya [1]. Sehingga, pembangunan jalan memerlukan perhatian khusus pada keselamatan dan kenyamanan pengguna. Beban berlebihan dan genangan air hujan biasanya menyebabkan kerusakan perkerasan, yang memperpendek umurnya. Penggunaan plastik sebagai campuran aspal dapat membantu mengatasi masalah ini [2], karena plastik dapat meningkatkan ketahanan campuran aspal terhadap deformasi, retak dan gelombang [3].

Dibandingkan dengan jenis perkerasan lainnya, campuran aspal berpori memiliki porositas yang lebih tinggi [4]. Aspal berpori adalah campuran aspal panas bergradasi terbuka memiliki persentase agregat kasar yang tinggi dan agregat halus yang lebih kecil, yang menciptakan rongga pori yang besar [5]. Untuk mencegah air menggenang di permukaan jalan, rongga udara ini dirancang untuk mengalirkan air saat hujan. Aspal berpori memiliki nilai permeabilitas yang lebih baik dibandingkan aspal normal berdasarkan sifat dan karakteristiknya yang memiliki rongga [6] Namun, karena rongga yang relatif lebih besar, aspal berpori memberikan nilai Marshall yang lebih kecil daripada aspal normal [7]. Aspal berpori kurang digunakan di jalan yang padat karena rentan terhadap beban berat [8]. Namun, kemampuannya untuk meloloskan air mungkin lebih baik daripada jenis perkerasan lainnya. Agar aspal berpori dapat diaplikasikan dilapangan maka pada penelitian ini aspal berpori dimodifikasi dengan penambahan limbah plastik LDPE [9], sehingga aspal berpori diharapkan memiliki nilai Marshall yang lebih tinggi dan permeabilitas yang tetap pada tingkat drainase yang baik dengan memperhatikan persentase plastik yang digunakan. Hal ini sama pentingnya untuk aspal berpori [10], dibutuhkan informasi tambahan tentang ketahanannya terhadap deformasi dari pengujian WTM setelah penambahan limbah plastik. Penelitian ini penting untuk dikerjakan karena deformasi permanen Sangat penting karena jejak dari roda dapat mengancam keselamatan pengguna jalan karena dapat mengubah arah kendaraan dan menyebabkan genangan yang menyebabkan *hydroplaning* [11][12] Selain itu, ketahanan campuran aspal terhadap tekanan mekanis dapat diuji melalui uji WTM di laboratorium [13]. Uji Marshall dan uji lanjut akan dilakukan pada campuran aspal berpori yang digunakan bersama dengan plastik LDPE. Hasil pengujian akan menghasilkan nilai untuk campuran aspal berpori dengan nilai Marshall yang lebih tinggi serta klasifikasi permeabilitas pada tingkat yang baik untuk aliran. [14].

Penelitian ini penting untuk dilakukan mengingat bahwa umumnya kerusakan jalan sampai saat ini disebabkan oleh air hujan yang menggenang dan lama kelamaan mengganggu kekuatan dan kestabilan dari perkerasan tersebut [15][16]. Sehingga penelitian ini menggunakan aspal berpori untuk mengatasi genangan air pada permukaan jalan, lalu dikombinasikan dengan plastik LDPE untuk meningkatkan kekuatannya. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkini [17] mengenai persentase terbaik dalam menambahkan plastik LDPE pada aspal berpori.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan merupakan seperangkat alat uji untuk mendapatkan nilai KAO, alat pemeriksaan marshall dengan kelengkapan flowmeter dan proving ring berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs), seperangkat alat uji permeabilitas yang dilengkapi dengan gelas ukur berkapasitas 100 mililiter dan mold berukuran 4 inci dengan menggunakan metode falling head. Untuk mendapatkan nilai stabilitas dinamis dengan metode JRA (1980), alat wheel tracking machine dilengkapi dengan roda baja dengan tekanan $64 \pm 0,15$ kg/cm² dan 42 lintasan/menit. Teknik pencampuran kering, digunakan untuk mencampurkan plastik pada agregat. Gambar 1 menunjukkan peralatan uji yang digunakan dalam penelitian ini.

Bahan campuran aspal berpori didefinisikan oleh Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2018 dan *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) tahun 2004. Standar ini dibuat untuk membantu dalam merencanakan, melaksanakan, dan mengawasi penelitian ini. Dalam spesifikasi ini, campuran aspal berpori memenuhi gradasi agregat campuran, bahan perekat aspal dan sifat campuran.



(a) Marshall test



(b) Permeabilitas



(c) Wheel Tracking Machine

Gambar 1. Alat yang digunakan pada penelitian

2.2. Plastik LDPE (*low density polyethylene*)

Sampah plastik sulit terurai, jadi mendaur ulang adalah cara untuk mengurangnya. Menggunakan plastik LDPE dalam campuran aspal adalah salah satu cara untuk mengurangi sampah plastik di Indonesia. Dalam penelitian Visyhandini (tahun 2018), plastik LDPE ditambahkan ke dalam rancangan aspal berpori dengan besaran plastik 0, 5, 10, 15, dan 20 persen. Dalam penelitian ini, stabilitas Marshall dan permeabilitas diuji.

2.3. Karakteristik Desain Aspal Berpori

Australian Asphalt Pavement Association (2004) menetapkan beberapa standar perencanaan yang harus dipenuhi untuk menghasilkan campuran aspal berpori dengan karakteristik yang baik, yang diterangkan pada Tabel 1, seperti yang ditunjukkan di bawah ini.

Tabel 1. Spesifikasi Aspal Berpori

No	Kriteria Untuk Perencanaan	Nilai
		Tahun 2004
1	Koef. permeabilitas (cm/second)	0,1 - 0,5
2	Kandungan rongga udara (%)	18% – 25%
3	Stabilitas Marshall (kilogram)	Min. 500 kg
4	Kelelahan Marshall/flow (milimeter)	2 mm – 6 mm
5	MQ (kilogram/mm)	Maks. 400 kg/mm
6	Tumbukan Pada bidang	50

2.4. Ketahanan Marshall dari Campuran Aspal Berpori

Rancangan aspal berpori terdiri dari aspal panas yang dicampur antara agregat bergradasi terbuka dan aspal modifikasi dalam jumlah tertentu, menurut Affan (2006) dan Leni Arlia (2018). Pada permukaan jalan yang kedap air, campuran aspal berpori dihampar dan dipadatkan. Air yang jatuh pada permukaan aspal berpori meresap bebas ke lapisan di bawahnya dan kemudian mengalir ke samping. Studi dilakukan oleh Lena Arlia tahun 2018 pada aspal berpori dengan gondorukem, dia kemudian menjalankan uji stabilitas Marshall dengan nilai yang didasarkan pada AAPA (2004).

2.5. Permeabilitas Aspal berpori

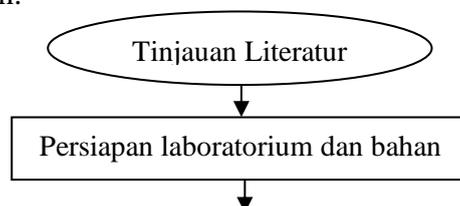
Permeabilitas adalah parameter yang menyatakan kemampuan permukaan jalan untuk meloloskan air dari permukaan ke lapisan tanah. Nilai permeabilitas yang lebih rendah menunjukkan bahwa campuran beraspal lebih kedap terhadap air, memiliki permeabilitas yang rendah dan drainase sekitarnya yang buruk akan menyebabkan genangan air pada perkerasan jalan.

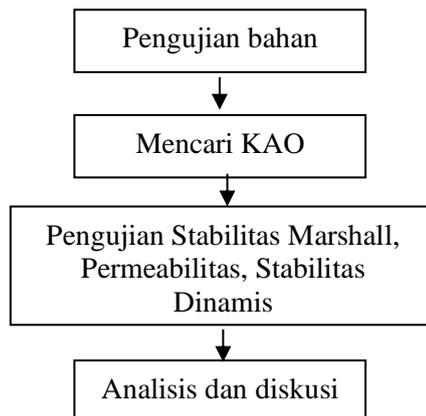
2.6. Permeabilitas Aspal berpori setelah penambahan LDPE

Khosyidhiah (2018) melakukan penelitian tentang aspal berpori dengan memasukkan plastik kedalamnya dengan besaran 0, 5, 10, 15, dan 20 persen, lalu melakukan uji permeabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai permeabilitas terendah aspal berpori adalah 0,026 cm/s, meskipun 20% plastik LDPE yang ditambahkan berada di kategori *fair drainage*.

2.7. Diagram Penelitian

Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian yang menggambarkan skema rancangan penelitian.





Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pemeriksaan selama penelitian, mulai dari tahap persiapan material hingga tahap pengujian material, yang terakhir digunakan untuk menemukan nilai KAO. Nilai-nilai ini akan digunakan untuk tahap uji berikutnya hingga diperoleh hasil akhir penelitian.

3.1. Pengujian Material

Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan tahun 2018 melakukan pengujian pada agregat kasar dan agregat halus. Hasilnya menunjukkan bahwa agregat-agregat tersebut berhasil melewati semua tahapan uji kelayakan agregat, menunjukkan bahwa mereka layak untuk digunakan dalam penelitian. Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian ini.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Material Agregat Kasar dan Halus

Jenis Pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan Agregat	Standar Mutu
Abrasi 100 siklus (%)		Maksimal 8%
Abrasi 500 siklus (%)	24.69	Maksimal 40%
Setara pasir (%)	67.59	Minimal 50%
Gravitasi Spesifik dan Absorpsi		
- Berat	2.59	Perbedaan bj antar agregat < 0.2
- SSD	2.63	
- Jelas	2.69	
Absorption	1.53	Maksimal 3%
fine aggregate angularity (%)	45.75	Minimal 45%
Angularitas agregat kasar		
a. Satu atau lebih fraktur wajah	99,54	Minimal 95%
b. Dua atau lebih fraktur wajah	99.20	Minimal 90%
Viskositas (%)	95	Minimal 95%
Perpanjangan (%)	3,7%	Maksimal 10%

3.2. Analisis Bahan Aspal

Spesifikasi Umum Bina Marga Bidang Jalan dan Jembatan 2018 menetapkan rujukan untuk pengujian material aspal. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa aspal berhasil melewati semua prosedur penelitian yang akan digunakan dalam penelitian. Tabel 3 menunjukkan hasil pengujian.

Tabel 3. Hasil Analisis Bahan Aspal

No	Pemeriksaan	Hasil tes	Persyaratan
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	65.5	60 – 70
2	Titik lembek (°C)	49,7 - 51	> 48
3	Daktilitas pada 25°C, (cm)	120	> 100
4	Titik nyala (°C)	304	> 232
5	BJ	1379	> 1.0

3.3. Pemeriksaan Limbah Plastik

Spesifikasi khusus untuk campuran beraspal panas interim yang menggunakan limbah plastik diatur dalam Skh-1.6.10 Tahun 2017. Ukuran, ketebalan dan kadar air plastik menjadi tolak ukur layak atau tidaknya sampah plastik tersebut digunakan dalam sebuah penelitian yang nilainya memenuhi standar Skh-1.6.10 (2017). Tabel 4 menggambarkan hasil pengujian limbah plastik tersebut.

Tabel 4. Pemeriksaan Plastik LDPE

No	Jenis pemeriksaan	Pemeriksaan	Persyaratan
1	Ukuran lolos ayakan 3/8" inci (%)	100	100
2	Ukuran lolos ayakan nomor 4 (%)	94	min 90
3	Ketebalan (milimeter)	0,03	Maksimal 0,07
4	Kandungan air (%)	2.67	Maksimal 5

3.4 Rancangan Campuran

Penelitian ini menggunakan campuran aspal berpori gradasi homogen dengan ukuran agregat 14 mm sesuai dengan spesifikasi AAPA (2004), seperti dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Batasan Gradasi Agregat Campuran Porus 14 mm

No	Spesifikasi ayakan	Saringan lolos (%)	
	Milimeter	Range	Ideal
1	19,00	100	100
2	12,70	85 – 100	92,5
3	9,530	45 – 70	57,5
4	4,760	10 – 25	17,5
5	2,380	7 – 15	11
6	1,190	6 – 12	9
7	0,5950	5 – 10	7,5
8	0,2970	4 – 8	6

9	0,1490	3 – 7	5
10	0,0740	2 - 5	3,5
11	Kadar aspal	4,5 – 6,0	5,25

Hasil pemeriksaan disesuaikan dengan peraturan *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) tahun 2004, seperti yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik KAO Aspal berpori

Kadar Aspal (%)	<i>Cantabroloss</i> (%)	<i>Asphalt flow down</i> (%)	VIM (%)
Nilai Standar	< 35	< 0,3	18 – 25
4,25	66,7	0,4	15,97
4,75	41,5	0,5	16,94
5,25	34,6	0,2	21,42
5,75	44,9	0,2	18,67
6,25	47,2	0,3	15,85

3.5. Pengujian *Cantabro Loss*

Kestabilan benda uji saat menerima beban yang ada dengan bantuan mesin Los Angeles ditunjukkan dalam uji *Cantabro*. Semakin kecil penurunan berat sampel, semakin stabil dan kuat sampel tersebut. Pengujian ini didasarkan pada *ASTM C-131*.

3.6. Pemeriksaan *Asphalt Flow Down* (AFD)

Sesuai dengan AAPA (2004), sebagai parameter KAO kadar aspal tertinggi yang dapat dicampur secara merata dengan agregat tanpa menghasilkan pemisahan aspal. Pengujian ini didasarkan pada AASHTO T 305.

3.7. Pengujian VIM

Rongga pori dalam campuran aspal menunjukkan jumlah pori di antara agregat yang dilapisi aspal. Langkah uji Marshall mencakup uji rongga pori sendiri.

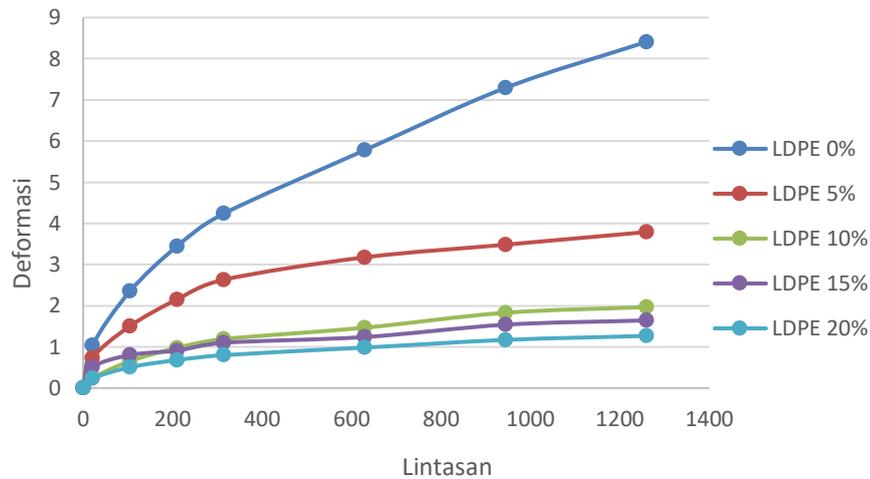
3.8. Pemeriksaan *Wheel Tracking Machine*

Uji stabilitas dinamis akan menggunakan suhu 60 derajat Celcius, pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan mesin *wheel tracking machine* yang menggunakan standar pengujian yang dibuat oleh JRA (Japan Road Association). Tujuan pengujian ini adalah untuk menghitung nilai kestabilan dinamis suatu benda uji dengan mengukur deformasi yang disebabkan oleh beban roda yang melewati permukaan benda uji selama pengujian.

Untuk setiap variasi, tiga sampel dibuat dalam penelitian ini. Tabel 4.4 menunjukkan batas tengah gradasi agregat gabungan campuran aspal berpori. Untuk pengujian ini, berat total benda uji lebih dari sepuluh kilogram. Proporsi campuran ini digunakan untuk membuat benda uji. Grafik hasil pengujiannya ditunjukkan pada gambar 4 dan sampel benda uji ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Benda uji aspal berpori plastik



Gambar 4. Grafik menunjukkan hasil pengujian WTM untuk campuran aspal berpori plastik

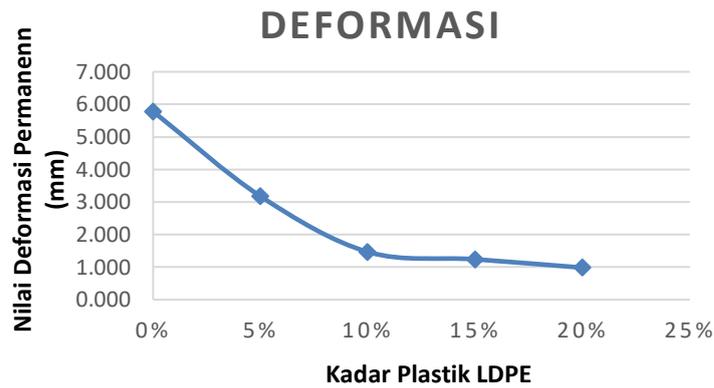
Langkah berikutnya yaitu menghitung skor ketahanan deformasi pada campuran aspal dengan menggunakan 3 parameter yang ditunjukkan pada grafik hasil pemeriksaan *wheel tracking machine*. Hasil perhitungan ketiga parameter tersebut ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Ketahanan terhadap deformasi campuran aspal berpori plastik

Parameter Pengujian	Kadar plastik LDPE (%)				
	0%	5%	10%	15%	20%
Deformasi permanen (milimeter)	5,78	3,177	1,467	1,240	0,983
Kecepatan deformasi (milimeter/menit)	0,074	0,020	0,009	0,007	0,006
Stabilitas dinamis (lintasan/milimeter)	564,9	2095,3	4615,38	6183,33	7159,09

3.9. Deformasi Permanen

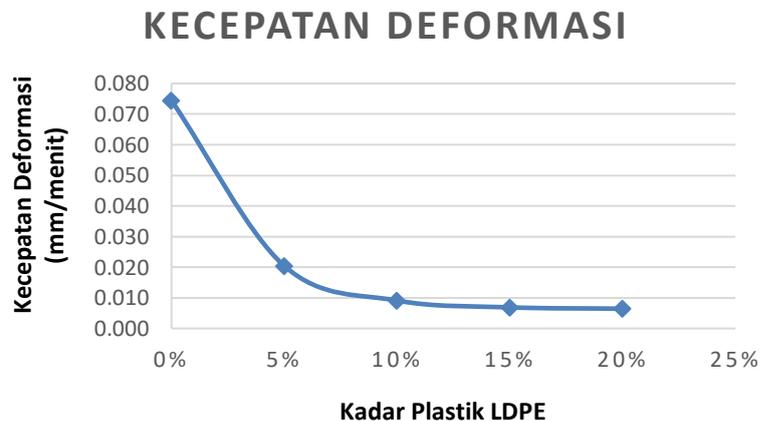
Di titik di mana benda uji aspal mulai mengalami perubahan sesungguhnya sebagai hasil pemeriksaan *wheel tracking machine*, biasanya terjadi pada lintasan 630, disebut deformasi permanen. Grafik deformasi permanen menunjukkan bahwa jumlah plastik yang lebih besar sebanding dengan nilai deformasi campuran aspal berpori plastik yang semakin kecil. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh penelitian Agung Beriyadi (2020) menambahkan plastik pada aspal normal hasilnya menunjukkan semakin kecil nilai deformasi, hal ini disebabkan plastik LDPE dapat membuat aspal menjadi tahan terhadap deformasi. Gambar 5 menunjukkan perubahan nilai deformasi permanen untuk campuran aspal berpori plastik.



Gambar 5. Grafik Perubahan Nilai Deformasi Permanen Campuran Aspal Berpori Terhadap Kadar Plastik LDPE

3.10 Kecepatan Deformasi

Kecepatan deformasi, yang dihitung berdasarkan jumlah regangan yang terjadi dalam menit dari 45 hingga 60, didefinisikan sebagai kecepatan deformasi campuran saat diuji pada alat *wheel tracking machine*. Grafik laju deformasi menunjukkan bahwa lebih banyak plastik yang digunakan dalam campuran aspal berpori, semakin rendah nilai laju deformasi. Hasil yang sama juga ditunjukkan didalam penelitian Suaryana (2018), penelitian terhadap campuran aspal dengan menambahkan plastik LDPE menunjukkan penurunan nilai laju deformasi. Hal ini dikarenakan plastik membuat waktu yang diperlukan untuk terjadinya deformasi pada perkerasan aspal menjadi lebih lambat. Gambar 6 menunjukkan grafik perbandingan laju deformasi aspal berpori seiring dengan jumlah plastik yang digunakan.

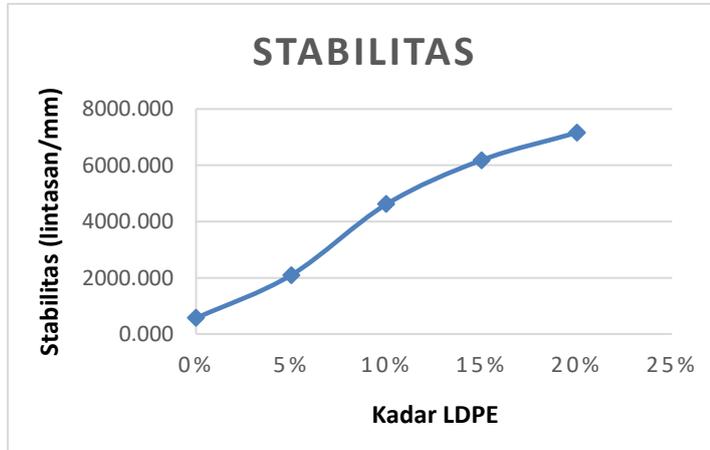


Gambar 6. Grafik Kecepatan Terdeformasi Campuran Aspal Berpori Terhadap Kadar Plastik LDPE

3.11 Stabilitas Dinamis

Deformasi yang terjadi setelah 45 hingga 60 menit menentukan nilai stabilitas dinamis. Nilai ini menunjukkan berapa banyak lintasan yang diperlukan untuk membuat deformasi pada benda uji sedalam 1 mm. Nilai stabilitas dinamis aspal berpori terus meningkat sebanding dengan jumlah plastik yang digunakan, seperti yang ditunjukkan pada grafik stabilitas dinamis. Studi yang dilakukan Agung Beriyadi (2020) juga

menunjukkan hal yang sama, hasil dari penelitiannya menunjukkan peningkatan nilai stabilitas dinamis, hal ini dikarenakan plastik dapat meningkatkan kekuatan campuran aspal berpori. Gambar 7 menunjukkan perbandingan nilai stabilitas dinamis campuran aspal berpori dengan jumlah plastik yang digunakan.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai Stabilitas Dinamis Campuran Aspal berpori terhadap Kadar Plastik LDPE

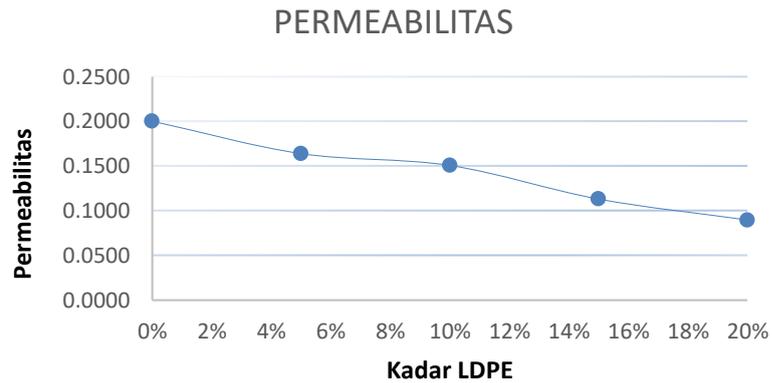
3.12 Uji Permeabilitas

Untuk setiap variasi, tiga sampel dibuat dalam pemeriksaan ini. Seperti yang telah ditunjukkan pada Tabel 5, batas tengah agregat campuran aspal berpori gabungan digunakan untuk membuat benda uji. Hasil pengujian dilakukan dengan alat uji permeabilitas, yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Perhitungan Uji Permeabilitas dan Stabilitas Marshall

Jenis sampel	kadar plastik (%)	Permeabilitas (cm/s)	Stabilitas Marshall (kg/cm ²)
Aspal Porus	0%	0,2002	571.52
	5%	0,1640	716.9067
	10%	0,1507	731.9467
	15%	0,1131	817.1733
	20%	0,0897	912.4267

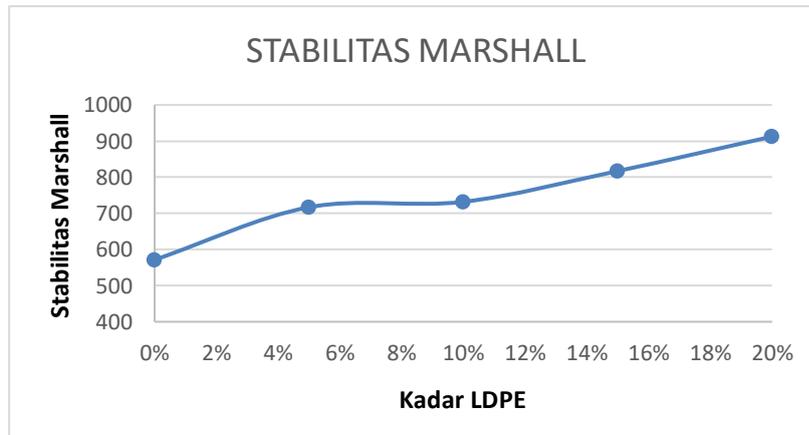
Nilai permeabilitas dihitung dengan metode falling head dengan menghitung waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air. Apabila kita amati table hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin besar jumlah plastik maka semakin kecil permeabilitasnya, hal serupa juga terjadi pada penelitian Visyhandini (2018), menambahkan plastik LDPE pada campuran aspal berpori hingga 20%. Hal ini dikarenakan plastik yang digunakan kedalam campuran mengisi rongga udara yang ada pada aspal berpori, sehingga kemampuan aspal berpori mengalirkan sejumlah air menjadi berkurang. Dalam Gambar 8 menunjukan nilai permeabilitas campuran aspal berpori terhadap jumlah plastik yang digunakan.



Gambar 8. Grafik Menunjukkan Hasil Uji Permeabilitas Aspal berpori Plastik

3.13 Stabilitas Marshall

Untuk setiap variasi, pemeriksaan ini dirancang menggunakan tiga sampel. Uji Marshall dilakukan dengan alat uji Marshall. Sampel yang digunakan untuk uji ini adalah sampel yang sama dengan sampel yang digunakan untuk uji permeabilitas, karena rongga benda uji hanya dilewati air selama pengujian, sehingga keadaan benda uji tetap layak dan dapat dipergunakan sebagai sampel pemeriksaan stabilitas Marshall, hasilnya disajikan dalam tabel 8.



Gambar 9. Diagram Hasil Uji Stabilitas Marshall Campuran Aspal berpori Plastik

Gambar 9 menunjukkan hasil pemeriksaan stabilitas Marshall, di mana persentase jumlah plastik yang dipakai adalah 0, 5, 10, 15, dan 20 persen, Ini memperlihatkan bahwa, sebanding dengan jumlah plastik yang digunakan, menambahkan plastik ke campuran aspal berpori dapat meningkatkan nilai stabilitas Marshall. Penelitian dari Visyhandini (2018) juga menunjukkan hasil yang sama, nilai marshall maximum ada pada persentase plastik tertinggi yaitu 20% plastik LDPE, hal ini dikarenakan plastik yang dicampurkan membuat rongga yang ada menjadi lebih kecil dan lebih rapat sehingga meningkatkan nilai marshall campuran aspal berpori. Nilai Marshall terbaik adalah antara 800 hingga 900 kilogram, berdasarkan persentase plastik terbaik yang ditemukan dalam uji permeabilitas.

4. KESIMPULAN

Untuk campuran aspal berpori, penggunaan plastik yang ideal adalah 17 hingga 18 persen karena pada persentase tersebut permeabilitas aspal berpori masih dalam klasifikasi *good drainage*, maka nilai stabilitas marshall untuk campuran aspal berpori berdasarkan persentase plastik tersebut adalah 800 hingga 900 kg. Nilai stabilitas dinamis yang diuji oleh alat *wheel tracking machine* terus meningkat hingga persentase plastik 20%.

Dalam uji stabilitas marshall dan uji *wheel tracking machine*, Penambahan plastik terus menerus hingga 20% ke campuran aspal berpori menunjukkan hasil yang baik. Namun, jika plastik digunakan lebih dari 18%, permeabilitas menurun, sehingga jumlah plastik yang dapat dipertahankan adalah antara 17% hingga 18% plastik LDPE.

Hasil penelitian ini menunjukkan persentase optimal penggunaan plastik LDPE pada aspal berpori, sehingga diharapkan untuk penelitian selanjutnya tetap menggunakan plastik LDPE dengan persentase tersebut atau menggunakan substitusi tambahan sebagai bahan campuran dan melakukan pengujian tambahan seperti modulus resilient, kelelahan, dan lainnya untuk menambah pengetahuan tentang aspal berpori

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dirjen Bina Marga, "Spesifikasi Perkerasan Aspal," *Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan dan Jembatan*, vol. Modul 7, p. 120, 2016.
- [2] I. R. DS, B. Rahardjo, and P. Pranoto, "KAJIAN EKSPERIMENTAL CAMPURAN ASPAL BERPORI DENGAN BAHAN TAMBAHAN PLASTIK HDPE (HIGH DENSITY POLY ETHYLENE)," *BANGUNAN*, vol. 23, no. 2, pp. 19–28, 2018.
- [3] I. Susanto and N. Suaryana, "Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek," *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, vol. 17, no. 2, p. 27, 2019, doi: 10.12962/j2579-891x.v17i2.4980.
- [4] H. Bowoputro, L. Djakfar, and R. Kusumaningrum, "Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal berpori," *Rekayasa Sipil*, vol. 10, no. 3, pp. 250–255, 2016, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2016.010.02.10.
- [5] N. T. Sembung *et al.*, "ANALISA CAMPURAN ASPAL BERPORI MENGGUNAKAN MATERIAL KOTA TOMOHON," vol. 8, no. 3, pp. 345–352, 2020.
- [6] K. G. Putri and E. Sulandari, "Uji Nilai Kekesatan Permukaan Jalan Berdasarkan Jenis Pada Lapisan Permukaan pada Perkerasan Lentur," *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [7] V. Veranita, "Penentuan Kadar Aspal Optimum Campuran Aspal berpori Menggunakan Retona Blend 55 dengan Metode Australia," *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*, vol. 2, no. 1, 2018.

- [8] Direktorat Jenderal Bina Marga, “Spesifikasi khusus interim campuran beraspal panas menggunakan limbah plastik,” *Departemen Pekerjaan Umum*, 2017.
- [9] S. Amin and C. Boonyuid, “Impacts of Low-Density Polyethylene (Plastic Shopping Bags) on Structural Performance and Permeability of HMA Mixtures,” in *19th Annual International Conference on Highways and Airport Pavement Engineering, Asphalt Technology and Infrastructure*, 2020.
- [10] E. Marizka, “Studi Kinerja Campuran Aspal berpori Dengan Penambahan Bahan Additive Rediset Lq-1106,” *Master of Civil Engineering and Planning*, 2021.
- [11] N. Suaryana, “PENGEMBANGAN MODEL DEFORMASI PERMANEN UNTUK CAMPURAN STONE MATRIX ASPHALT (DEVELOPMENT OF PERMANENT DEFORMATION MODEL FOR STONE MATRIX ASPHALT MIXTURES),” *Jurnal Jalan-Jembatan*, vol. 33, 2016.
- [12] N. Suaryana, E. Nirwan, and Y. Ronny, “Plastic bag waste on hotmixture asphalt as modifier,” *Key Eng Mater*, vol. 789, no. November, pp. 20–25, 2018, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.789.20.
- [13] A. Beriyadi and J. Arliansyah, “Deformation Resistance of Plastic Asphalt Mixture on Various Temperatures in Field,” vol. 5, no. 4, pp. 837–844, 2020.
- [14] V. Khosyidhiah, “Kajian eksperimental pada aspal berpori dengan bahan tambahan plastik LDPE (Low Density Poly Ethilene),” *Universitas Negeri Malang*, 2018.
- [15] Direktorat Jenderal Bina Marga, “Spesifikasi Umum 2018,” *Kementerian Pekerjaan Umum*, 2018.
- [16] Japan Road Association, “Manual for Asphalt Pavement,” 1989.
- [17] Didik S.S.Mabui, Ardi Azis Sila, and Sigit Riswanto, “KARAKTERISTIK ASPAL BERPORI TERHADAP KETAHANAN MENGGUNAKAN TES MARSHALL DENGAN MATERIAL LOKALJAYAPURA,” *Jurnal Ilmiah Teknik dan Informatika*, vol. 3, no. 2, pp. 62–68, 2018.