

**KARAKTERISTIK ASPAL PORUS DENGAN BAHAN TAMBAHAN  
AGREGAT YANG MENGGUNAKAN LIMBAH PLASTIK  
(LOW DENSITY POLYETHYLENE) LDPE**

**M. Sa'dillah<sup>1)</sup>, Pamela Dinar Rahma<sup>1)</sup>, Rifky Aldila Primasworo<sup>1)</sup>, Tatang Maulana Maliq<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang

<sup>2)</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember

Corresponding author: [muhsad93@gmail.com](mailto:muhsad93@gmail.com)

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik Marshall terhadap kadar aspal optimum (KAO) dan dengan bahan tambahan limbah plastik LDPE pada perkerjasan aspal porus. Bahan pengisi aspal porus seperti agregat kasar, halus dan bahan pengisi filler (abu batu). Kadar rencana aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5% 6% dan kadar LDPE 0%, 2%, 4%, 6% dan 8% dilakukan pengujian marshall dengan parameter yaitu AAPA 2004 (Australian Asphalt Pavement Association). Hasil analisis yang ditinjau dari pembahasan karakteristik Marshall terhadap campuran aspal porus dengan bahan tambahan plastik LDPE menyatakan hasil yang diperoleh nilai VIM tertinggi pada kadar 8% dengan memperoleh nilai 23,71% dan yang terendah pada kadar 2% dengan memperoleh nilai 19,37% dan untuk nilai VMA yang tertinggi diperoleh pada kadar 8% sebesar 22,77% dan untuk nilai terendah diperoleh pada kadar 2% sebesar 19,37%.

**Kata Kunci :** AAPA, Marshall, Aspal Porus

**Abstract**

*The purpose of this research is to find out the characteristics of Marshall on the optimum asphalt content (KAO) and with the additive of LDPE plastic waste in porous asphalt work. Porous asphalt fillers such as coarse aggregate, fine and filler filler (stone ash). Asphalt design levels of 4%, 4.5%, 5%, 5.5% 6% and LDPE levels of 0%, 2%, 4%, 6% and 8% were subjected to marshall testing with parameters namely AAPA 2004 (Australian Asphalt Pavement Association ). The results of the analysis reviewed from the discussion of Marshall characteristics for porous asphalt mixtures with LDPE plastic additives stated that the results obtained for the highest VIM values were at 8% content to obtain a value of 23.71% and the lowest at 2% content to obtain a value of 19.37% and for the highest VMA value obtained at 8% content of 22.77% and for the lowest value obtained at 2% content of 19.37%.*

**Keywords :** AAPA, Marshall, Asphalt Porous

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang sedang berkembang dalam dunia transportasi darat yang dimana sebagai akses yang menghubungkan antar wilayah satu ke wilayah yang lain sebagai roda perputaran ekonomi masyarakat, pelayanan infrastruktur dalam konteks sarana jalan tidak terlepas dari penyediaan material dan bahan penunjang sarana jalan. sarana jalan salah satu strategi sebagai akses mendistribusikan barang, jasa dan mobilitas penduduk, adapun keunggulan jalan sebagai sarana transportasi pendidikan, kesehatan dan pekerja.

Plastik sebagai material sebagai bahan tambahan dalam perkerasan jalan, dengan adanya aspal sangat berperan penting bagi jalan dalam perkerasan lentur sebagai sarana jalan. Sudah kita ketahui bersama di Indonesia sangat banyak oleh karena itu masyarakat Indonesia menghasilkan sampah terus meningkat dari tahun – ketahuan, pada tahun 2020 menurut (KLHK, 2020), hingga pada tahun 2020 mencapai 322 ton per hari dengan total pertahun 64 juta ton per tahun, dengan berbagi dimensi plastik yang dimana plastik yang digunakan masyarakat ada beberapa jenis termasuk plastik yang digunakan peneliti yaitu (*Low Density Polyethylene*) LDPE (PE dan LD tipe 4) plastik jenis ini ditemukan berupa botol plastik makan (*Food Grade*), salah satu pemanfaatan limbah plastik adalah untuk perekat konstruksi jalan.

Menurut (Arlia, dkk., 2018) bahwasanya aspal porus memiliki stabilitas yang rendah namun memiliki permeabilitas yang tinggi disebabkan oleh banyaknya rongga dalam campuran perlu ditambahkan material lain untuk meningkatkan stabilitasnya pada campuran perkerasan pada penelitian kali ini akan ditambahkan penambahan plastik pada aspal jalan dapat gondorukem sebagai campuran perkerasan jalan pada aspal porus untuk meningkatkan nilai kekuatan dengan jalan akibat beban berlebihan kendaraan selain itu juga ada faktor lain seperti cuaca dan genangan air, dengan berkembangnya teknologi aspal porus mempunyai campuran aspal panas dengan gradasi terbuka dengan ini dimanfaatkan

limbah sebagai bahan tambahan aspal porus. Menurut (Pratomo, dkk., 2016) menggunakan aspal beton dengan agregat tambahan limbah plastik LDPE AC –WC, nilai kekuatan KAO (kadar aspal optimum (2,-6 %) dengan nilai LDPE (2 – 6%). Berdasarkan hasil penelitian karakteristik aspal porus yang meliputi agregat kasar, halus dan *Filler* telah memenuhi standar yang dimana menggunakan RSNI 2019. (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2019).

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan menggunakan metode eksperimen dengan lokasi penelitian yang akan dilaksanakan penelitian di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang, Jawa Timur. Dalam metode akan diterangkan dari diagram aliran penelitian yang dimana sebagai parameter dalam metode penelitian, sehingga ada keselarasan antara metode yang digunakan dalam penelitian ini agar dapat menghasilkan rangkaian yang sesuai dengan diagram aliran penelitian yang diterangkan.

Penelitian ini menggunakan pengujian terdiri dari pengujian agregat seperti aspal, pasir, kerikil dan plastik dengan kode LDPE dan akan dilakukan pengujian selanjutnya yaitu pengujian *Marshall* meliputi pengujian karakteristik aspal porus dengan tambahan limbah plastik dan pengujian karakteristik *Marshall* untuk menentukan kadar aspal optimum KAO untuk campuran aspal porus. Dengan ini, maka akan dilakukan pengujian selanjutnya yang di mana menggunakan alat yang sama yaitu *Marshall*, tujuan dari pengujian *Marshall* ini untuk mengetahui nilai dari *Low Density Polyethylene (LDPE)*, *Void In Mix (VIM)*, *Void In Mineral Aggregate (VMA)* *Void Filled With Asphalt (VFA)*, *Flow*, (*Pelelehan*), *Stabilitas Dan Marshall Quotient (MQ)*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui campuran aspal porus yang telah dikonsepskan, baik menggunakan material atau bahan tambahan dengan kode LDPE.

Pengumpulan data yaitu suatu konsep sebagai dasar yang dapat menunjang suatu metode penelitian. Dalam metode penelitian akan digunakan peneliti terdiri dari dua

metode yang akan jalankan oleh penelitian antara lain.

1. Studi pustaka, bertujuan sebagai wadah dan kajian data sekunder yang diperoleh dari berbagai item yang akan disajikan berbagai karya peneliti terdahulu yang di mana sebagai dasar atau acuan peneliti dalam melakukan penelitian. Dalam konsep pengumpulan data sekunder terdiri dari studi literatur seperti buku, artikel, jurnal ilmiah serta data-data standar SNI, maka dari beberapa literatur di atas sebagai tinjauan yang dituangkan peneliti kali ini.
2. Pemeriksaan dan pengujian sampel di laboratorium bertujuan sebagai pengumpulan data primer. Dalam persiapan-persiapan sampel yang nantinya akan diuji perlu dipastikan kelayakan sampel yang akan diambil sebagai penelitian, sehingga dari data primer yang nantinya akan digunakan sebagai metode analisis dari hasil penelitian yang akan dilaksanakan penelitian.

Material yang akan diambil sebagai bahan penelitian meliputi Agregat kasar (Kerikil), Agregat Halus (Pasir) dan aspal penetrasi atau aspal. Dengan penambahan material tambahan sebagai modifikasi aspal porus yang dimana ditambahkan dengan limbah bahan aditif plastik daur ulang dengan kode 4 LDPE. Dengan nilai kadar yang direncanakan dengan kadar aspal optimum (KAO) 4,5 5, 5,5 6, 6,5 (4-6,5), sebagai material tambahan perkerasan aspal porus yang akan dianalisis di laboratorium

Pengujian karakteristik dalam konsep aspal mencakupi pengujian penetrasi, titik-titik lembek, titik nyala, dan titik bakar. Dengan ini peneliti pun menganjurkan standar yang akan dipakai yang akan dijadikan konsep adalah Standar Nasional yang mencakup persiapan peralatan sebelum berlangsungnya proses penelitian efektif penelitian dalam konteks waktu.

Langkah penelitian meliputi persiapan material dan pemeriksaan agregat yang akan digunakan berupa limbah plastik aspal porus,

dengan pengujian mempunyai spesifikasi (Australian Asphalt Pavement Association (AAPA), 2004)

Aspal yang digunakan dalam penelitian adalah dengan penetrasi 60/70 pengujian berdasarkan spesifikasi bina marga 2010 revisi 3. Tabel 1 adalah jenis pengujian yang perlu dilakukan agar dapat memenuhi standar spesifikasi.

**Tabel 1 Spesifikasi Aspal 60/70**

No	Jenis pengujian	Unit	Syarat		Satuan
			Min	Maks	
1	Penetrasi	mm	60	79	mm
2	Titik lembek	°C	48	58	°C
3	Titik nyala	°C	200	-	°C
4	Titik bakar	°C	200	-	
5	Berat jenis	gr/cm <sup>3</sup>	1	-	
6	Permeabilitas	cm	100	-	

*Sumber:* (Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina marga, 2010)

Pembuatan benda uji dilakukan setelah pemeriksaan sifat-sifat aspal, yang meliputi sifat agregat dan pemeriksaan gradasi, dengan memperhitungkan jumlah material yang digunakan terhadap jumlah berat total campuran. Pencampuran benda uji menggunakan metode basah (*wet process*) di mana plastik yang sudah dipotong kecil-kecil akan dimasukkan kedalam aspal panas dan diaduk hingga plastik dan aspal panas benar-benar merata atau diaduk sampai homogen, kemudian agregat yang telah dicampur dengan filler kemudian di panas yang sudah bercampur dengan cairan plastik.

**Tabel 2 Gradasi Agregat Campuran Aspal porus**

Nomor Saringan	Ukuran Saringan (mm)	Spesifikasi	% Lolos	% Tertahan	Berat (gram)
¾					
½	19,0	100	100	0	0
3/8	13,2	85-100	90	10	120
No. 4	9,5	45-70	58	32	384
No. 8	4,75	10-25	17	41	492
No. 16	2,36	7-15	11	6	72
No. 30	1,18	6-12	9	2	24
No. 50	0,6	5-10	7	2	24
No.	0,3	4-8	6	1	12
100	0,15	3-7	5	1	12
No.	0,075	2-5	3	2	24
200	0	0	0	3	36
PAN					
<b>Berat Total</b>					<b>1200</b>

Sumber (Australian Asphalt Pavement Association (AAPA), 2004)

## PEMBAHASAN

Pengujian Berat jenis dilakukan berdasarkan hasil pengujian aspal penetrasi 60/70 yang diuji di laboratorium Teknik sipil Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang

**Tabel 4 Pengujian Gradasi Agregat**

Nomor Saringan	Agregat kasar		Agregat halus		Filler		Total (gr)	AAPA 2004	
	Lolos (gr)	73%	Lolos (gr)	15%	lolos (gr)	12%		Minimum	Maks
No. ¾	750	547,5	100	15	100	12	574,5	100	100
No. ½	860	627,8	100	15	100	12	654,8	85	100
No. 4	405	295,65	195	29,25	100	12	336,9	10	25
No. 8	105	76,65	480	72	100	12	160,65	7	15
No.16	70	51,1	525	78,75	100	12	141,85	6	12
No. 30	20	14,6	240	36	100	12	62,6	5	10
No. 50	10	7,3	500	75	100	12	94,3	4	8
No. 100	5	3,65	250	37,5	91,5	66,795	107,945	3	7
No. 200	5	3,65	180	27	91	66,43	97,08	2	5
PAN	5	3,65							

Pengujian Marshall yang telah dilakukan sehingga memperoleh hasil yaitu meliputi flow, stabilitas, VMA, VIM, Marshall Quotient. Dari hasil analisis data berpedoman dan mensyaratkan Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004).Adapun grafik dari hasil pengujian Marshall diatas dapat dilampirkan gambar 1.

Hasil pengujian VIM dengan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* mendapatkannilai minimum nilai 18 dan maksimum 25. Dengan ini nilai VIM pada pengajian karakteristik

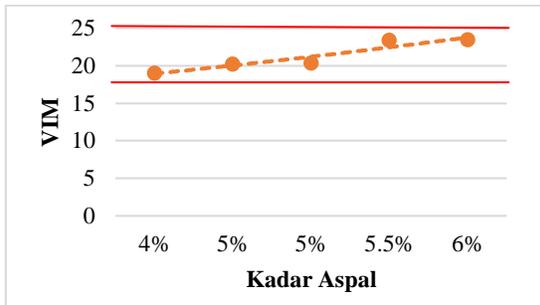
dengan Acuan spesifikasi Bina Marga 2010, Aspal, Penetrasi, Titik Nyala, Titik Bakar, Titik Lembek dan Daktilitis. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3 Pengujian Aspal**

Pengujian	Max	Min	Hasil	Ket
1. Penetrasi	60	79	66	memenuhi
2. Berat Jenis	1,0	-	1,55	memenuhi
3. Titik Nyala	200	-	265	memenuhi
4. Titik Bakar	200	-	285	memenuhi
5. Titik Lembek	48	-	58	memenuhi
6. Daktilitis	100	-	240	memenuhi

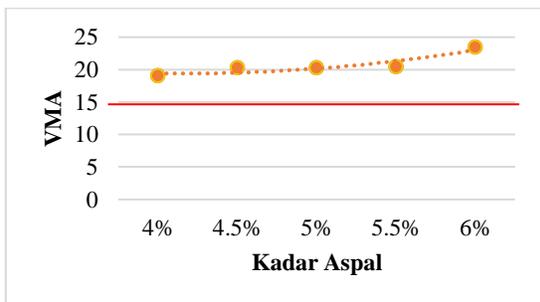
Nilai karakteristik agregat aspal yang digunakan sebagai penyaringan mulai dari nomor ¾ sampai dengan lolos saringan nomor 200. Adapun fraksi- fraksi agregat yaitu terdiri dari agregat kasar 10-14mm, agregat halus terdiri dari 5-10 mm, filler abu batu lolos saringan No. 200 atau tertahan pan itu sendiri, yang akan menghasilkan komposisi campuran bergradasi yang akan dilihat pada Tabel 4.

*Marshall* untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO) maka, nilai rata-rata pada kadar 4% mempunyai hasil 19,0, sedangkan untuk nilai rata rata pada kadar 4,5% mempunyai hasil 20,2, untuk nilai rata-rata pada kadar 5% mempunyai hasil 22,4%%, dan untuk nilai rata-rata untuk kada 5,5% mempunyai hasil 23,4 sedangkan untuk nilai rata-rata pada kadar 6% mempunyai hasil 23,5



Gambar 1 Grafik Perbandingan Kadar Aspal dengan VIM

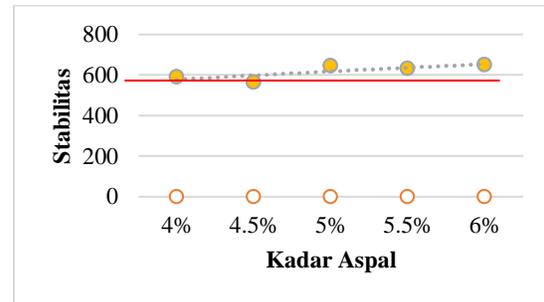
Dari hasil pengujian VMA dengan spesifikasi Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004) nilai minimum 15%. Dengan ini nilai VMA pada pengujian karakteristik Marshall untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO) maka, nilai rata-rata pada kadar 4% mempunyai hasil 19,0%, sedangkan untuk nilai rata-rata pada kadar 4,5% mempunyai hasil 20,2, untuk nilai rata-rata pada kadar 5% mempunyai hasil 22,4%, dan untuk nilai rata-rata untuk kada 5,5% mempunyai hasil 23,4 sedangkan untuk nilai rata-rata pada kadar 6% mempunyai hasil 23,5%.



Gambar 2 Grafik Perbandingan Kadar Aspal dengan VMA

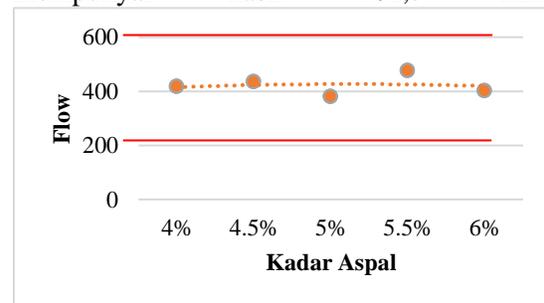
Dari hasil pengujian Stabilitas dengan spesifikasi Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004) nilai minimum nilai 500 kg dan maksimum tidak ditentukan batasannya. Dengan ini nilai Stabilitas pada pengujian karakteristik Marshall untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO) maka, nilai rata-rata pada kadar 4% mempunyai hasil 590 kg sedangkan untuk nilai rata-rata pada kadar 4,5% mempunyai hasil 563,3kg, untuk nilai rata-rata pada kadar 5% mempunyai hasil 646,7 kg, dan untuk nilai

rata-rata untuk kada 5,5% mempunyai hasil 633,3 kg, sedangkan untuk nilai rata-rata pada kadar 6% mempunyai hasil 650,0 kg.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Kadar Aspal dengan Stabilitas

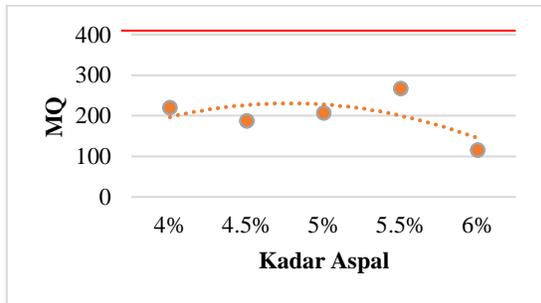
Dari hasil pengujian Flow dengan spesifikasi Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004) nilai minimum nilai 2 mm dan maksimum 6 mm batasannya. Dengan ini nilai Stabilitas pada pengujian karakteristik Marshall untuk mengetahui kadar aspal optimum (KAO) maka, nilai rata-rata pada kadar 4% mempunyai hasil 416,7 mm sedangkan untuk nilai rata-rata pada kadar 4,5% mempunyai hasil 435,0 mm, untuk nilai rata-rata pada kadar 5% mempunyai hasil 380,0 mm dan untuk nilai rata-rata untuk kada 5,5% mempunyai hasil 475,0 mm, sedangkan untuk nilai rata-rata pada kadar 6% mempunyai hasil 401,7 mm.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Kadar Aspal dengan Flow

Dari hasil pengujian Marshall Quotient dengan spesifikasi Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004) nilai maksimal nilai 400 kg/mm dan maksimum tidak ditentukan batasannya. Dengan ini nilai MQ pada pengujian karakteristik Marshall untuk mengetahui kadar aspal optimum

(KAO) maka, nilai rata-rata pada kadar 4% mempunyai hasil 220,58 kg/mm sedangkan untuk nilai rata rata pada kadar 4,5% mempunyai hasil 188,54 kg/mm, untuk nilai rata-rata pada kadar 5% mempunyai hasil 207,93 kg/mm dan untuk nilai rata-rata untuk kada 5,5% mempunyai hasil 154.30 kg/mm, sedangkan untuk nilai rata-rata pada kadar 6% mempunyai hasil 276,37 kg/mm.



Gambar 5 Grafik Perbandingan Kadar Aspal dengan MQ

Dengan ini hasil pengujian yang telah dilaksanakan dan mendapatkan hasil, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian Marshall untuk dapat menentukan kadar aspal optimum (KAO) akan dilampirkan tabel dibawah ini.

Tabel 5 Penentuan KAO

VIM	
VMA	
STABILITAS	
FLOW	
MQ	
Kadar Aspal	4%    4,5%    5%    5,5%    6%

Rumus untuk menentukan KAO pada campuran beraspal diambil nilai rata-rata (nilai tengah) dari kadar total KAO itu sendiri.

$$KAO : kr/kt$$

Kr : Kadar rencana

Kt : kadar total

Jadi:

$$KAO : Kr 25\% / Kt 5\%$$

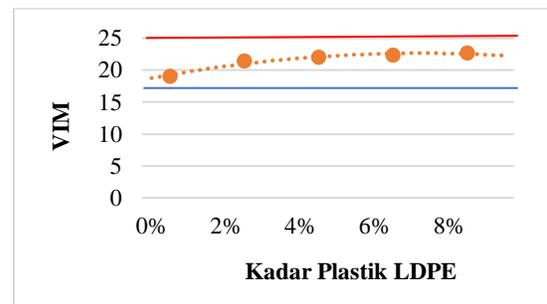
$$KAO : 5\%$$

Sumber : (Sa'dillah & Leliana, 2020)

Kadar aspal optimum (KAO) merupakan hasil dari pengujian marshall yang memenuhi spesifikasi yang dimana dari

pengujian VIM, VMA, Stabilitas, *Flow* dan MQ untuk penentuan KAO telah memenuhi spesifikasi AAPA 2004. Untuk mendapatkan nilai KAO dapat ditentukan pada tabel 5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk penentuan KAO dari hasil pengujian marshall dapat ditentukan dengan menghitung total kadar yang memenuhi dibagian dengan kadar rencana, maka nilai kadar aspal optimum (KAO) yaitu 5% di setiap benda uji yang akan diuji untuk penambahan limbah plastik LDPE. Dari hasil analisa menyatakan bahwa data karakteristik tersebar secara normal dan menghasilkan nilai yang berbeda pada setiap karakteristik marshall (Sadillah, dkk., 2018)

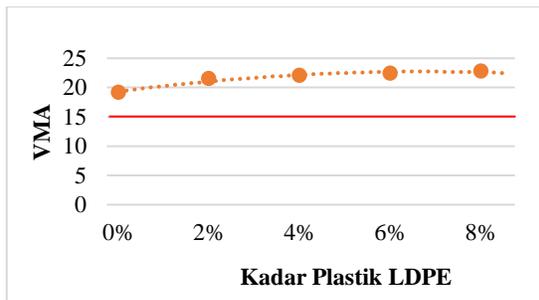
Penentuan kadar aspal porus LDPE dikaitkan dengan beberapa parameter rencana pengujian aspal porus dengan berstandar Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004) dengan kadar rencana 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%. Karakteristik campuran aspal porus tanpa substitusi LDPE memenuhi syarat, maka akan dilampirkan hasil pengujian aspal porus dengan bahan tambahan limbah plastik LDPE



Gambar 6 Grafik Perbandingan Kadar Plastik dengan VIM

Nilai VIM pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi limbah plastik LDPE. Dari hasil pengujian VIM dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar aspal 5% dengan tambahan kadar LDPE terendah 0% yaitu 19,06 %, kadar aspal 5% dan plastik LDPE 2% yaitu 21,44%, kadar aspal 5% dan plastik LDPE 4% yaitu 21,98%, kadar aspal 5% dan plastik LDPE 6% yaitu 22,31% dan kadar aspal 5% dan plastik LDPE 8% yaitu 22,71%, jadi pada pengujian VIM dengan fariasi kadar LDPE 0%-8% semuanya

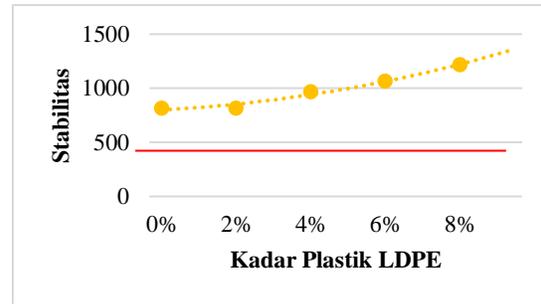
telah memenuhi *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* dengan tambahan limbah plastik dan aspal mengalami kenaikan karena dengan penambahan limbah plastik LDPE seakin berongga. Adapun nilai rata-rata dari hasil pengujian VIM dengan nilai rongga pada aspal porus yaitu 18,04%. Menurut (Razak & Erdiansa, 2016) nilai VIM tambahan plastik LDPE pada campuran AC-WC dengan persentase plastik LDPE mengalami penurunan nilai VIM. Penurunan dimulai pada saat penambahan kadar plastik LDPE 1% sampai 5%, Nilai VIM tertinggi dapat dilihat pada kadar aspal murni (plastik 0%) dan nilai VIM terendah dapat dilihat pada kadar plastik 4%. Pada campuran aspal murni (plastik 0%) nilai VIM yaitu 4,34%, sedangkan pada campuran kadar aspal 5.99% (kadar plastik 5%) memiliki nilai VIM 3,81% mengalami penurunan, sehingga dapat dikatatakan bahwa dalam pengujian ini, penambahan plastik mempengaruhi nilai VIM.



Gambar 7 Grafik Perbandingan Kadar Plastik dengan VMA

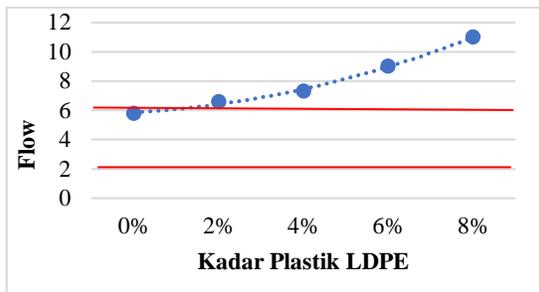
Nilai VMA pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi limbah plastik LDPE, dari hasil pengujian VMA dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar aspal 5% dengan tambahan kadar LDPE terendah 0% yaitu 19,10%, kadar aspal 5% dan plastik LDPE 2% yaitu 21,50%, kadar aspal 5% dan plastik LDPE 4% yaitu 22,03%, kadar aspal 5% dan plastik LDPE 6% yaitu 22,37 dan kadar aspal 5% dan plastik LDPE 8% yaitu 22,77 jadi pada pengujian VMA dengan tambahan limbah plastik dan aspal mengalami kenaikan karena dengan penambahan campuran limbah plastik LDPE membuat campuran lebih baik. Menurut

(Razak & Erdiansa, 2016) nilai VMA pada campuran AC-WC dengan menggunakan plastik mengalami penurunan pada saat penambahan mulai 1% sampai 5%. Nilai VMA tertinggi diperoleh pada kadar plastik 0% dengan nilai VMA 17,19% dan terendah terdapat pada kadar plastik 5% dengan nilai VMA 16,52%



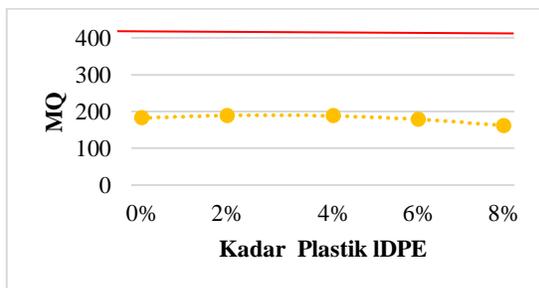
Gambar 8 Grafik Perbandingan Kadar Plastik dengan Stabilitas

Nilai Stabilitas pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi limbah plastik LDPE. Dari hasil pengujian Stabilitas dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar LDPE terendah 0% yaitu 816,6 kg, kadar LDPE 2% yaitu 966,6 kg, kadar plastik LDPE 4% yaitu 1066,6 kg, kadar LDPE 6% yaitu 1216,6 kg dan kadar LDPE 8% yaitu 1540 kg jadi pada pengujian VIM dengan tambahan limbah plastik LDPE dengan nilai rata-rata 1236 kg dari variasi kadar LDPE 0%-8% mengalami kenaikan karena dengan penambahan campuran limbah plastik LDPE membuat campuran lebih kuat. Menurut (Laksono, 2017) hasil pengujian stabilitas dengan bahan tambahan plastik PET mengalami Peningkatan nilai stabilitas terjadi pada kadar 0,15%, 0,30%, 0,45% dan 0,60%. Pada kadar 0,15% mengalami peningkatan dari 511 kg menjadi 528 dengan presentase kenaikan 3,33%, pada kadar 0,30% mengalami peningkatan 7,44%, pada kadar 0,45 mengalami peningkatan 3,33%, pada kadar 0,60 mengalami peningkatan 6,07%. Nilai stabilitas terbaik terdapat pada kadar PET 0,30% dengan menggunakan kadar 0% tanpa campuran PET.



Gambar 9 Grafik Perbandingan Kadar Plastik dengan Flow

Nilai *Flow* pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi limbah plastik LDPE. Dari hasil pengujian *Flow* dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar yang lolos atau memenuhi spesifikasi AAPA 2004 pada kadar aspal LDPE 0% yaitu 5,8 mm, dan kadar yang tidak lolos pada kadar LDPE 2% yaitu 6,6 mm, kadar LDPE 4% yaitu 7,3 mm, kadar plastik LDPE 6% yaitu 9 mm dan kadar LDPE 8% yaitu 11 mm. Jadi pada pengujian *Flow* dengan tambahan plastik LDPE dan aspal terjadi penurunan pada kadar 2%, 4%, 6% dan 8% sehingga tidak memenuhi spesifikasi. Jika dalam pengujian aspal porus dengan bahan tambahan limbah plastik LDPE nilai *Flow* tidak memenuhi, maka aspal porus tidak dapat digunakan dalam dunia konstruksi dibidang perkerasan letur (jalan). Menurut (Ramadhan, 2017) dari hasil pengujian Stabilitas dengan bahan tambahan plastik PET semua mengalami penurunan dengan 0% sebagai kadar kontrol. Pada kadar 0,15% mengalami penurunan 13,33 mm, pada kadar 0,30% mengalami penurunan 33,33 mm, pada kadar 0,45% mengalami penurunan 3,33 mm dan pada kadar 0,60% mengalami penurunan 10 mm.



Gambar 10 Grafik Perbandingan Kadar Plastik dengan MQ

Nilai *Marshall Quotient* pada pengujian karakteristik Marshall dengan komposisi limbah plastik LDPE. Dari hasil pengujian *Marshall Quotient* dengan syarat *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)* yaitu dengan kadar LDPE terendah 0% yaitu 182 kg/mm, kadar LDPE 2% yaitu 188 kg/mm, kadar LDPE 4% yaitu 189 kg/mm kadar LDPE 6% yaitu 178 kg/mm dan kadar LDPE 8% yaitu 161 kg/mm jadi pada pengujian *Marshall Quotient* dengan tambahan limbah plastik dan aspal mengalami kenaikan karena dengan penambahan campuran limbah plastik LDPE membuat campuran lebih baik. Menurut (Ramadhan, 2017) mengalami peningkatan. Peningkatan nilai MQ terjadi pada kadar 0,15%, 0,30%, 0,45% dan 0,60%. Pada kadar 0,15% mengalami peningkatan dari 170,3 kg menjadi 203,1 dengan presentase kenaikan 19,26%, pada kadar 0,30% mengalami peningkatan 61,19%, pada kadar 0,45 mengalami peningkatan 6,99%, pada kadar 0,60 mengalami peningkatan 17,85%. Nilai MQ terbaik terdapat pada kadar PET 0,30% dengan kontrol menggunakan kadar 0% tanpa campuran PET.

Dengan ini hasil pengujian yang telah dilaksanakan dan mendapatkan hasil, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian Marshall untuk dapat menentukan kadar campuran optimum dengan tambahan LDPE dilampirkan tabel dibawah ini.

Tabel 6 Penentuan Kadar Campuran Optimum Aspal Porus dengan limbah plastik LDPE

VIM	0%	2%	4%	6%	8%
VMA	0%	2%	4%	6%	8%
STABILITAS	0%	2%	4%	6%	8%
FLOW	0%	2%	4%	6%	8%
MQ	0%	2%	4%	6%	8%
Plastik LDPE	0%	2%	4%	6%	8%

Rumus untuk menentukan kadar campuran optimum pada campuran beraspal diambil nilai rata-rata (nilai tengah) dari kadar total kadar campuran optimum itu sendiri. Penentuan kadar campuran optimum.

KAO : Kr/Kt

Kr : Kadar rencana

Kt : kadar total

Jadi:

KAO : Kr 5% / Kt 5%

KAO : 0%

Sumber : (Sa'dillah & Leliana, 2020)

## KESIMPULAN

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa dari pembahasan karakteristik *Marshall* terhadap Kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran aspal porus. Dari hasil yang diperoleh nilai VIM tertinggi pada kadar 6% dengan memperoleh nilai 23,45% dan yang terendah pada kadar 4% dengan memperoleh nilai 18,99% dan untuk nilai VMA yang tertinggi diperoleh pada kadar 6% sebesar 23,52% dan untuk nilai terendah diperoleh pada kadar 4% sebesar 19,04%, sedangkan untuk nilai Stabilitas tertinggi dapat diperoleh pada kadar 6% sebesar 650 kg dan untuk nilai terendah diperoleh pada kadar 4,5% mempunyai nilai 563 kg dan untuk nilai *Flow* yang diperoleh tertinggi terdapat pada kadar 4% sebesar 5 mm dan untuk nilai terendah pada kadar 6% sebesar 4 mm sedangkan untuk nilai yang diperoleh dari MQ tertinggi pada kadar 4% sebesar 255 kg/mm dan untuk nilai terendah yaitu terdapat pada kadar 5,5% sebesar 155 kg/mm. Dari data tersebut untuk dapat disimpulkan bahwa perencanaan campuran dengan variasi kadar aspal 4%-6% telah memenuhi spesifikasi dengan alasan dari semua kadar telah memenuhi disyaratkan *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA 2004)*.

Dari hasil analisis yang ditinjau dari pembahasan karakteristik *Marshall* terhadap campuran aspal porus dengan bahan tambahan plastik LDPE menyatakan hasil yang diperoleh nilai VIM tertinggi pada kadar 8% dengan memperoleh nilai 23,71% dan yang terendah pada kadar 2% dengan memperoleh nilai 19,37% dan untuk nilai VMA yang tertinggi diperoleh pada kadar 8% sebesar 22,77% dan untuk nilai terendah diperoleh pada kadar 2% sebesar 19,37%.

## DAFTAR PUSTAKA

Arlia, L., Saleh, S. M., & Anggraini, R. (2018). Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Substitusi Gondorukem Pada Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Teknik Sipil*, 1(3), 657–666. <https://doi.org/10.24815/jts.v1i3.10011>

Australian Asphalt Pavement Association (AAPA). (2004). *Open Graded Asphalt - Implementation Design Guide. 1*, 40.

Direktorat Jenderal Bina Marga. (2019). *RSNI 2 (Pedoman Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil) Perancangan dan Pelaksanaan Campuran Aspal Porus*.

Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina marga. (2010). *Spesifikasi Umum 2010 (Rev 3) Final*.

KLHK. (2020). *Status Lingkungan Hidup dan Kehutanan 2020*. 14–50.

Laksono, R A. (2017). Pengaruh penambahan slag sebagai bahan substitusi agregat halus terhadap karakteristik marshall dan permeabilitas pada campuran panas (hot mix) aspal porus. *Rekayasa Teknik Sipil Vol., 1*(1), 144–155.

Pratomo, P., Ali, H., & Diansari, S. (2016). Aspal Modifikasi Dengan Penambahan Plastik Low Linier Density Poly Ethylene (LLDPE) Ditinjau Dari Karakteristik Marshall Dan Uji Penetrasi Pada Lapisan Aspal Beton (AC-BC). *Analisis Standar Pelayanan Minimal Pada Instalasi Rawat Jalan Di RSUD Kota Semarang*, 3, 103–111.

Ramadhan, R. P. (2017). PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK (PET) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL DAN PERMEABILITAS PADA ASPAL BERPORI. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil: Universitas Negeri Surabaya*, 1(1), 129–135.

- Razak, B. A., & Erdiansa, A. (2016). Karakteristik Campuran AC-WC dengan Penambahan Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE). *INTEK: Jurnal Penelitian*, 3(1), 8. <https://doi.org/10.31963/intek.v3i1.9>
- Sa'dillah, M., & Leliana, A. (2020). Karakteristik Aspal Beton Lapis Aus ( AC-WC ) Dengan Penambahan Bahan Pengisi Abu Terbang Batubara. *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan Dan Infrastruktur)*, 3, 1–8.
- Sadillah, M., Arifin, M. Z., & Wicaksono, A. (2018). Penggunaan Fly Ash Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Marshall Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC). *Jurnal Rekayasa Sipil & Lingkungan*, 2(1), 87–98. <https://doi.org/https://doi.org/10.19184/jrsl.v2i01.6425>